

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“ESTUDIO DE LA MEJORA EN EL SISTEMA DE LECTURA DE  
MEDIDORES ELÉCTRICOS DE LA DIVISIÓN DE AGUA POTABLE Y  
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC  
MEDIANTE UNA SOLUCIÓN INALÁMBRICA”**

---

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

---

**AUTORES :**

Br. Ana Rosa Pimentel Castro.  
Br. Ronald Adrián Vislao Quispe.

**ASESOR :**

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Trujillo - Perú**

**2014**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“ESTUDIO DE LA MEJORA EN EL SISTEMA DE LECTURA DE  
MEDIDORES ELÉCTRICOS DE LA DIVISIÓN DE AGUA POTABLE Y  
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC  
MEDIANTE UNA SOLUCIÓN INALÁMBRICA”**

---

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

---

**AUTORES :**

Br. Ana Rosa Pimentel Castro.  
Br. Ronald Adrián Vislao Quispe.

**ASESOR :**

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Trujillo - Perú**

**2014**

**“ESTUDIO DE LA MEJORA EN EL SISTEMA DE LECTURA DE  
MEDIDORES ELÉCTRICOS DE LA DIVISIÓN DE AGUA POTABLE Y  
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC  
MEDIANTE UNA SOLUCIÓN INALÁMBRICA”**

Por :

Br. Ana Rosa Pimentel Castro.

Br. Ronald Adrián Vislao Quispe.

Aprobado por :

---

Ing. FILIBERTO AZABACHE FERNÁNDEZ  
PRESIDENTE  
CIP N° 97916

---

Ing. LENIN LLANOS LEÓN  
SECRETARIO  
CIP N° 139213

---

Ing. OVIDIO RAMOS ROJAS  
VOCAL  
CIP N° 92622

---

Ing. EDUARDO CERNA SÁNCHEZ  
ASESOR  
CIP N° 80252

# PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“ESTUDIO DE LA MEJORA EN EL SISTEMA DE LECTURA DE MEDIDORES ELÉCTRICOS DE LA DIVISIÓN DE AGUA POTABLE Y ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC MEDIANTE UNA SOLUCIÓN INALÁMBRICA”**.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Febrero del 2014

Br. Ana Rosa Pimentel Castro.

Br. Ronald Adrián Vislao Quispe.

## **DEDICATORIA**

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, por haberme permitido lograr uno de mis más grandes objetivos, gracias a mi esposo y a mi hija, por estar junto a mí en cada uno de mis logros y mis más grandes consideraciones para el Ing. Eduardo Cerna Sánchez, por a su apoyo y ayuda en mi crecimiento profesional.

**Ana Rosa Pimentel Castro.**

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres y hermanos, que son el pilar y equilibrio en mi vida y mi formación como persona, brindándome apoyo moral y ánimos para seguir adelante.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia, paciencia y dedicación para el desarrollo de mi Tesis.

**Ronald Adrián Vislao Quispe.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de poder llegar a nuestras metas trazadas, realizar objetivos y por darnos salud y su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos cambio en el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de ingeniería electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para nuestro desarrollo profesional.

**Los autores de la Tesis**

A Dios por haberme permitido desarrollarme como profesional y ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida. A mi esposo por su amor incondicional y por apoyarme siempre en cada decisión que he tomado a lo largo del tiempo, a mi hija por ser mi soporte y la razón de mi vida, muchas gracias también a toda mi familia y amigos, por sus consejos y su constante apoyo moral.

**Ana Rosa Pimentel Castro.**

A mis padres por haberme brindado lo mejor de ellos, su gran amor y haberme dado la mejor herencia que es mi educación, por sus grandes consejos como amigos, sus enseñanzas y fortalezas que siempre tendré presente en el transcurso de toda mi vida.

A mis hermanos y amigos, que siempre me han brindado su apoyo en momentos difíciles, sus consejos y enseñanzas, siempre los tendré presente.

A mi asesor de tesis, el Ingeniero Eduardo Cerna Sánchez, que gracias a su confianza, enseñanza y apoyo en el transcurso de toda la investigación he aprendido mucho.

**Ronald Adrián Vislao Quispe.**

## **RESUMEN**

El presente trabajo se centra en realizar el estudio de la mejora en el Sistema de Lectura de Medidores Eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, mediante una solución Inalámbrica.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática actual del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC en cuanto a la toma manual de lectura de los medidores eléctricos en los clientes mayores, se explica de manera detallada cuán importante es plantear una solución para así poder realizarla toma de datos de manera remota, justificamos también del porqué la elección de una solución inalámbrica.

En el Segundo Capítulo, se presenta el marco teórico y un sustento valido del porqué la elección de una solución Inalámbrica y también reforzar la solución que estamos proponiendo.

En el Tercer Capítulo, se procede con el desarrollo de la Solución Inalámbrica que estamos proponiendo para la mejora en la Toma de Lecturas de los Medidores Eléctricos del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC en clientes mayores.

## **ABSTRACT**

This paper focuses on the study of the improvement in Reading System Electrical Meters, Division of Drinking Water and Power Project Special CHAVIMOCHIC through a wireless solution.

In the first chapter of this work, the current problems of the Special Project CHAVIMOCHIC addressed in terms of making manual reading of electric meters in the largest customers , explains in detail how important it is to pose a solution in order to realize it takes data remotely, also justify why choosing a wireless solution.

The theoretical framework and a valid support why choosing a wireless solution and also strengthen the solution we are proposing is presented in the Second Chapter.

In the third chapter, we proceed with the development of Wireless Solution we are proposing for improved taking the Power Meter Readings Special Project CHAVIMOCHIC in older clients.



# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. EL PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	14
1.1.2. Características de la Realidad Problemática.....	16
1.1.3. Análisis de las Características.....	16
1.1.4. Formulación del Problema.....	17
1.1.5. Alcance.....	17
1.1.6. Justificación de la Investigación.....	18
1.1.7. Aportes.....	18
<b>1.2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>21</b>
1.3.1. General.....	21
1.3.2. Variables.....	21
a. <i>Variable independiente</i> .....	21
b. <i>Variable dependiente</i> .....	21
1.3.3. Operacionalización de las variables.....	22
<b>1.4. OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
1.4.1. Objetivo General.....	24
1.4.2. Objetivos Específicos.....	24
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. ENERGÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2. CORRIENTE ELÉCTRICA .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3. POTENCIA ELÉCTRICA .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4. POTENCIA ACTIVA .....</b>	<b>28</b>
<b>2.5. PERDIDA ELÉCTRICAS.....</b>	<b>28</b>
2.5.1. Según el tipo que la produce.....	29
2.5.2. Según la causa que la produce.....	29
2.5.3. Naturaleza y origen de las pérdidas no técnicas.....	30
<b>2.6. EQUIPOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. MEDIDOR ALPHA PLUS .....</b>	<b>32</b>
<b>2.8. INTERFAZ SERIAL RS-232 .....</b>	<b>34</b>

<b>2.9. Sonda para lectura de medidores:</b>	<b>35</b>
<b>2.10. Servicio de radiocomunicación móvil</b>	<b>35</b>
<b>2.11. Estructura del servicio de radiocomunicaciones móviles</b>	<b>36</b>
<b>2.12. Global System for Mobile (GSM)</b>	<b>36</b>
2.12.1. Especificaciones Del Sistema GSM	37
<b>2.13. Sistema GPRS</b>	<b>37</b>
2.13.1. Ventajas de una red GPRS	37
2.13.2. Velocidad de transferencia	38
<b>2.14. Sistema EDGE</b>	<b>38</b>
<b>2.15. Módem</b>	<b>39</b>
2.15.1. Tipos de conexión	39
<b>CAPITULO III DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Proyecto Especial Chavimochic</b>	<b>42</b>
<b>3.2. División de Agua Potable y Energía Eléctrica:</b>	<b>43</b>
<b>3.3. Servicio de Distribución de Energía Eléctrica de Chavimochic</b>	<b>44</b>
<b>3.4. Soluciones para lectura de medidores</b>	<b>50</b>
3.4.1. Evaluación de soluciones de acuerdo a los ítems de interés	54
a. Costos	54
b. Confiabilidad de la Lectura	55
c. Mantenimiento	55
d. Experiencia en otras implementaciones	55
e. Cobertura	56
f. Disponibilidad	56
g. Seguridad	57
h. Velocidad de Datos	57
3.4.2. Selección de la solución	57
<b>3.5. Lectura de medidores vía red celular GPRS</b>	<b>59</b>
3.5.1. Cobertura y elección del servicio 2G	59
3.5.2. Instalación actual de Medidores Alpha2	64
3.5.3. Elección de equipos	67
a. La Tarjeta serial	69
b. Modem serial /GPRS 2G (elección)	71
3.5.4. Propuesta de Instalación de usuario	72
3.5.5. Requerimiento de Punto de Acceso Privado (APN)	73

3.5.6. Consideraciones Adicionales sobre el servicio GSM - GPRS:.....	74
<b>3.6. BENEFICIOS PARA CHAVIMOCHIC CON LA TELE MEDICIÓN EN CLIENTES MAYORES .....</b>	<b>75</b>
<b>3.7. VENTAJAS PARA EL PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC, MEDIANTE LA SOLUCIÓN INALÁMBRICA PROPUESTA. ....</b>	<b>75</b>
<b>3.8. ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>77</b>
<b>3.9. GASTOS ESTIMADOS EN EL SISTEMA DE LECTURAS.....</b>	<b>78</b>
<b>3.10. RETORNO DE INVERSIÓN.....</b>	<b>79</b>
<b>3.11. RESULTADOS.....</b>	<b>81</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>4.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>
ANEXO 1.....	89
ANEXO 2.....	90
ANEXO 3.....	92
ANEXO 4.....	93
ANEXO 5.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I - 1.</b> Operacionalización de la variable independiente. ....	22
<b>Tabla I - 2.</b> Operacionalización de la variable dependiente. ....	23
<b>Tabla II - 1.</b> Resumen de Especificaciones GSM.....	37
<b>Tabla II - 2.</b> Velocidades de transferencia de algunas tecnologías .....	38
<b>Tabla III - 1.</b> Lista de clientes mayores que cuentan con el servicio de energía eléctrica .....	47
<b>Tabla III - 2.</b> Comparación de posibles soluciones al sistema de lecturas de medidores eléctricos. ....	52
<b>Tabla III - 3.</b> Leyenda utilizada en los mapas de cobertura GSM .....	62
<b>Tabla III - 4.</b> Comparación de diferentes tipos de Modem GPRS .....	71
<b>Tabla III - 5.</b> Estimación de costos de transmisión de datos por cliente.....	74
<b>Tabla III - 6.</b> Estimación de costos del proyecto .....	77
<b>Tabla III - 7.</b> Gastos fijos en el proyecto .....	78
<b>Tabla III - 8.</b> Gastos totales del proyecto.....	78
<b>Tabla III - 9.</b> Estimación de gastos mensuales por toma de lectura.....	78
<b>Tabla III - 10.</b> Estimación de gastos mensuales por toma de lectura.....	79
<b>Tabla III - 11.</b> Total de gastos anuales por toma de lectura.....	79
<b>Tabla III - 12.</b> Costo total proyecto y del sistema actual de lecturas .....	80
<b>Tabla III - 13.</b> Retorno de inversión por año .....	80
<b>Tabla III - 14.</b> Resultados de estudio, antes y después de la solución inalámbrica .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura I - 1.</b> Proyecto Especial Chavimochic Zona Tanguche – Desarenador .....	15
<b>Figura I - 2.</b> Distribución de clientes en el área Tanguche-Chao.....	16
<b>Figura II - 1.</b> Diagrama de un elemento de un circuito.....	27
<b>Figura II - 2.</b> Conector DB9 para interfaz serial RS-232 y distribución de pines.....	34
<b>Figura II - 3.</b> Sonda para lectura de medidores eléctricos.....	35
<b>Figura III - 1.</b> Etapas y alcance Proyecto Especial CHAVIMOCHIC .....	42
<b>Figura III - 2.</b> Sistema Hidroeléctrico Virú .....	43
<b>Figura III - 3.</b> Central Hidroeléctrica VIRU .....	44
<b>Figura III - 4.</b> Aumento del Número de Usuarios Anualmente vs el aumento del consumo de Energía Eléctrica.....	45
<b>Figura III - 5.</b> Aumento de Energía Generada Anualmente en MWH, según el consumo de cada usuario.....	45
<b>Figura III - 6.</b> Facturación Anual según el consumo de usuarios .....	46
<b>Figura III - 7.</b> Ubicación de clientes mayores distribuidos en un mapa. ....	48
<b>Figura III - 8.</b> Técnicos de CHAVIMOCHIC realizando la toma de lecturas de los medidores eléctricos.....	49
<b>Figura III - 9.</b> La Toma de Lectura al Medidor es Almacenada en la Laptop .....	50
<b>Figura III - 10.</b> Toma de Lectura de Los Medidores Eléctricos .....	51
<b>Figura III - 11.</b> Resultados de la solución de Modem Vía Radio .....	58
<b>Figura III - 12.</b> Resultados de la solución de Contratar más personal.....	58
<b>Figura III - 13.</b> Resultados de la solución de Modem vía red celular.....	58
<b>Figura III - 14.</b> Recepción de cobertura celular GSM, a través de un equipo celular .....	59
<b>Figura III - 15.</b> Captura de pantalla de equipo móvil con señal GSM del operador Movistar. .	60
<b>Figura III - 16.</b> Captura de pantalla de equipo móvil con señal GSM del operador Claro.....	61
<b>Figura III - 17.</b> Captura de pantalla de la aplicación GPS utilizada en el equipo móvil .....	61
<b>Figura III - 18.</b> Señal de cobertura GSM operador Claro en ubicaciones de los medidores eléctricos de usuarios. ....	62
<b>Figura III - 19.</b> Señal GSM operador Movistar en ubicaciones de los medidores eléctricos de usuarios. ....	63
<b>Figura III - 20.</b> Medidores eléctricos de usuarios de CHAVIMOCHIC.....	64
<b>Figura III - 21.</b> Componentes del puerto óptico .....	65
<b>Figura III - 22.</b> Algunas formas de conexión trifásica.....	66
<b>Figura III - 23.</b> Algunas formas de conexión monofásica .....	66
<b>Figura III - 24.</b> Conexión de un medidor Alpha Plus .....	67
<b>Figura III - 25.</b> Diagrama general de comunicación en la red GPRS para CHAVIMOCHIC...	68
<b>Figura III - 26.</b> Conexión de una tarjeta opcional RS-232 en un medidor Alpha Plus.....	70
<b>Figura III - 27.</b> Medidor eléctrico con cables y conectores RS-232.....	70
<b>Figura III - 28.</b> Diagrama de conexión de modem GPRS y Medidor eléctrico .....	72
<b>Figura III - 29.</b> Conexión de modem GPRS y Medidor eléctrico.....	73
<b>Figura III - 30.</b> Punto de Acceso Privado .....	73
<b>Figura III - 31.</b> Monitoreo del Cliente Mayor .....	75

**CAPÍTULO I**  
**DISEÑO DE LA**  
**INVESTIGACIÓN**

## 1.1. EL PROBLEMA

### 1.1.1. Planteamiento del Problema

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC es un órgano desconcentrado de ejecución del Gobierno Regional La Libertad, siendo una unidad Ejecutora en autonomía técnica, económica, financiera y administrativa. Ésta tiene en operatividad diversas obras de infraestructura Mayor de Riego, pertenecientes a la Primera y Segunda Etapa, sirviendo actualmente a los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama y estando en proyecto las obras de la Tercera Etapa. Todas estas obras permiten dotar de agua potable a la ciudad de Trujillo, como también generar energía hidroeléctrica para consolidar el desarrollo urbano agroindustrial de la zona.<sup>1</sup>

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC realiza, dentro de su zona de concesión, las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a través de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica. El segmento comprendido entre la Micro Central Hidroeléctrica Tanguche y la Micro Central Desarenador posee una capacidad de 640KW, abasteciendo de energía eléctrica a las propias instalaciones del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC, poblado de Tanguche y otros centros poblados de la margen izquierda del Río Santa del distrito de Macate, provincia de El Santa.

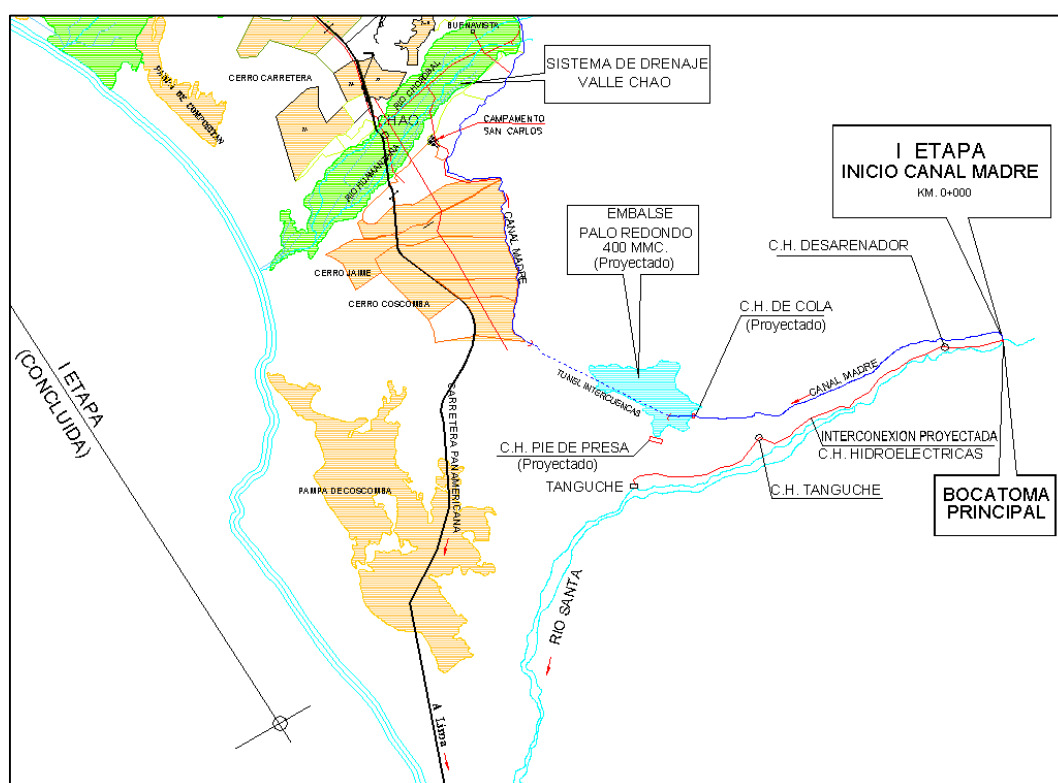
También pertenece al proyecto la Central Hidroeléctrica Virú de 7.5MW, Sub estaciones de transformación de Virú y Chao, líneas de transmisión de 34.5KV y líneas de distribución en 22.9KV y 10KV. Estas líneas se encuentran interconectadas al sistema eléctrico de la concesionaria HIDRANDINA S.A. quien es la encargada de la distribución de energía eléctrica en Virú<sup>2</sup>, la Figura I - 1 nos muestra la zona de interés.

---

<sup>1</sup> Portal Del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, Fuente: <http://www.chavimochic.gob.pe/portal/wfrmInstitucional.aspx>

<sup>2</sup> Situación del Sistema de Distribución de Electricidad. CHAVIMOCHIC, Fuente: [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II\\_Foro\\_regional\\_electricidad\\_Trujillo/Tema%201%20Situacion%20del%20Sistema%20de%20Distribucion%20de%20Electricidad.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II_Foro_regional_electricidad_Trujillo/Tema%201%20Situacion%20del%20Sistema%20de%20Distribucion%20de%20Electricidad.pdf)

En el año 1997 se inicia la concesión para la distribución y comercialización en el área de Chao – Tanguche a cargo del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. La División de Agua Potable y Energía Eléctrica se encarga de la administración, mantenimiento, medición y facturación del servicio de electricidad a 33 clientes (mayores y menores) cerca de las zonas de Virú y Chao.



**Figura I - 1.** Proyecto Especial Chavimochic Zona Tanguche – Desarenador

**Fuente:** www.chavimochic.gob.pe (Setiembre, 2013)

El procedimiento de realizar estas tareas inicia con las lecturas de los respectivos medidores de consumo eléctrico, ubicados en cada uno de los clientes que ha obtenido el servicio.

El trabajo de lecturas de medidores de consumo eléctrico es complicado debido al tipo de zona en donde se realizan y el tiempo que toma en hacer el trabajo, como también solventar los gastos realizados en estas lecturas de mediciones.



El Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC está en busca de una solución inalámbrica para poder mejorar la toma de datos de los medidores, mejorar la eficiencia del uso de sus recursos y a la vez evitar los riesgos a sus trabajadores. Actualmente no se ha realizado ningún estudio para este tipo de solución.

### 1.1.2. Características de la Realidad Problemática

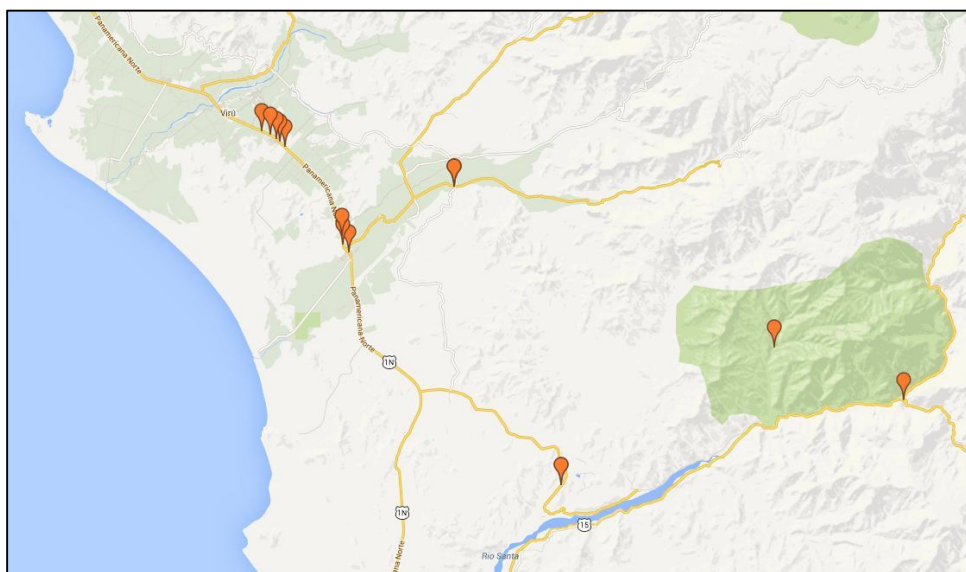
Los problemas encontrados en el sistema de lectura de datos son los siguientes:

- a. Clientes dispersos en zonas de difícil acceso.
- b. Deficiencias en la lectura de datos en medidores de consumo eléctrico.
- c. Uso ineficiente de recursos para las labores de lectura de medidores.

### 1.1.3. Análisis de las Características

De acuerdo a lo expuesto, se puede priorizar la problemática de la siguiente manera:

- a. Los clientes a los que se les brinda el servicio de electricidad están ubicados en zonas muy distantes y de difícil acceso, lo cual al momento de realizar la lectura de datos se pone en riesgo la vida de los trabajadores encargados de dichas lecturas. La Figura I – 2 nos muestra la distribución de clientes en la zona. Para llegar a los lugares donde está ubicados cada medidor, hay que realizar caminatas, debido al complicado ingreso de unidades de transporte en las zonas.



**Figura I - 2.** Distribución de clientes en el área Tanguche-Chao

**Fuente:** Elaboración propia (Agosto, 2013)

- b. El personal a cargo de realizar las lecturas de los medidores eléctricos en ocasiones efectúan una mala lectura debido a que no utilizan adecuadamente el software de medición o lo hacen de manera acelerada, obteniendo datos incompletos. Al terminar de realizar las mediciones, estas son llevadas para ser calculadas para su respectiva facturación, pero por tener datos incompletos, se ven obligados a ir por segunda vez a los lugares donde se tuvo errores.
  
- c. Para realizar las lecturas, el tiempo que le toma al personal a cargo es de 3 días a más, cada fin de mes, obligando a dejar sus labores cotidianas para realizar las lecturas. También se hace uso de una movilidad para poder llegar cerca a los lugares donde están ubicados los medidores. Como las mediciones en ocasiones presentan errores, los cálculos de facturación son estimadas presentando errores por exceso o por defecto, el resultado es la obtención de clientes con consumo variable y sin un control exacto sobre sus consumos. Con el incremento de usuarios, la División de Agua Potable y Energía Eléctrica, ha tenido que realizar gastos excesivos en transporte, alimentación, salario extra de los trabajadores, etc. Los cuales están saliendo de lo presupuestado, ya que las tomas se realizan mensualmente por un periodo de tres días.<sup>3</sup>

#### **1.1.4. Formulación del Problema**

El problema en el que se centra la presente tesis, exige responder a la interrogante: ¿De qué manera se podría estimar la mejora introducida por una solución inalámbrica en el sistema de toma de datos en medidores eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC?"

#### **1.1.5. Alcance**

El presente proyecto tiene como alcance el estudio de una solución inalámbrica para proponer una mejora en la toma de lecturas de los medidores eléctricos de la

---

<sup>3</sup> ANEXO 1. Modelo de Entrevista realizada a personal encargado de lecturas de medidores eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC

División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial  
CHAVIMOCHIC

### 1.1.6. Justificación de la Investigación

- El proyecto beneficia a la División de Agua potable y Energía Eléctrica, brindando una solución inalámbrica para poder mejorar las lecturas de los medidores eléctricos.
- Como también, el proyecto realiza un estudio que va a servir como guía metodológica para otros casos en donde se encuentre algún sistema de lectura de medidores eléctricos.

### 1.1.7. Aportes

- Proponer una solución al sistema de lectura de medidores de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC.
- En el proyecto de investigación los tesisistas utilizarán sus conocimientos de tecnología electrónica para poder enfrentar una problemática local.

## 1.2. ANTECEDENTES

Tras una revisión de registros bibliográficos, hemos encontrado investigaciones que nos servirán de referencia para nuestro trabajo:

**a. “Sistema de monitoreo y control de subestaciones eléctricas, orientados a la gestión de la demanda y basada en sistemas de control inteligente”**

Tesis

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú (2006)

**Autores:** Luis Alfredo Gálvez del Villar

Dennis José Florián Villacorta

**Asesor:** Ing. Raúl Del Rosario

**Resumen:**

En el trabajo de tesis realizado, propone un sistema de medición y monitoreo de medidores eléctricos instalados en sub estaciones eléctricas de manera que

se automatice la recolección de datos; donde también se determina las fallas en los medidores para luego realizar o tomar una acción de control. La necesidad de realizar el sistema de monitoreo es para tener una mejor gestión de sus medidores, evitando la necesidad de dirigirse a cada sub estación a realizar las lecturas de manera manual, logrando de tal manera que con el sistema de monitoreo y control obtener una lectura continua y a distancia y tener la posibilidad de controlar cada medidor.

Los medidores almacenan información relevante como el consumo de energía de la empresa tales como la potencia activa, la potencia reactiva y la máxima demanda, valores que, con el sistema propuesto, se pueden obtener rápidamente y de manera inalámbrica. Esta información es obtenida gracias a una interfaz de tipo óptica que interactúa con el medidor construido bajo la norma IEC 62056 con componentes electrónicos digital y analógica.

Dentro de los aportes del presente trabajo podemos rescatar que demuestra el uso ineficiente en la recolección de datos en sub estaciones eléctricas, como también muestra el sistema implementado para la adquisición de datos a través de un controlador, interfaces ópticas y convertidores RS232-RS485. (Luis Alfredo Gálvez del Villar & Dennis José Florián Villacorta, 2006).

#### **b. “Lectura, corte y reconexión de energía eléctrica usando la red GSM/GPRS”**

Tesis

Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador (2009)

**Autores:** Franz Bermeo Quezada

José Pacheco Delgado

Jorge Castro de la Cruz

**Asesor:** Ing. Francisco Novillo

#### **Resumen:**

El fin del trabajo es proveer tanto a las empresas eléctricas como también al abonado un mejor servicio, por medio de la tele medición, por el cual se obtendrán datos reales, datos que serán almacenados y así ejecutar operaciones en línea; por lo tanto la propuesta de este trabajo es automatizar todos estos pasos con ayuda de la tecnología de transmisión de datos a través de la red

celular vigente logrando así un mejor servicio para los abonados y reduciendo para la empresa eléctrica costos del personal ya que las operaciones se realizaría de manera remota y por su tiempo de respuesta mínima se le consideraría en tiempo real.

Los aportes que podemos rescatar del presente trabajo son la utilización de una tecnología inalámbrica como modo de solución para el envío de información aplicados en medidores electromecánicos y propone una tarjeta específica en cada medidor, como también con esa tecnología se puede realizar supervisión y control sobre los medidores eléctricos desde un servidor de comunicaciones.

**c. “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo mediante tele medición del consumo de energía eléctrica de clientes especiales, de la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.”**

Tesis

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador (2011)

**Autor:** Diana Carolina Morales Vizuete

**Asesor:** Dr. Luis Corrales

**Resumen:**

El presente proyecto diseña e implementa un sistema para monitorear el consumo de energía eléctrica de clientes especiales (varias tarifas), utilizando la plataforma GSM/GPRS, para mejorar la gestión empresarial y dar solución de manera eficaz a necesidades de control y monitoreo en todos los ámbitos y, más concretamente, en aquellos procesos dispersos en extensión geográfica.

Se mejora el control del consumo eléctrico de los clientes especiales, para esta manera determinar con precisión el origen de las pérdidas de energía y, en general, hacer estadísticas que ayuden a controlar y realizar proyecciones del consumo eléctrico, así como disminuir al mínimo el porcentaje de errores en la adquisición de información en línea evitando posibles infracciones que perjudiquen a la institución.

Entre los aportes del trabajo se rescata la factibilidad de la utilización de tarjetas GSM/GPRS incluidas en sus medidores eléctricos, los cuales facilitan el envío de información hacia un servidor para que luego sean procesados, teniendo una

guía de cómo funciona el sistema de monitoreo remoto con esta tecnología inalámbrica.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. General**

Mediante un estudio técnico se podrá estimar el impacto de una solución inalámbrica sobre el Sistema de toma de datos en medidores eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

#### **1.3.2. Variables**

##### **a. Variable independiente.**

- Solución Inalámbrica

##### **Indicador de Variable independiente:**

- Protocolos Soportados
- Velocidad de datos
- Área de cobertura
- Medidores monitoreados
- Tiempo de consulta
- Costos iniciales
- Costos permanentes

##### **b. Variable dependiente.**

- Estudio Técnico

##### **Indicador de Variable dependiente:**

- Tiempos de Lectura
- Depreciación de vehículos
- Costos de personal
- Costos de combustible
- Otros Gastos Fijos

### 1.3.3. Operacionalización de las variables.

**Tabla I - 1.** Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	FORMULA	UNIDADES DE MEDIDA
Solución inalámbrica	Es un sistema cuya implementación permite la transmisión por vía inalámbrica de la información recolectada por los medidores eléctricos del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC	Con el empleo de protocolos compatibles, el sistema inalámbrico será capaz de enviar la información de todos los medidores en el área de cobertura empleando tiempos de transmisión y velocidades adecuadas. La implementación del sistema involucrará costos iniciales y permanentes.	Protocolos de comunicación	Hoja técnica de equipos	-----	Nº de protocolos
			Área de cobertura	Mapa de cobertura	-----	Km <sup>2</sup>
			Medidores monitoreados	Mapa de cobertura	-----	Nº de medidores
			Velocidad de datos	Software de auditoría	-----	Kbps
			Tiempo de consulta	Software de auditoría	-----	Segundos
			Costos iniciales	Cotizaciones	-----	Nuevos Soles
			Costos permanentes	Cotizaciones	-----	Nuevos Soles

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla I - 2.** Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	FORMULA	UNIDADES DE MEDIDA
Estudio Técnico	Es un informe en donde se estimará y comparará posibles indicadores de mejora introducidos por una solución inalámbrica en el sistema de recolección de datos de medidores eléctricos del Proyecto Especial Chavimochic.	Con los valores estimados de tiempo de lectura, velocidad de datos, depreciación de vehículos, costos de personal, costos de combustible y gastos permanentes se comparará los escenarios antes y después de aplicar la solución inalámbrica y se observarán si existen mejoras.	Tiempos de Lectura	Método Analítico	-----	segundos
			Depreciación de Vehículo	Informe Tasación	-----	Nuevos Soles
			Costo de Personal	Registro de Costos	-----	Nuevos soles
			Costos de Combustible	Registro de costos	-----	Nuevos Soles
			Otros gastos fijos	Registro de costos	-----	Nuevos soles

**Fuente:** Elaboración Propia.



## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Elaborar un estudio con la estimación de mejoras que podrían ser introducidas con la aplicación de una solución inalámbrica al sistema de lectura de datos en medidores eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Describir los aspectos más importantes acerca de las tecnologías inalámbricas aplicadas a sistemas de medición.
- Describir la problemática de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.
- Determinar los requerimientos para mejorar el sistema de lectura de datos en los medidores eléctricos de la división de Agua Potable y Energía Eléctrica.
- Diseñar una solución basada en la aplicación de tecnología inalámbrica.
- Estimar posibles indicadores de mejora en el sistema de recolección de datos de medidores eléctricos

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## 2.1. Energía Eléctrica

Según<sup>4</sup>, se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos —cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico— y obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa, la energía mecánica y la energía térmica.

## 2.2. Corriente Eléctrica

Según<sup>4</sup>, la energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

## 2.3. Potencia Eléctrica

Según<sup>5</sup>, la potencia eléctrica se define como la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica.

Potencia instantánea: es la rapidez con la cual cambia la energía de un elemento, esto es:

$$p(t) = \frac{du(t)}{dt} \quad (2.1)$$

La unidad de potencia es el Watt (W)

Resulta particularmente importante en la medición de potencia en sistemas sinusoidales, la potencia media, que es el valor promedio de la energía absorbida por un elemento y en consecuencia es independiente del tiempo:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad (2.2)$$

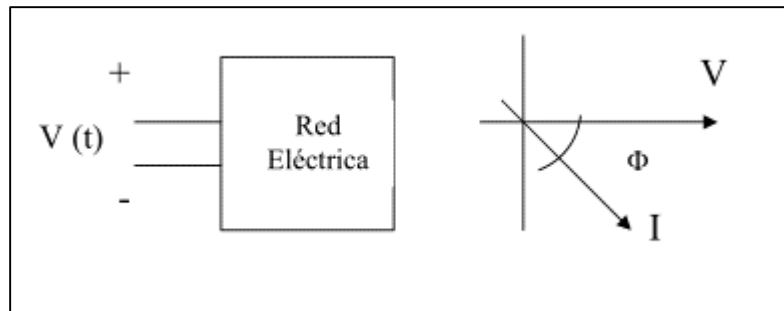
En este caso los límites de integración están dados por el periodo de la función senoidal.

---

<sup>4</sup> Energía eléctrica. Wikipedia. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica)

<sup>5</sup> Diseño de un equipo para indicar consumo de energía eléctrica, en sectores de bajos ingresos con tecnología de micro controladores. Hipólito M. León C., Valencia, 2007. Disponible en: [www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/47/1/8003.pdf](http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/47/1/8003.pdf)

En la Figura II-1 se muestra una red eléctrica conformada en general por la interconexión de elementos activos y pasivos, un diagrama fasorial de la tensión y corrientes correspondientes a la polaridad y sentidos señalados.



**Figura II - 1.** Diagrama de un elemento de un circuito.

**Fuente:** Diseño de un equipo para indicar consumo de energía eléctrica, en sectores de bajos ingresos con tecnología de micro-controladores. Hipólito M. León C., Valencia, 2007

Tomando como referencia al fasor tensión, las expresiones temporales de  $v(t)$  e  $i(t)$ , de acuerdo al diagrama fasorial correspondiente serán:

$$v(t) = V_m \cdot \text{sen}(wt) \quad (2.3)$$

$$i(t) = I_m \cdot \text{sen}(wt - \phi) \quad (2.4)$$

Donde:

$V_m$ : Valor pico de tensión

$I_m$ : Valor pico de corriente

$w$ : Frecuencia en radianes / segundos

$\phi$ : Angulo de desfase en radianes

$t$ : Tiempo

Resultando la potencia instantánea:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = V_m \cdot I_m \cdot \text{sen}(wt) \cdot \text{sen}(wt - \phi) \quad (2.5)$$

Desarrollando la ecuación (2.5)

$$p(t) = V \cdot I \cdot \cos(\phi) [1 - \cos(2wt)] - V \cdot I \cdot \text{sen}(\phi) \cdot \text{sen}(2wt) \quad (2.6)$$

Sustituyendo en la ecuación (2.1) se obtiene la potencia media de la red que viene dada por:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\phi) \quad (2.7)$$

Este resultado permite definir la potencia media asociada a una red así: El valor medio de la potencia asociada a una red es el producto de los valores eficaces de tensión y corriente entre sus terminales, multiplicando por el coseno del ángulo de desfasaje entre ambos fasores.

Dado que en la práctica los valores eficaces de tensión y corriente son cantidades que pueden medirse con relativa facilidad, el producto  $V \cdot I$  se define como potencia aparente y se denota con la letra  $S$ :

$$S = V \cdot I \quad (2.8)$$

Las unidades de la potencia aparente  $S$  son Volt-Amperes o VA, que se utilizan para diferenciarlas de la potencia media  $P$  o potencia Activa como también se llama, que tienen por unidades vatios, Watts o W.

## 2.4. Potencia Activa

Según<sup>6</sup>, es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otras. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Se designa con la letra  $P$  y se mide en vatios (W). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\phi) = I \cdot Z \cdot I \cdot \cos(\phi) = I^2 \cdot Z \cdot \cos(\phi) = I^2 \cdot R \quad (2.9)$$

Resultando que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

## 2.5. Perdida Eléctricas

Las pérdidas de energía se pueden clasificar según el tipo y la causa que la produce:

---

<sup>6</sup> Diseño de un equipo para indicar consumo de energía eléctrica, en sectores de bajos ingresos con tecnología de micro controladores. Hipólito M. León C., Valencia, 2007. Disponible en: [www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/47/1/8003.pdf](http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/47/1/8003.pdf)

### **2.5.1. Según el tipo que la produce**

- **Pérdidas técnicas**

Se deben en general a las condiciones propias de las instalaciones, del manejo y la conducción de la energía. Están provocadas por la circulación de la corriente eléctrica a través del sistema y su magnitud depende de la característica de las redes y de la carga abastecida por ésta.

Estas pérdidas se producen en todos los niveles del sistema, desde las barras de salida de las plantas de generación, hasta la llegada de los equipos de los usuarios, es decir, en los transformadores primarios, las líneas de transmisión, subtransmisión, bajadas o acometidas a clientes y medición.

De una manera general, las pérdidas técnicas en un sistema eléctrico se pueden clasificar en: pérdidas en vacío y pérdidas en carga.

- **Pérdidas No técnicas**

Las pérdidas no técnicas, no constituyen una pérdida real de energía. |En efecto, esta energía es utilizada por algún usuario (registrado o no) en la empresa de distribución para realizar alguna actividad. La empresa de distribución recibe solo parte o ninguna retribución por la prestación del servicio ocasionándole así una pérdida económica.

Las pérdidas no técnicas, son las calculadas como la diferencia entre las pérdidas totales de un sistema eléctrico y las pérdidas técnicas estimadas para el mismo. Para la empresa que suministra el servicio eléctrico las pérdidas no técnicas representan una pérdida económica, ya que solo reciben parte o ninguna retribución por el valor de la energía que suministran.

### **2.5.2. Según la causa que la produce**

- **Consumo de usuarios no suscriptores o contrabando:** Comprende fundamentalmente la conexión directa de usuarios del servicio a una red sin haber suscrito un contrato o acuerdo con la empresa encargada de la distribución de energía.

- Error en la Contabilización de Energía (de suscriptores con contador).
- Error en consumo estimado (de suscriptores sin contador).
- Error en consumo propio de las empresas.

### 2.5.3. Naturaleza y origen de las pérdidas no técnicas

Las pérdidas no técnicas son por naturaleza, pérdidas íntimamente vinculadas con la calidad de la gestión entre la clientela y la empresa, el origen de estas pérdidas se da en cada una de las etapas que normalmente se sigue para dar servicio al abonado y que a continuación se describen:

- **Alimentar:** Esta etapa consiste en dar servicio al cliente.
- **Identificar:** Se debe conocer los datos técnicos, administrativos y comerciales característicos de cada cliente, pero en ciertos casos los datos del mismo son erróneos y no se encuentran bien identificados originándose con ellos pérdidas no técnicas, como por ejemplo error en la tarifa.
- **Medir:** El consumo de cada cliente debe ser registrado sin error, pero se pueden tener mediciones en fraude, defectuosos, estimaciones de consumo erróneo etc., los cuales originan pérdidas no técnicas.
- **Facturar:** Con las mediciones que se registran del cliente se procede a la facturación de acuerdo al contrato establecido por parte del cliente, pero por razones de datos erróneos, lentitud e irregularidad en la edición y cobro de la factura, se originan estos tipos de pérdidas.
- **Cobrar:** Se debería recaudar en el plazo más corto posible la suma debida por los clientes, aquí las pérdidas no técnicas tienen su origen en la falta de pago por parte del cliente.

## 2.6. Equipos de medición Eléctrica

El equipo de medición es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica requerido por la industria, una vivienda o en general de todos los artefactos que por su funcionamiento requieren electricidad.

Clasificación de los medidores de energía Los medidores de energía eléctrica, o contadores, utilizados para realizar el control del consumo, pueden clasificarse en tres grupos:

- **Medidores electromecánicos:** O medidores de inducción, este medidor es un instrumento de bajo costo que puede trabajar correctamente durante largos periodos con bajo mantenimiento. Registra el consumo de energía de una carga mediante el conteo de unas vueltas de un disco giratorio de aluminio. El giro del disco es causado por la potencia que pasa a través del medidor.

La relación existente entre el consumo de energía y el giro del disco de un medidor electromagnético, viene dada por la constante de vatios hora del medidor, conocida como kh y que relaciona las revoluciones del disco del equipo de medición con el consumo de energía. Esta constante viene expresada en Wh/rev para la norma ANSI o en rev/kWh para la norma IEC, las mismas que están indicadas en la placa del equipo.

- **Medidores electromecánicos con registrador electrónico:** El disco giratorio del medidor de inducción se configura para generar un tren de pulsos (un valor determinado por cada rotación del disco, p.e. 5 pulsos) mediante un captador óptico que sensa marcas grabadas en su cara superior. Estos pulsos son procesados por un sistema digital el cual calcula y registra valores de energía y de demanda. El medidor y el registrador pueden estar alojados en la misma unidad o en módulos separados.
- **Medidores totalmente electrónicos:** La medición de energía y el registro se realizan por medio de un proceso análogo-digital (sistema totalmente electrónico) utilizando un microprocesador y memorias. A su vez, de acuerdo a las facilidades implementadas, estos medidores se clasifican como:
  - **Medidores de demanda:** Miden y almacenan la energía total y una única demanda en las 24 horas. (un solo períodos, una sola tarifa).
  - **Medidores multitarifa:** Miden y almacenan energía y demanda en diferentes intervalos de tiempo de las 24 horas, a los que le corresponden diferentes tarifas (cuadrantes múltiples). Pueden registrar también la energía reactiva, factor de potencia, y parámetros especiales adicionales.



Para los pequeños consumidores, industriales y domiciliarios, se mantiene aún el uso de medidores de inducción de energía activa. Para los medianos consumidores se instalan generalmente medidores electrónicos. Para los grandes consumidores, a fin de facilitar la tarea de medición y control, el medidor permite además la supervisión a distancia vía módem (en muchas marcas incorporado al medidor).

## **2.7. Medidor Alpha Plus**

Como un medidor trifásico multifunción con medición de energía activa y reactiva, validación de servicio, PQM, perfil de carga y comunicaciones: ALPHA Plus significa medición avanzada.

El medidor ALPHA Plus es un medidor avanzado, construido en base a la tecnología de medición ALPHA.

El medidor puede utilizarse en sistemas monofásicos o trifásicos, posee un amplio rango de operación, es multitarifa, realiza la validación del servicio y puede monitorear la Calidad de Energía, además provee lecturas del perfil de carga mediante comunicaciones remotas.

- ***Funciones y características avanzadas:***

La tarjeta principal posee una memoria de 28kB disponible para almacenar datos del perfil de carga y el registro de eventos. Con intervalos de 15 minutos puede almacenar:

- Canales Días máx. de almacenamiento
- 1 Canal 141 días\*
- 4 Canales 36 días\*
- El número de días depende de la cantidad de eventos a almacenar en él.

- ***Registro de Eventos:***

El perfil de carga es almacenado en una memoria no volátil. El medidor ALPHA Plus graba: el día y la hora de fallas de energía, cambios a modo test, cambios de hora y resets de la demanda. Cuando el Monitoreo de Calidad de Energía está habilitado, el medidor incluye también el día y la hora de los eventos PQM (incluyendo caídas de voltaje).

- ***Monitoreo de Calidad de Energía (PQM):***

Cuando esta característica está habilitada, el medidor ALPHA Plus busca excepciones a los umbrales definidos por el usuario tales como voltaje, corriente,

factor de potencia y distorsión armónica total. El medidor realiza varias pruebas que miden y almacenan datos de calidad de energía las 24 horas del día.

- ***Pruebas de servicio:***

Las pruebas de servicio se ejecutan para verificar la validez del servicio eléctrico así como la correcta conexión del medidor. El medidor ALPHA Plus verifica el tipo de servicio, rotación o inversión de fase y la validez de los voltajes de fase. El medidor también determina si las corrientes de fase están dentro de los umbrales definidos por el usuario.

- ***Medición para facturación:***

Los medidores A1RL+ miden, almacenan y muestran una lista completa de valores de energía y demanda tales como kW, kVAR, kWh, kVARh. El medidor A1RL+ ofrece valores vectoriales de kVA como alternativa de cantidad medida. Tecnología que impulsa el desarrollo ELSTER es el líder en telemedición: el medidor ALPHA Plus permite la lectura y programación de manera remota, pudiendo ser integrados en sistemas de medición.

- ***Instrumentación:***

Los valores de instrumentación proveen de un análisis casi instantáneo del servicio eléctrico. Todas las opciones pueden ser programadas para mostrarse en la pantalla en el modo normal o alterno.

- Valores por cada fase.
- Voltaje y corriente.
- Ángulos de voltaje y corriente de fase (comparados con la fase A).
- Ángulo de la corriente de fase en relación al voltaje de fase.
- Factor de potencia y el ángulo del factor de potencia.
- KW, kVAR y kVA.
- Frecuencia del sistema.
- KW, kVAR, kVA, factor de potencia y ángulo del factor de potencia del sistema.

- ***Comunicaciones:***

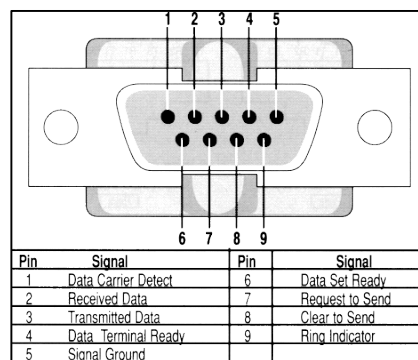
Los datos pueden ser obtenidos usando el puerto óptico (estándar).

Adicionalmente al puerto óptico, hay disponibles otras interfaces de comunicación para realizar lecturas remotas como:

- Módem telefónico interno de 2400 baudios con sistema de llamada por apagones.
- Interfaz serial RS-232.
- Interfaz serial RS-485.
- Salidas KYZ.

## 2.8. Interfaz Serial RS-232

Según<sup>7</sup>, el puerto serie RS-232C, presente en todos los ordenadores actuales, es la forma más comúnmente usada para realizar transmisiones de datos entre ordenadores. El RS-232C es un estándar que constituye la tercera revisión de la antigua norma RS-232, propuesta por la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas), realizándose posteriormente un versión internacional por el CCITT, conocida como V.24. Las diferencias entre ambas son mínimas, por lo que a veces se habla indistintamente de V.24 y de RS-232C (incluso sin el sufijo "C"), refiriéndose siempre al mismo estándar.



**Figura II - 2.** Conector DB9 para interfaz serial RS-232 y distribución de pines

**Fuente:** <http://www.arcelect.com/rs232.htm>

El RS-232 define especificaciones mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos típicos de un protocolo orientado al enlace físico punto a punto. Este estándar se basa en comunicación asíncrona es decir que los datos pueden ser transmitidos en cualquier momento por lo que deben tomarse precauciones para sincronizar la transmisión y recepción. Como puede verse en el propio título del estándar, en la comunicación serie se distinguen dos tipos de dispositivos: Los equipos terminales de datos DTE ("Data Terminal Equipment"), y los equipos de comunicación de datos DCE ("Data Communication Equipment").

<sup>7</sup> Interface Serial RS-232. Ronald M. Dueñas D.  
 Disponible en: [http://interface-serial-rs232.blogspot.com/2008\\_08\\_01\\_archive.html](http://interface-serial-rs232.blogspot.com/2008_08_01_archive.html)

En la terminología de las comunicaciones serie se denomina "Sexo" de un equipo a su tipo; en este sentido DTE y DCE son "sexos" contrarios. A efectos prácticos el sexo del equipo determina que asignación de señales tendrá su conector externo.

## 2.9. Sonda para lectura de medidores:

Según<sup>8</sup>, la sonda para lectura de medidores Elster es funcional a los siguientes modelos: Alpha I, Alpha II, A1000, A120, A140, A220, A1800.

La sonda para lectura de medidores Elster está diseñada para recopilar datos de los siguientes modelos: Alpha I, Alpha II, A1000, A120, A140, A220 y A1800. Posee niveles de señal compatible con EIA232D y V28 con una velocidad de comunicación de 57.600 bits por segundo.

No requiere una fuente de alimentación ya que se provee desde un puerto serial. Consta de un conector DB9 hembra estándar con un cable extra flexible de 1.2 mts. La adhesión a los equipos es magnética y el lector óptico es compatible con ANSI C12.18-1996.



**Figura II - 3.** Sonda para lectura de medidores eléctricos

**Fuente:** [http://www.elster.com.ar/es/sonda\\_para\\_lectura.html](http://www.elster.com.ar/es/sonda_para_lectura.html)

## 2.10. Servicio de radiocomunicación móvil

El autor W. Tomasi, en su libro titulado "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas" (2003, pág. 865-868), define al servicio de radiocomunicaciones como un sistema que utiliza frecuencias de operación para la comunicación a distancia de manera inalámbrica.

Para el autor J. Hernando en su libro "Comunicaciones Móviles" (2008, pág. 481), da referencia a que el Servicio de Radiocomunicación Móvil, posee la

---

<sup>8</sup> Elster Medidores - Sonda Para lectura. Elster. Disponible en: [http://www.elster.com.ar/es/sonda\\_para\\_lectura.html](http://www.elster.com.ar/es/sonda_para_lectura.html)

característica de intercambiar información entre dispositivos móviles por medios alámbricos (servicio de telefonía fija) o inalámbricos (servicio de telefonía móvil).

### **2.11. Estructura del servicio de radiocomunicaciones móviles**

El Servicio de Radiocomunicaciones Móviles puede ser estructurado de la siguiente manera<sup>9</sup>:

#### ➤ **Estaciones Fijas**

Es aquella estación que no está compuesta para su posible desplazamiento, es decir, una estación que se encuentra en una determinada zona. Dentro de este componente, existen tres tipos de estaciones fijas: Estación Base (BTS), Estación de Control (BC) y Estación Repetidora (RS).

#### ➤ **Estaciones Móviles**

Se denomina estación móvil a determinados dispositivos que poseen la capacidad de mantenerse conectados con las estaciones fijas por medios inalámbricos, dependiendo de la cobertura de las estaciones fijas. A su vez, son equipos que cada usuario posee para mantenerse en comunicación por medio de una frecuencia específica.

#### ➤ **Equipos de Control**

Los equipos de control son aquellos dispositivos los cuales tienen la función de dar mantenimiento a las estaciones fijas, tanto para la generación y recepción de frecuencias, señalización de las mismas, etc.

### **2.12. Global System For Mobile (GSM)**

El Sistema Global para las comunicaciones Móviles, conocido también como Sistemas 2G (Segunda Generación), es un tipo de tecnología que comprende el comienzo de los sistemas digitales en los equipos móviles.

El grupo GSM definió requisitos básicos para este nuevo sistema, como los siguientes:

#### ➤ **Tecnología digital.**

---

<sup>9</sup> HERNANDO, J. (2008). *Transmisión por Radio* (Sexta Edición). Madrid: Centro de Estudio Ramón Areces S.A. ISBN: 9788-4800-4856-9. Pág. 483-484.

- Gran capacidad de tráfico de voz.
- Servicio básico de voz y datos.
- Utilización de teléfonos portátiles.

### 2.12.1. Especificaciones Del Sistema GSM

Separación de Canales	200 KHz
Tipo de Modulación	GSMK = 270.83 Kbps
Pire máx. BTS	500 W (portadora)
Potencia Nominal BTS	2, 5, 8 y 20 W
Tipo de Acceso	TDMA (8 intervalos por trama)
Velocidad Full Rate	13 Kbps
Velocidad Half Rate	6.5 Kbps
Canales de Control	Difusión, comunes y dedicados.

**Tabla II - 1.** Resumen de Especificaciones GSM.

Fuente: Recomendación UIT-T K.52<sup>10</sup>

### 2.13. Sistema GPRS

Según<sup>11</sup>, GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos.

#### 2.13.1. Ventajas de una red GPRS

- Característica de "Always connected": un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarifación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.
- Coste nulo de establecimiento de conexión a la red GPRS.
- Mayor velocidad de transmisión. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un "timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados. Además,

<sup>10</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones (2000). *Orientación sobre el Cumplimiento de los Límites de Exposición de las personas a los Campos Electromagnéticos*. Recomendación UIT-T K.52.

<sup>11</sup> Sistema GPRS, Perico Palotes. Disponible en: [www.uv.es/~montanan/redes/trabajos/GPRS.doc](http://www.uv.es/~montanan/redes/trabajos/GPRS.doc)

GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.

- Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml (un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida).

### 2.13.2. Velocidad de transferencia

Dependiendo de la tecnología utilizada, la velocidad de transferencia varía sensiblemente. La tabla inferior muestra los datos de subida y bajada para cada tipo de tecnología.

Tecnología	Descarga (kbit/s)	Subida (kbit/s)
CSD	9.6	9.6
HSCSD	28.8	14.4
HSCSD	43.2	14.4
GPRS	80.0	20.0 (Clase 8 & 10 y CS-4)
GPRS	60.0	40.0 (Clase 10 y CS-4)
EGPRS(EDGE)	236.8	59.2 (Clase 8,10 y MCS-9)
EGPRS(EDGE)	177.6	118.4 (Clase 10 y MCS-9)

**Tabla II - 2.** Velocidades de transferencia de algunas tecnologías

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio\\_general\\_de\\_paquetes\\_vía\\_radio](http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_vía_radio)

Para comparar GPRS con GSM se utiliza normalmente la velocidad de transmisión de SMS. Sobre una red GPRS se pueden enviar aproximadamente 30 SMS por minuto, frente a los 6 a 10 SMS que permite GSM.

### 2.14. Sistema EDGE

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)<sup>12</sup>, es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS. Esta tecnología funciona con redes GSM.

<sup>12</sup> Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE). Wikipedia. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Enhanced\\_Data\\_Rates\\_for\\_GSM\\_Evolution](http://es.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution)

EDGE o EGPRS, puede ser usado en cualquier transferencia de datos basada en conmutación de paquetes, como lo es la conexión a internet. Los beneficios de EDGE sobre GPRS se pueden ver en las aplicaciones que requieren una velocidad de transferencias de datos o ancho de banda altos, como video u otros servicios multimedia

EDGE / EGPRS se implementa como una mejora de bolt-on de 2,5 G GSM / GPRS, por lo que es más fácil para los actuales operadores de GSM para actualizar a la misma. EDGE es un superconjunto de GPRS y puede funcionar en cualquier red con GPRS desplegado en ella, siempre y cuando el transportista implementa la actualización necesaria. EDGE no requiere ningún cambio de hardware o software que se hizo en las redes GSM básicos. Para que EDGE sea compatible, en las unidades transceptoras debe estar instalado y el subsistema de estación base tiene que ser actualizado para soportar EDGE. Si el operador tiene ya en este lugar, que a menudo es el caso hoy en día, la red se puede actualizar a EDGE mediante la activación de una función de software opcional. La última actualización es esta tecnología es compatible con todos los principales fabricantes de chips para redes GSM y WCDMA / HSPA.

## **2.15. Módem**

Módem es el dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas (modulación) y viceversa (demodulación), permitiendo la comunicación entre computadoras a través de la línea telefónica o del cablemódem. Este aparato sirve para enviar la señal moduladora mediante otra señal llamada portadora.

Es habitual encontrar en muchos módems de red conmutada la facilidad de respuesta y marcación automática, que les permiten conectarse cuando reciben una llamada de la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) y proceder a la marcación de cualquier número previamente grabado por el usuario. Gracias a estas funciones se pueden realizar automáticamente todas las operaciones de establecimiento de la comunicación.

### **2.15.1. Tipos de conexión**

- La conexión de los módems telefónicos externos con el ordenador se realiza generalmente mediante uno de los puertos serie tradicionales o COM (RS232), por lo que se usa la UART del ordenador, que deberá ser capaz



de proporcionar la suficiente velocidad de comunicación. La UART debe ser de 16550 o superior para que el rendimiento de un módem de 28.800 bit/s o más sea el adecuado. Estos módems necesitan un enchufe para su transformador.

- Módems PC Card: son módems en forma de tarjeta, que se utilizaban en portátiles, antes de la llegada del USB (PCMCIA). Su tamaño es similar al de una tarjeta de crédito algo más gruesa, pero sus capacidades son las mismas que los modelos estándares.
- Existen modelos para puerto USB, de conexión y configuración aún más sencillas, que no necesitan toma de corriente. Hay modelos tanto para conexión mediante telefonía fija, como para telefonía móvil.

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL**  
**TRABAJO**

### 3.1. Proyecto Especial CHAVIMOCHIC

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, es un sistema de irrigación que se extiende en gran parte de la costa del Departamento de La Libertad, iniciada desde 1960.

Se extiende en la parte baja de las cuencas de los ríos Santa, en el cual se ubica la bocatoma principal, Chao, Virú, Moche y Chicama. Teniendo como objetivo garantizar el agua de riego en partes bajas de las cuentas, aumentando las producciones agrícolas en las zonas y generando más trabajo.

El área total irrigada beneficiada es de 144 385 ha, de los han ganado al desierto 66 075 ha, además de garantizar el suministro de agua de 78 310 ha de tierras de los valles que no tenían agua todos los años.

Actualmente se está gestionando la construcción de la tercera etapa que irrigará los terrenos del valle de Chicama.13

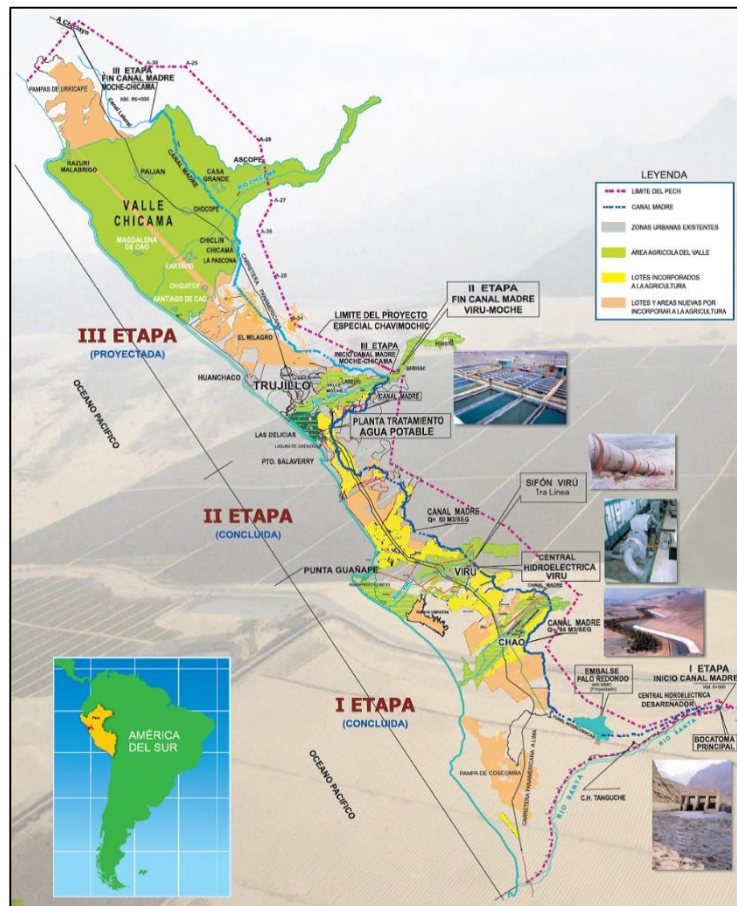


Figura III - 1. Etapas y alcance Proyecto Especial CHAVIMOCHIC<sup>14</sup>

Fuente: <http://www.proinversion.gob.pe>

<sup>13</sup> CHAVIMOCHIC, Wikipedia. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Chavimochic>

<sup>14</sup> Proyecto CHAVIMOCHIC, Pro Inversión. Fuente: <http://www.proinversion.gob.pe/0/0/modulos/JER/PlantillaFichaHijo.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=5812>

Este proyecto hoy en día es una floreciente realidad que ha situado al Perú como el mayor exportador mundial de algunos determinados productos hortícolas.

### 3.2. División de Agua Potable y Energía Eléctrica:

El proyecto Especial CHAVIMOCHIC a través de su División de Agua Potable y Energía Eléctrica, realiza dentro de su zona de concesión, la generación, transmisión, distribución y facturación de energía eléctrica. Las zonas comprendidas son Chao, Virú, Tanguche, Macate y otros poblados cercanos. Para la zona de Virú se genera solamente la energía pues se ha dado concesión a Hidrandina para su comercialización.

La energía se distribuye entre clientes importantes en agroindustria con un abastecimiento promedio actual de 2MW, a través de la Microcentral Hidroeléctrica de Virú, la cual tiene una capacidad actual de 7.5MW, estando preparada para una atención de mayor demanda tanto, industrial como poblacional.

Además se abastece con energía eléctrica a través de dos micros centrales interconectadas, estas centrales tienen por nombre Central Desarenador y Central Tanguche. La cobertura de estas centrales comprenden las zonas geográficas del mismo nombre llegando hasta la parte alta de la provincia de Santa, en el distrito de Macate.

Así mismo para las instalaciones de Bocatoma La Huaca, Bocatoma y Desarenador del Proyecto CHAVIMOCHIC, los micros Centrales tienen una capacidad de 320KW cada una.



**Figura III - 2.** Sistema Hidroeléctrico Virú

**Fuente:** [http://milagrodeldesierto.blogspot.com/p/beneficios\\_10.html](http://milagrodeldesierto.blogspot.com/p/beneficios_10.html)

El sistema Hidroeléctrico Virú (SHV), está conformado por la Central Hidroeléctrica Virú con una potencia instalada de 7.5MW, distribuida por tres turbinas de 2.5MW. La Subestación Virú de 6MVA, 34,5/10kV y la Subestación Chao de 5MVA, 34,5/10kV

### 3.3. Servicio de Distribución de Energía Eléctrica de CHAVIMOCHIC

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, brinda el servicio de energía eléctrica a los pueblos aledaños al Campamento San José, que es donde está ubicada la Microcentral Virú.

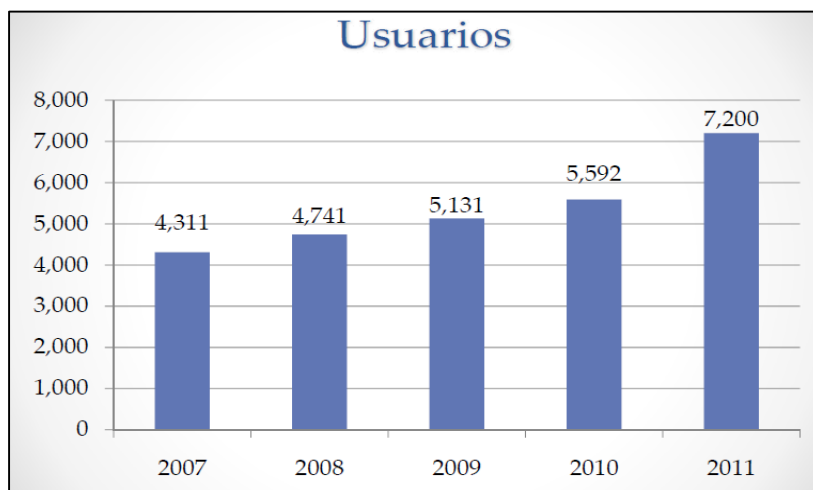


**Figura III - 3.** Central Hidroeléctrica VIRU

Fuente: [http:// www.google.com.pe/search?q=central+hidroelectrica+de+viru](http://www.google.com.pe/search?q=central+hidroelectrica+de+viru)

La Unidad de Distribución es la encargada de la Distribución y Comercialización de energía eléctrica en el área de concesión Chao-Tanguche, actividad que inicia a partir del año 1997 en virtud que la concesionaria de ese entonces ALBACOSA cede la Concesión al P.E.CHAVIMOCHIC.

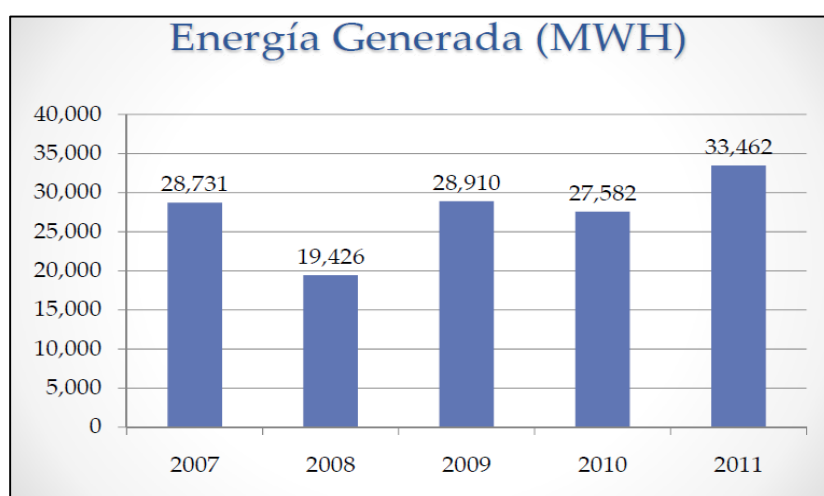
En la **Figura III-4**, podemos observar como el número de usuarios ha ido aumentando significativamente cada año, es por lo que, tanto la Distribución como la Comercialización de la Energía Eléctrica, también ha ido incrementándose satisfactoriamente con el tiempo.



**Figura III - 4.** Aumento del Número de Usuarios Anualmente vs el aumento del consumo de Energía Eléctrica.

**Fuente.** <http://www.chavimochic.gob.pe/portal/wfrmBienvenido.aspx>

En la **Figura III-5** se observa el incremento del consumo de energía eléctrica anualmente, que es un incremento que va a de la mano con el aumento del número de clientes del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC.

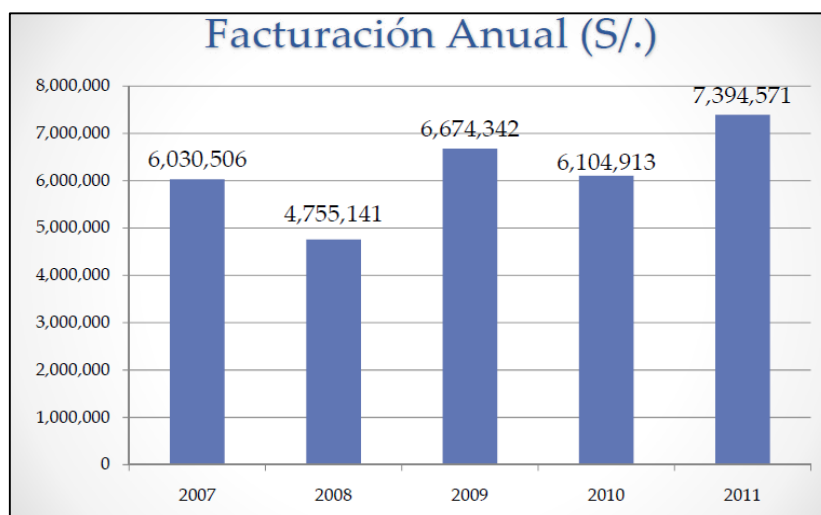


**Figura III - 5.** Aumento de Energía Generada Anualmente en MWH, según el consumo de cada usuario.

**Fuente.** <http://www.chavimochic.gob.pe/portal/wfrmBienvenido.aspx>

La “División de Agua Potable y Energía Eléctrica”, es una de las áreas más importantes del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, ya que es la encargada de la Generación, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica, esta área se encarga de abastecer a los pueblos aledaños al Campamento San José , que es donde se encuentra ubicada la Central Hidroeléctrica de Virú, con el tiempo la comercialización de la energía eléctrica ha ido aumentando satisfactoriamente por lo que según nos muestra la

**Figura III-6**, los ingresos monetarios anuales a favor del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, han sido bastante satisfactorios, es por lo que el Proyecto está en busca de mejoras, para así poderles brindar a la población un mejor servicio de energía eléctrica.



**Figura III - 6.** Facturación Anual según el consumo de usuarios

**Fuente.** <http://www.chavimochic.gob.pe/portal/wfrmBienvenido.aspx>

Los operadores del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, se encargan de realizar el proceso lectura o toma de datos de los medidores ALPHA A2, según la ubicación de los usuarios a los que CHAVIMOCHIC presta el “*servicio de energía eléctrica*”. Una vez terminado el trabajo, estos datos son entregados al área de Ingeniería de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica para así, según el consumo de energía eléctrica adquirida por cada usuario, se pueda realizar la facturación respectiva.

La **Tabla III-1** muestra la cantidad de clientes mayores a las que se les brinda el servicio de energía eléctrica con sus respectivos nombres.

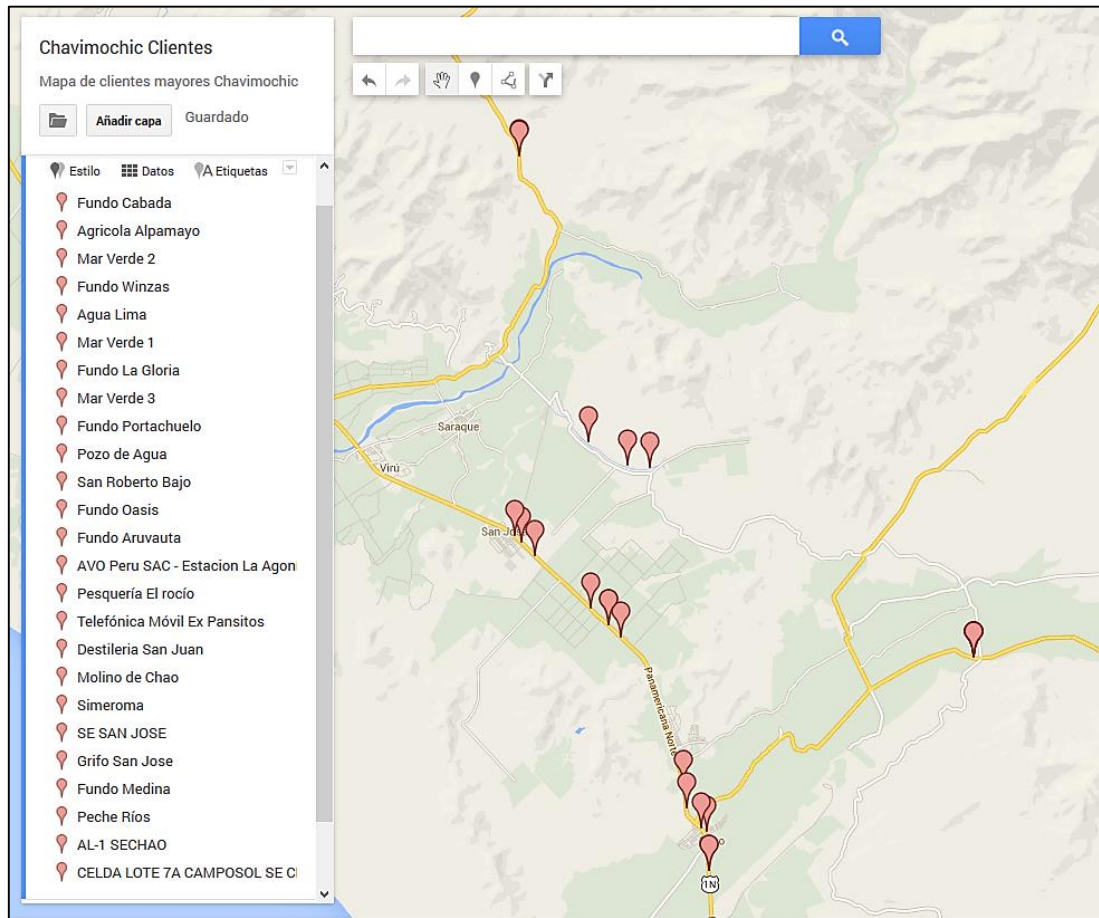
Nº	Nombre Cliente
01	AVO Perú SAC – Estación La Agonía
02	Mar Verde 1
03	Mar Verde 2
04	Mar Verde 3
05	La Gloria – Camp.
06	Ceper Agrícola (AguaLima)
07	Portachuelo
08	Camposol Sincromax/Floculacion
09	BellSouth/T. Móviles. Pancitos
10	Claro Pancitos
11	Nextel del Perú S.A. (Cerro Huarpe)
12	El Rocío – Granja
13	Ex Fundo Hubert Vergara – Adán Blas
14	Talsa
15	Destilería San Juan
16	El Naranjo
17	Telefónica Móvil S.A. (CHAO)
18	El rocío – Armonía
19	Pesq. El Rocío
20	Fundo Oasis Camposol
21	Agromas Villa
22	Grifo San José
23	Molino de Arroz
24	Almácigos
25	Los Viñedos – San José
26	Fundo Medina
27	Molino de Chao
28	Agrícola Alpamayo
29	América Móvil
30	Planta de Agua Buenavista
31	Peche Ríos
32	Celda Arato Perú SE Chao
33	SE San José

**Tabla III - 1.** Lista de clientes mayores que cuentan con el servicio de energía eléctrica

**Fuente:** Lista dada por personal de CHAVIMOCHIC

Como muestra la **Figura III-7**, la distribución de los usuarios está cerca de las ciudades de Virú, San José y Chao. Sin embargo algunos clientes están ubicados en zonas lejanas a las ciudades y de difícil acceso, lo cual hace que el proceso de lectura de datos de los medidores tenga un recorrido largo y bastante riesgoso para los operadores encargados de las lecturas en dichos medidores.





**Figura III - 7.** Ubicación de clientes mayores distribuidos en un mapa.

**Fuente:** Elaboración propia

La División de Agua Potable y Energía Eléctrica se encarga de la administración, mantenimiento, medición y facturación (Generación, Distribución y Comercialización) del servicio de electricidad a 33 clientes (mayores y menores) cerca de las zonas de Virú y Chao.

El procedimiento de realizar estas tareas inicia con las lecturas de los medidores los cuales se encuentra en las viviendas o fundos de cada cliente al que se le brinda el servicio de consumo de energía eléctrica.

El trabajo de lecturas de medidores de consumo eléctrico es complicado y riesgoso debido al tipo de zona en donde se realiza, ya que ésta, en la mayoría de lugares, es una zona desértica. El tiempo que toma en hacerse el trabajo es muy largo, llegando hasta 3 días; y los gastos tienen que ser solventados por CHAVIMOCHIC cada vez que se realiza este trabajo.



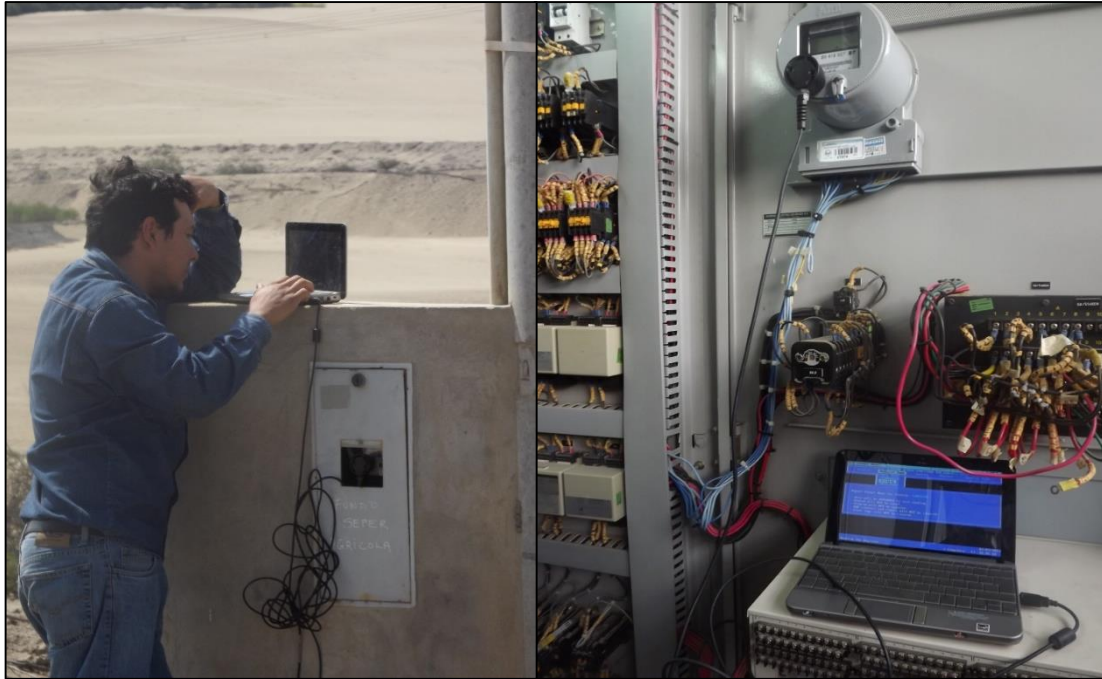
**Figura III - 8.** Técnicos de CHAVIMOCHIC realizando la toma de lecturas de los medidores eléctricos.

**Fuente:** Elaboración propia

Los clientes a los que se les brinda el servicio de electricidad están ubicados en zonas muy distantes y de difícil acceso, lo cual al momento de realizar la lectura de datos se pone en riesgo la vida de los trabajadores (técnicos) encargados de dichas lecturas.

Para realizar las lecturas, el tiempo que le toma al personal a cargo es de 3 días a más, cada fin de mes, obligándolos a dejar sus labores cotidianas para realizar las lecturas. También se hace uso de una movilidad para poder llegar cerca a los lugares donde están ubicados los medidores.

Como se puede observar en la **Figura III-9** cada vez que se realiza una toma de datos de los medidores eléctricos, estos datos son almacenados en una laptop, la cual al finalizar el proceso de lecturas de medidores, es enviada al área de ingeniería de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica, donde se realiza el proceso de facturación. Por algunos motivos (mal manejo del software, cableado defectuoso, ruido en la transmisión de datos, etc.) se dan errores en las tomas de datos en los medidores.



**Figura III - 9 .** La Toma de Lectura al Medidor es Almacenada en la Laptop

**Fuente.** Elaboración Propia

Un error en la toma de datos representa en la facturación del cliente un error por exceso o por defecto y que como resultado se obtiene un consumo variable y sin un control exacto sobre el consumo del cliente.

Una solución que inicialmente se planteó en CHAVIMOCHIC, para la lectura de los medidores eléctricos; fue la utilización de la “Tecnología Satelital”, con el fin evitar que los trabajadores tengan que realizar las tomas de lecturas de los medidores en cada zona, realizar el trabajo de manera inalámbrica y agilizando la tarea de facturación; pero sin embargo por costos elevados en el envío de datos de esta tecnología (5 soles por palabra aprox.), el costo elevado en los equipos satelitales y la implementación, CHAVIMOCHIC descartó la opción de una solución satelital<sup>15</sup>.

### **3.4. Soluciones para Lectura de Medidores**

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC tiene la necesidad de mejorar el sistema de lecturas de sus medidores eléctricos, para el cual se ha pensado en tres posibles

---

<sup>15</sup> **ANEXO2.** “Modelo de entrevista realizada al Jefe de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica”

soluciones para enfrentar los problemas presentes en el sistema de lecturas de medidores eléctricos.



**Figura III - 10.** Toma de Lectura de Los Medidores Eléctricos

**Fuente.** Elaboración Propia

Las posibles vías de solución que se tomaron en cuenta fueron:

- Modem vía radio
- Contratar más personal
- Modem vía red celular

La **Tabla III-2** muestra un resumen de comparación de las tres posibles soluciones consideradas para el mejoramiento del sistema de lecturas de medidores eléctricos de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica de CHAVIMOCHIC.

Cada solución se evalúa de acuerdo a ítems, colocando una puntuación por cada uno y obteniendo como resultado el total de puntaje obtenido para cada solución. La puntuación por cada ítem se obtiene multiplicando el nivel de evaluación por el factor de ponderación.

ÍTEM A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	Modem vía Radio			Contratar más personal			Modem vía red celular		
		Evaluación		Puntaje	Evaluación		Puntaje	Evaluación		Puntaje
Costos	28	Inconveniente	1	28	Intermedia	2	56	Conveniente	3	84
Confiabilidad de lectura	19	Alta	3	57	Baja	1	19	Alta	3	57
Mantenimiento	15	Intermedia	2	30	Intermedia	2	30	Conveniente	3	45
Experiencia en otras implementaciones	12	Media	2	24	Baja	1	12	Alta	3	36
Cobertura	10	Media	2	20	Media	2	20	Alta	3	30
Disponibilidad	8	Alta	3	24	Baja	1	8	Alta	3	24
Seguridad	5	Media	2	10	Baja	1	5	Alta	3	15
Velocidad de datos	3	Media	2	9	Baja	1	3	Alta	3	6
Puntaje Total	100			202			153			297

**Tabla III - 2.** Comparación de posibles soluciones al sistema de lecturas de medidores eléctricos.

**Fuente:** Elaboración propia

Los niveles de evaluación tienen el siguiente rango de puntaje:

- Alta = 3
- Media = 2
- Baja = 1

Para algunos ítems el rango es inverso, debido a la definición del ítem, donde se tomara el siguiente puntaje:

- Conveniente = 3
- Intermedia = 2
- Inconveniente = 1

Los niveles o valores de importancia de los ítems suman un total de 100 y se considera según la prioridad que tiene la División de Agua Potable y Energía Eléctrica de CHAVIMOCHIC sobre el sistema de lecturas de medidores.

- **Costos**

Factor de ponderación de **28**. Tiene el mayor peso de ponderación debido a que la reducción de costos es una prioridad para el sistema de lecturas de medidores eléctricos de CHAVIMOCHIC, obteniendo como resultado el retorno de la inversión realizada.

- **Confiabilidad de lectura**

Factor de ponderación de **19**. Tiene el segundo mayor peso de ponderación debido a que es un factor clave tener una tarifa o facturación confiable de los usuarios y no tener errores.

- **Mantenimiento**

Factor de ponderación de **15**. Como tercera prioridad, es tener que realizar un menor mantenimiento al sistema de lecturas.

- **Experiencia en otras implementaciones**

Factor de ponderación de **12**. La cuarta prioridad, es saber si la solución obtuvo buenos resultados en otras implementaciones.

- **Cobertura**

Factor de ponderación de **10**. Es de mediana prioridad, debido a que en las zonas donde se aplican las soluciones no son muy apartadas.

- **Disponibilidad**

Factor de ponderación de **8**. Tiene media-baja prioridad, debido a que las mediciones son esporádicas, no es necesario estar permanentemente conectado.

- **Seguridad**

Factor de ponderación de **5**. Tiene baja prioridad, debido a que no es una preocupación vital porque los sistemas actuales tienen un nivel de seguridad de datos aceptable.

- **Velocidad de datos**

Factor de ponderación de **3**. Tiene la más baja prioridad, debido a que el nivel de información a transmitir es bajo.

### **3.4.1. Evaluación de soluciones de acuerdo a los ítems de interés**

#### **a. Costos**

El primer ítem a evaluar es costos, debido a su alta prioridad para CHAVIMOCHIC, en donde la solución vía red celular es la que obtuvo la mayor puntuación, esto debido a que el gasto económico es reducido, realizándose mensualmente; además el costo de equipos y mantenimiento es baja a comparación de las otras soluciones. La solución de contratar más personal quedó en segundo lugar debido a que el gasto económico es algo elevado ya que se tiene que remunerar a los trabajadores que realizan el proceso de lectura de datos de los medidores<sup>16</sup>.

El mantenimiento de los equipos, uso de herramientas, movilidad, combustible y viáticos hacen que el costo de la solución de contratar más personal sea mayor.

---

<sup>16</sup> **ANEXO 1.** Modelo de Entrevista realizada al técnico encargado de la “Toma de Lectura de Clientes Mayores” del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

La solución Modem Vía Radio obtuvo un tercer lugar, esto debido a que, para la implementación de esta vía de solución hay que tomar en cuenta los gastos de instalación, equipos, antenas repetidoras con sus torres y alto mantenimiento, los cuales son costos muy altos frente a las demás soluciones.

**b. Confiabilidad de la Lectura**

Confiabilidad en la lectura es el segundo ítem de mayor prioridad, el resultado fue empatado en las dos soluciones inalámbricas, modem vía radio y modem vía red celular, ya que la obtención de datos son directas desde el medidor, reflejando exactamente los datos de lectura. La solución de contratar más personal quedó en último lugar, debido a que, en las lecturas manuales la probabilidad de cometer un error en una mala conexión para obtener los datos es mayor.

**c. Mantenimiento**

Al evaluar el ítem de mantenimiento, la solución que obtuvo el primer lugar fue la solución de modem vía red celular, esto debido a que su mantenimiento es realizado por el operador del servicio GSM contratado, reduciendo considerablemente el mantenimiento de la red y solo aplicándolo a los equipos que envían la información a la red celular. Las dos soluciones restantes obtuvieron el mismo puntaje, debido a que en la solución de modem vía radio el mantenimiento se realiza a toda una red implementada, ya sea equipos transmisores y receptores, antenas, torres, etc., aumentando su frecuencia de mantenimiento. En la solución de contratar más personal el mantenimiento es aplicado a todo el equipo utilizado en el trabajo de tomas de lecturas, como la movilidad (camionetas), computadoras, cableados, herramientas, que a pesar de no estar ligado a las tomas de lecturas, éstas necesitan de mantenimiento<sup>17</sup>.

**d. Experiencia en otras implementaciones**

En el ítem de experiencias en otras implementaciones, las soluciones inalámbricas son las mejores vías de solución en los medidores, teniendo una mejor posición la solución vía red celular, esto debido a que según el encargado del área técnica comercial, encargado de las “Mediciones de los Sistemas de Potencia y del

---

<sup>17</sup>ANEXO 1. Modelo de Entrevista realizada al técnico encargado de la “Toma de Lectura de Clientes Mayores” del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.



Consumo de los Clientes Mayores” de la empresa Hidrandina S.A. se ha optado por una solución inalámbrica vía red celular por su buena cobertura y principalmente por su bajo costo, obteniendo mayor eficiencia y mejora en el sistema de lecturas de datos<sup>18</sup>.

Los beneficios más resaltantes que se pueden obtener con esta solución, según la entrevista realizada al Supervisor Técnico Comercial de Hidrandina son:

- ✓ Monitoreo en tiempo real de la máxima demanda del consumo de los Clientes Mayores.
- ✓ Disgregación de las pérdidas de energía online.
- ✓ Toma de Lectura Automática y visualización de registros instantáneos.
- ✓ Monitoreo y control de la calidad de la energía

Por lo que la solución de contratar más personal quedó en último lugar debido a que actualmente CHAVIMOCHIC utiliza esta vía de solución con pocos resultados positivos, el cual desea cambiar lo más pronto posible.

#### **e. Cobertura**

En el ítem de cobertura, la solución vía red celular obtuvo el primer lugar debido a que según el personal encargado de las lecturas de medidores eléctricos de CHAVIMOCHIC la señal celular está presente en cada uno de los usuarios que cuentan con dichos medidores electrónicos a los cuales se realiza la toma de lecturas, cada fines de mes<sup>5</sup>.

Para la solución vía modem radio, si se requiere aumentar la cobertura del sistema, se tienen que implementar varias estaciones repetidoras obteniendo este ítem un puntaje menor respecto al de vía red celular. De igual manera ocurre en el ítem de contratar mayor personal, debido a que el nivel de cobertura depende de la disponibilidad del transporte.

#### **f. Disponibilidad**

En el ítem de disponibilidad, la solución de modem vía red celular y la solución de modem vía radio obtuvieron mayor puntuación, debido a que los datos de las

---

<sup>18</sup>ANEXO 3. Modelo de Entrevista realizada al Supervisor Técnico Comercial encargado del “Sistema de Potencia y Clientes Mayores”

lecturas están mayormente disponibles para ser tomados y procesados, mientras que en la solución de contratar mayor personal, la disponibilidad es poca y una vez al mes, reduciendo considerablemente su puntuación.

#### **g. Seguridad**

En el ítem de seguridad, la solución Modem vía red celular fue la ganadora teniendo el mayor puntaje sobre las otras soluciones debido sus algoritmos de encriptación GSM como el A5/1 y A5/2.19

La transmisión de datos de un modem radio no es tan segura ya que depende de los niveles de encriptación que tenga implementado los equipos; y aún menos segura es la recolección manual, porque los datos obtenidos por cada persona puede caer en manos de personas no autorizadas o ajenas al sistema de lecturas de medidores eléctricos.

#### **h. Velocidad de Datos**

Para el caso del ítem de velocidad de datos, la solución que obtuvo mayor puntuación fue la de modem Vía Radio, ya que, dependiendo la tecnología que se use puede superar una velocidad de 1Mbit/s<sup>20</sup>. En segundo lugar se consideró la solución de modem vía red celular, la cual al usar tecnología GPRS tiene una velocidad que va desde 60 a 80 kbit/s<sup>21</sup>, ambas soluciones superan a la de contratar mayor personal<sup>7</sup>.

### **3.4.2. Selección de la solución**

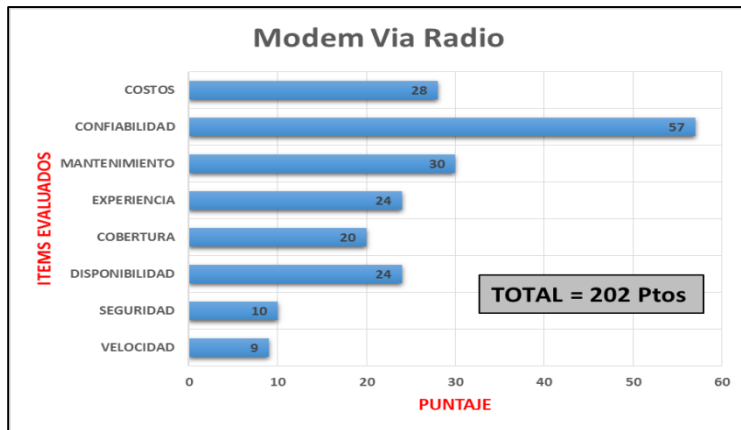
Para seleccionar una de las soluciones, según la **Tabla III-2**, se toma la suma de los puntajes obtenidos por cada ítem, dando como resultado un puntaje final para cada solución, el cual nos sirve para decidir cuál de las soluciones elegir.

---

<sup>19</sup> Jaime Gutiérrez y Juan Tena Santander. (2003). Protocolos criptográficos y seguridad en redes. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

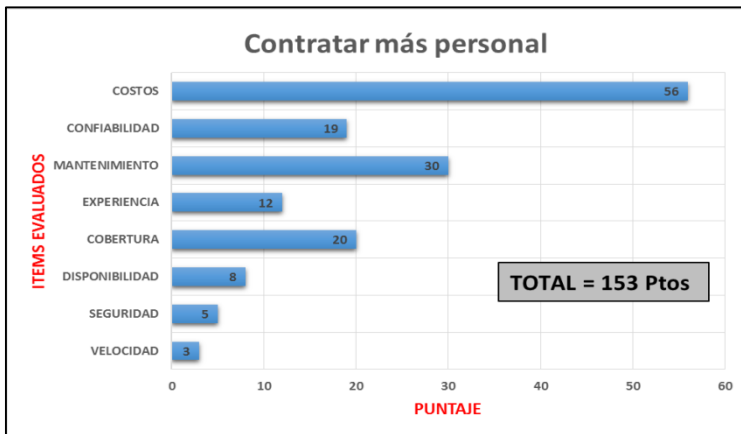
<sup>20</sup> Access Point iNET-II 900. Fuente: <http://www.tessco.com/products/displayProductInfo.do?sku=324909>

<sup>21</sup> Servicio General de Paquetes vía radio. GPRS. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio\\_general\\_de\\_paquetes\\_v%C3%ADa\\_radio](http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_v%C3%ADa_radio)



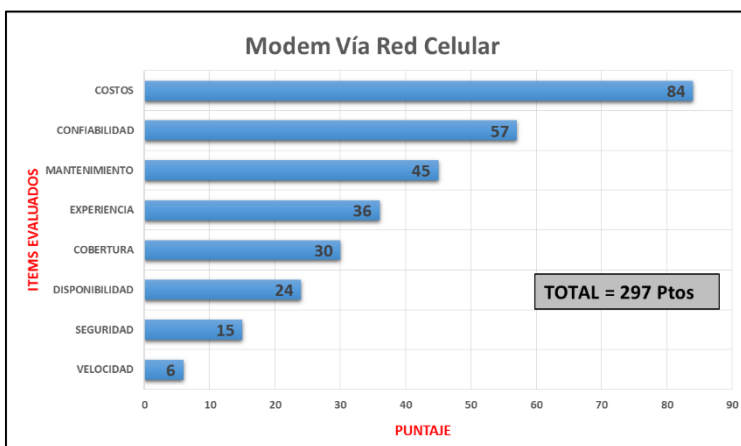
**Figura III - 11.** Resultados de la solución de Modem Vía Radio

Fuente: Elaboración propia



**Figura III - 12.** Resultados de la solución de Contratar más personal.

Fuente: Elaboración propia



**Figura III - 13.** Resultados de la solución de Modem vía red celular.

Fuente: Elaboración propia

El puntaje final obtenido por cada solución indica que, la que obtuvo mayor puntuación fue la solución de modem vía red celular, la cual ha sido elegida y, por tanto, se puede decir que su costo es moderado con posibilidad de retorno de inversión. Los datos en una red celular son confiables y necesita muy poco mantenimiento. Es una solución utilizada en otras empresas, obteniendo buenos resultados<sup>22</sup>; y posee una gran cobertura, dependiendo del operador celular.

### 3.5. Lectura de Medidores Vía Red Celular GPRS

#### 3.5.1. Cobertura y elección del servicio 2G

Con el fin de poder optar por una solución inalámbrica a través del servicio de red celular o GSM, es necesario contar con que el servicio esté disponible o presente en todos los usuarios a los que opten por esta solución. Para conocer el estado del servicio GSM en la zona, como se puede observar en la **Fig. III-14**. Se ha realizado una medición de señal de recepción GSM a través de un equipo celular. Las mediciones se realizaron en cada punto en donde se ubica cada medidor eléctrico de CHAVIMOCHIC.



**Figura III - 14.** Recepción de cobertura celular GSM, a través de un equipo celular

**Fuente:** Elaboración propia

---

<sup>22</sup> **ANEXO 3.** Modelo de Entrevista realizada al Supervisor Técnico Comercial encargado del “Sistema de Potencia y Clientes Mayores”

Se han hecho las mediciones para los operadores móviles de Claro y Movistar, siendo el segundo el que mejor nivel de recepción GSM obtuvo en cada zona medida, demostrando por qué los trabajadores que realizan las tomas de lecturas utilizan equipos móviles del operador Movistar. En algunas zonas medidas, la señal del operador Claro tuvo caídas grandes en donde la señal se había perdido completamente, desconectando al equipo de la red. A diferencia del operador Movistar, que si bien es cierto su señal de recepción se había reducido, éste nunca se desconectó de la red GSM-2G.

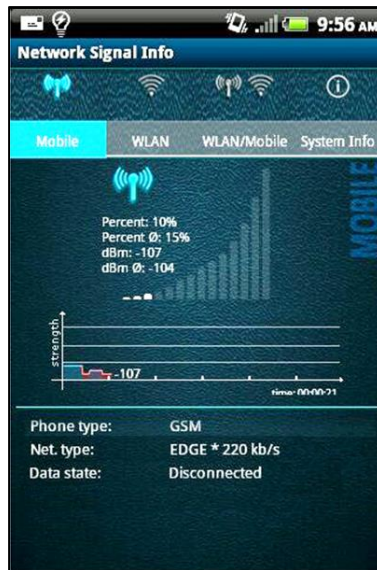
La **Figura III-15** muestra una captura de pantalla del equipo móvil con la aplicación Network Signal Info, la cual se utilizó para poder realizar las mediciones de señal de recepción GSM en cada punto, la **Figura III-15** muestra un nivel de señal GSM aceptable por parte del operador Movistar.

La **Figura III-16** muestra una captura de pantalla del equipo móvil de la recepción de señal GSM del operador Claro, donde se aprecia el bajo nivel de señal recibida por el equipo.



**Figura III - 15.** Captura de pantalla de equipo móvil con señal GSM del operador Movistar.

**Fuente:** Aplicación en Android: Network Signal Info



**Figura III - 16.** Captura de pantalla de equipo móvil con señal GSM del operador Claro.

**Fuente:** Aplicación en Android: Network Signal Info

Tras la obtención de datos que reflejan el nivel de señal GSM recibida, se ha hecho la captura de la posición geográfica del lugar en donde se encuentra el medidor eléctrico, esto a través de la aplicación GPS Status instalada en el equipo móvil tal como muestra la **Figura III-17**, capturando la coordenada geográfica en Latitud y Longitud. Luego se ha construido un mapa de señal GSM recibida para los operadores móviles Claro y Movistar, con el fin de poder tener una visión general y más clara de los niveles de señal recibida en toda la zona en donde se realizan la toma de lecturas de los medidores eléctricos de CHAVIMOCHIC.



**Figura III - 17.** Captura de pantalla de la aplicación GPS utilizada en el equipo móvil

**Fuente:** Aplicación en Android: GPS Status

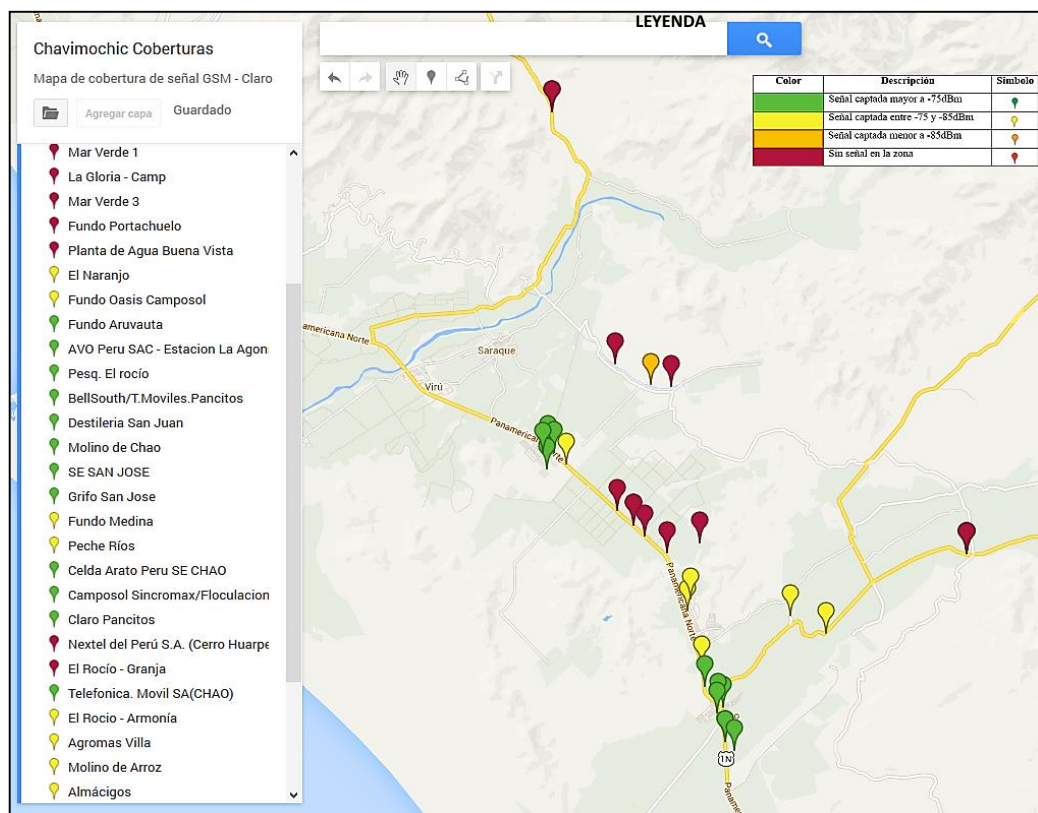
Para la construcción del mapa de cobertura o señal recibida, la **Tabla III-3** muestra la leyenda que se utiliza en los mapas, respetando el color por cada nivel de señal recibido.

Color	Descripción	Símbolo
Verde	Señal captada mayor a -75dBm	📍 Verde
Amarillo	Señal captada entre -75 y -85dBm	📍 Amarillo
Naranja	Señal captada menor a -85dBm	📍 Naranja
Rojo	Sin señal en la zona	📍 Rojo

**Tabla III - 3.** Leyenda utilizada en los mapas de cobertura GSM

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla III-3** el color de los símbolos identifican el nivel de señal recibida en cada zona medida, la cual es plasmada en las **Figuras III-18 y III-19**, que son los mapas que se han construido en base a las mediciones de señal y las mediciones de coordenadas geográficas a través del GPS de un equipo móvil.

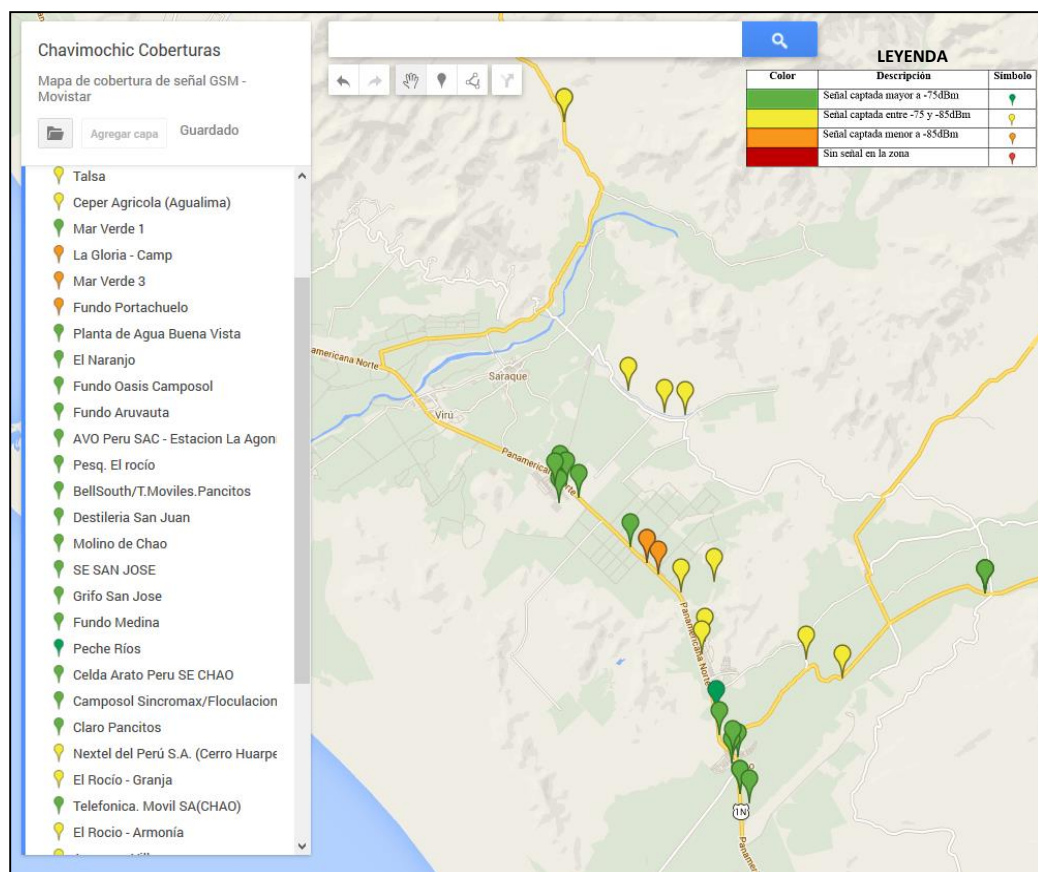


**Figura III - 18.** Señal de cobertura GSM operador Claro en ubicaciones de los medidores eléctricos de usuarios.

Fuente: Elaboración propia

La **Figura III-18** muestra los niveles de señal GSM recibida para el operador Claro, en el cual se aprecia que en ciertas zonas, el nivel de señal es casi nulo llegando a desconectar al equipo móvil de la red GSM, en algunas la señal es baja o pobre, teniendo niveles menores a  $-85\text{dBm}$ . Mientras que en otras zonas la señal es media oscilando entre niveles de señal de  $-75$  a  $-85\text{ dBm}$ , y en otras la señal es aceptable con señales mayores a  $-75\text{dBm}$ .

En la **Figura III-19** muestra los niveles de señal GSM recibida para el operador Movistar, en donde la señal es aceptable en la mayoría de puntos en donde se encuentran ubicados los medidores eléctricos. Teniendo señales mayores a  $-75\text{dBm}$  en la mayoría de los puntos, señales medias en pocos lugares, pero en ningún lugar se registró una caída de señal GSM ni desconexión de la red.



**Figura III - 19.** Señal GSM operador Movistar en ubicaciones de los medidores eléctricos de usuarios.

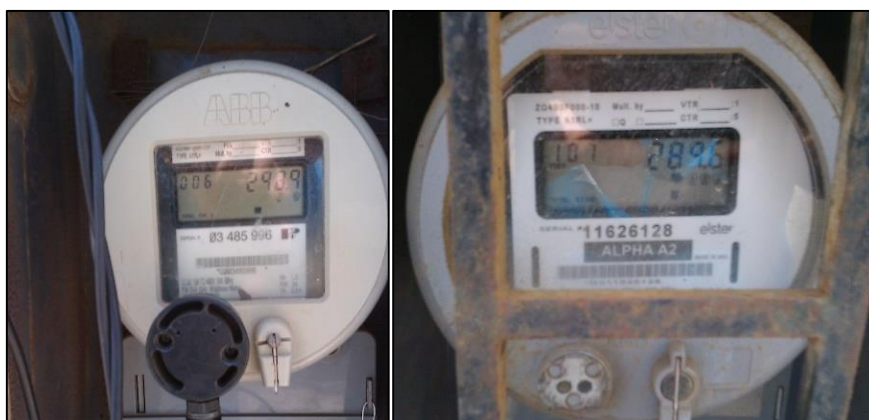
Fuente: Elaboración propia



Por lo tanto, el operador móvil elegido que se utilizará para la solución inalámbrica de uso de red GSM será el operador Movistar, pues la señal GSM recibida de este operador es aceptable en todas las zonas en donde se han realizado las mediciones de señal recibida.

### 3.5.2. Instalación actual de Medidores Alpha2

Cada usuario a quien CHAVIMOCHIC brinda el servicio de energía eléctrica, posee un medidor eléctrico Alpha A2, los cuales registran los consumos de cada cliente en memoria, que luego son descargados por los trabajadores de CHAVIMOCHIC en el proceso de lectura de medidores eléctricos.



**Figura III - 20.** Medidores eléctricos de usuarios de CHAVIMOCHIC.

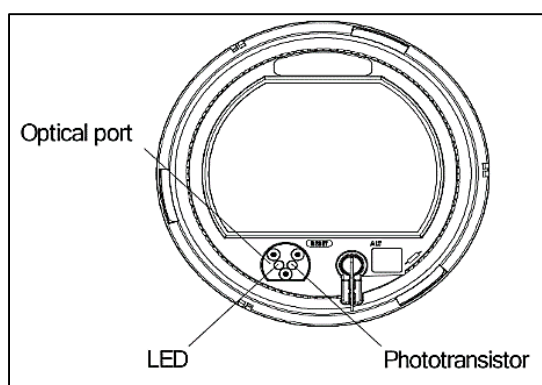
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la **Figura III-20**, los medidores que fueron instalados en los usuarios son en marca ABB y ELSTER, los cuales cuentan con la misma instalación y el mismo funcionamiento, el marca varía según el lugar donde se encuentra ubicado el usuario, ya que las marcas se diferencian por la robustez de los medidores electrónicos, según el lugar y la zona donde van a ser instalados.

El hecho de que tengan el mismo modelo, se debe a que se tiene un acuerdo comercial con ELSTER, quien también fabrica los mismos medidores, para que así se cumpla con el estándar.<sup>23</sup>

Los medidores eléctricos en CHAVIMOCHIC son del tipo A1RL+, los cuales son configurados con el software Alpha Plus<sup>24</sup> del mismo fabricante, el cual permite configurar las funciones de medición como programación, lectura, generación de reportes y mantenimiento. Toda esta información se descarga hacia una computadora personal por medio de un conector óptico el cual es una interfaz entre el medidor y la computadora personal.

La **figura III-21**, muestra los componentes del puerto óptico por el cual se comunica el medidor eléctrico con el exterior.



**Figura III - 21.** Componentes del puerto óptico

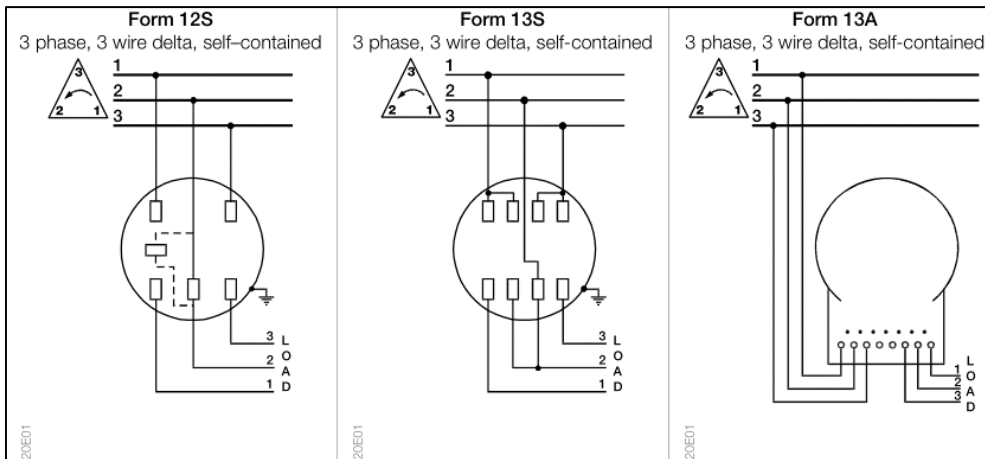
**Fuente:** Alpha Plus Manual

En la **figura III-22**, se muestra una conexión de un medidor eléctrico polifásico Alpha Plus, el cual es una conexión trifásico en delta, pero no es la única forma de conexión.

---

<sup>23</sup> Elster, 60 años de historia bien medida. Elster. Disponible en: [http://www.elster.com.ar/es/noticias\\_y\\_eventos\\_936.html](http://www.elster.com.ar/es/noticias_y_eventos_936.html)

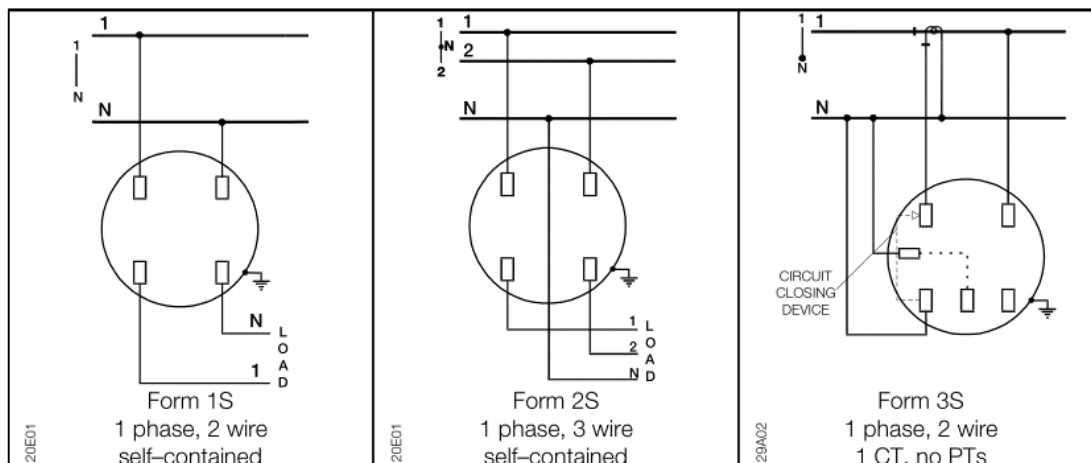
<sup>24</sup> AlphaPlus software. Elster. Disponible en: <http://www.elster.ru/en/594.html>



**Figura III - 22.** Algunas formas de conexión trifásica

**Fuente:** Manual Técnico Alpha Plus

La **Figura III-23** muestra una conexión monofásica. Estas conexiones no son las únicas, existen aún más según el manual técnico de los medidores Alpha plus.<sup>25</sup>

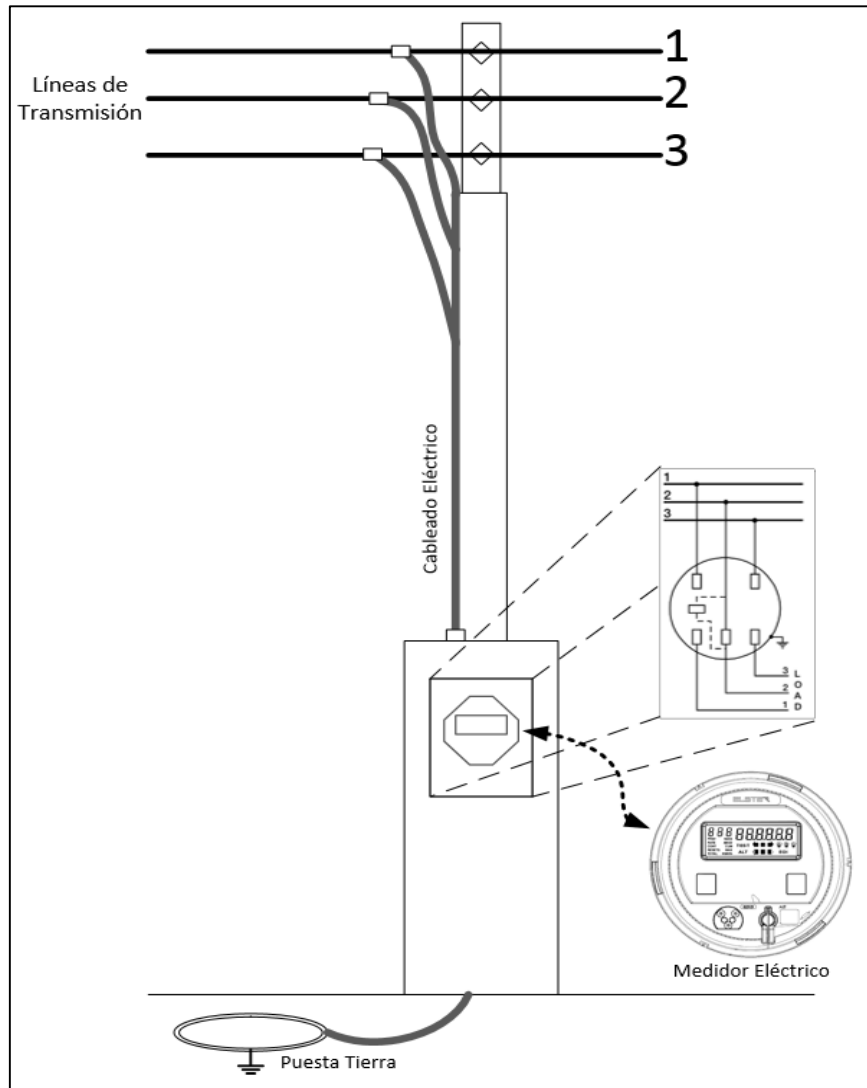


**Figura III - 23.** Algunas formas de conexión monofásica

**Fuente:** Manual Técnico Alpha Plus

La **Figura III-24** muestra cómo es que algunos de los medidores están instalados en los lugares en los cuales CHAVIMOCHIC realiza la lectura de datos de los medidores.

<sup>25</sup> ALPHA Plus Meter Technical Manual. TM42-2182.



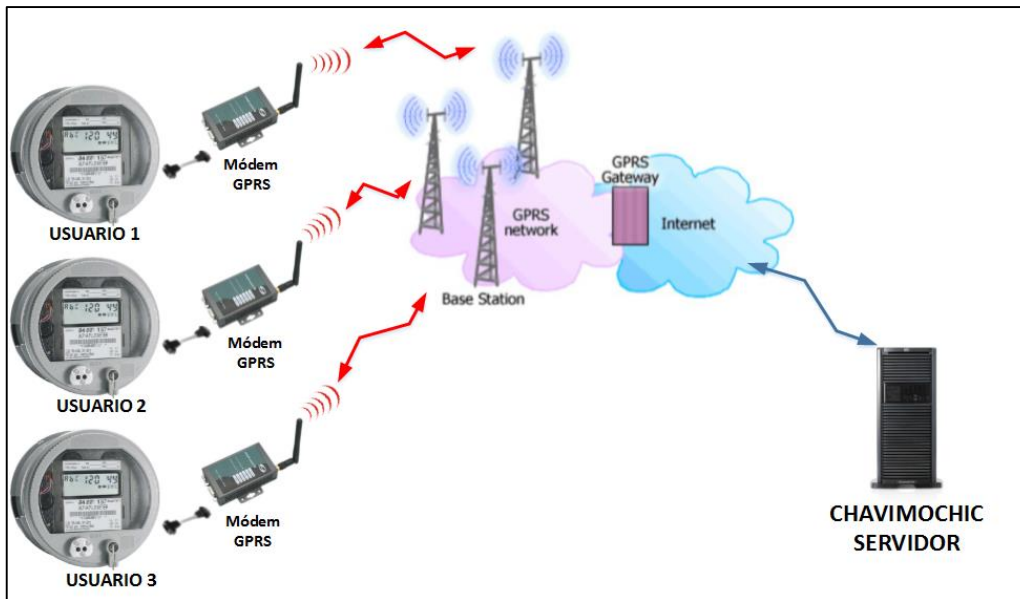
**Figura III - 24.** Conexión de un medidor Alpha Plus

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5.3. Elección de equipos

Como ya hemos visto anteriormente, la solución inalámbrica elegida para el sistema de lecturas de datos de los medidores eléctricos es la solución de red celular, que en este caso es con el uso de la red de datos GPRS.

Para tal fin, habrá que conocer la forma de hacer una conexión GPRS, enviando datos en bytes hacia algún servidor los cuales procesarán los datos enviados.



**Figura III - 25.** Diagrama general de comunicación en la red GPRS para CHAVIMOCHIC.

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la **figura III-25**, en la red GPRS, los equipos que intervienen son un DTE (Data Terminal Equipment) y un Modem. El DTE es quien envía y recibe datos y lo realiza mediante un Módem, que en este caso vendría a ser el mismo medidor eléctrico Alpha plus a través de su tarjeta opcional RS232 y conectado a un módem GPRS.

En la Red GSM se brinda el servicio GPRS, compuesto por un conjunto de BTS (Base Transceiver Station), proporcionando cobertura a la red.

El Gateway es un dispositivo el cual concede direcciones IP privadas en forma dinámica tal como un servidor DHCP, permitiendo el envío y la recepción de paquetes hacia y desde Internet.

El servidor es el equipo que recibe los paquetes enviados por el equipo remoto a través de la red GSM, obteniendo las lecturas de cada medidor para luego ser procesadas, calculando así su facturación por medidor y monitoreo de las mismas. El requerimiento del servidor es tener una dirección IP fija de Internet y tener un puerto TCP/IP en modo escucha (LISTEN) el cual recibe los paquetes IP desde Internet enviados por el equipo remoto a través de la red GPRS.<sup>26</sup>

<sup>26</sup>Primeros pasos en GPRS. Electro componentes S.A. Disponible en:  
<http://www.electrocomponentes.com/articulos/enero07/primeros.html>

Por lo tanto, para poder empezar a conectarse a una red GSM, necesitamos una interfaz entre el modem y el medidor eléctrico, la cual será una tarjeta serial.

#### **a. La Tarjeta serial**

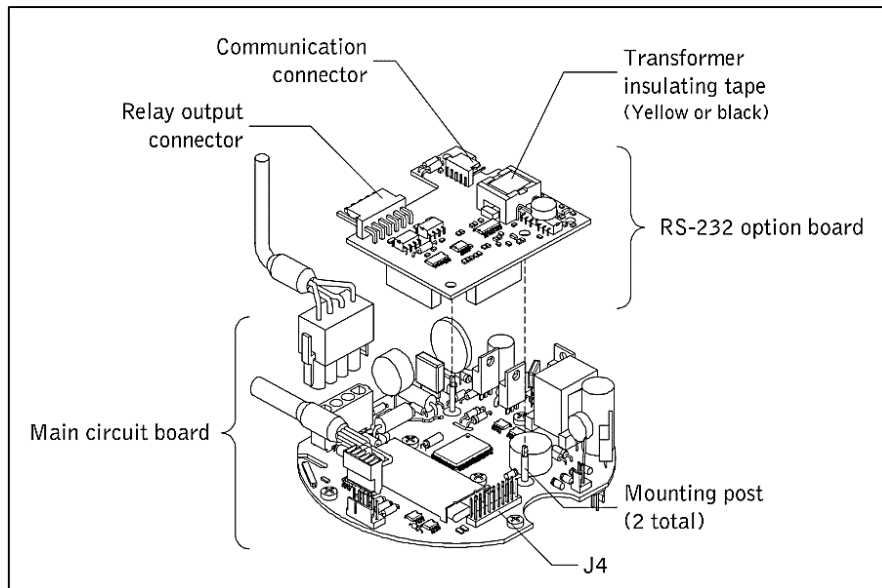
Los medidores Alpha Plus cuentan con ciertas características especiales los cuales son sus llamadas opciones avanzadas, las cuales permiten agregar nuevo hardware (tarjetas dedicadas) al hardware ya existente del medidor Alpha Plus.

Algunas opciones avanzadas vienen integradas en el hardware original del medidor, mientras que otras son tarjetas instalables en el mismo medidor:

- Pre-programación en fábrica
- Perfil de Carga de hasta cuatro canales
- Relés de salida
- Tarjeta opcional RS-232
- Tarjeta opcional RS-485
- Modem interno
- Tarjeta opcional de lazo de corriente de 20 mA.
- Tarjeta opcional de Red de Área Ampliada (WAN)
- Batería de litio instalada en fábrica
- Conector para fuente auxiliar de energía externa

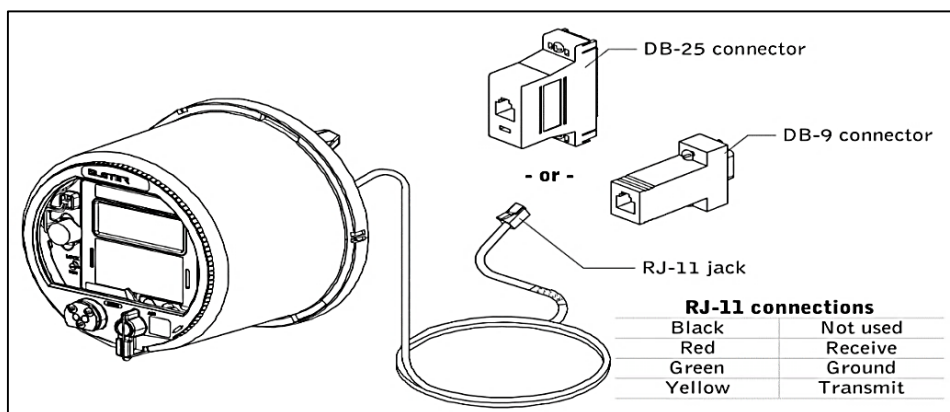
Para nuestra finalidad, necesitamos utilizar una tarjeta opcional RS-232 para la comunicación entre éste y un modem externo con conexión GPRS.

La Figura III-26 muestra de cómo sería la conexión de una tarjeta opcional RS-232 y el hardware del medidor eléctrico.



**Figura III - 26.** Conexión de una tarjeta opcional RS-232 en un medidor Alpha Plus  
**Fuente:** Manual Técnico Alpha Plus

Tras la instalación de la tarjeta, esta necesita de una conexión cableada hacia un modem que cuente con conexión GPRS y que además soporte el protocolo RS-232. La figura III-26 muestra la salida del terminal RS-232, que en el lado de la tarjeta opcional tiene un conector RJ-11, y en el otro extremo posee un conector DB-25 o DB-9 según las necesidades requeridas.





**Figura III - 27.** Medidor eléctrico con cables y conectores RS-232  
**Fuente:** Manual Técnico Alpha Plus

**b. Modem serial /GPRS 2G (elección)**

Luego de conocer la tarjeta serial RS232, es necesario elegir un equipo modem GPRS, que soporte el protocolo RS232 para su conexión con el medidor eléctrico. Para esto hemos optado por comparar ciertos modelos de equipos modem GPRS.

La **Tabla III-4** muestra tres módems GPRS de distintos fabricantes, en donde se ha optado hacer una comparación previa para luego elegir un modem GPRS.

Modem Ítem	F2103 GPRS	2N SMARTCOM	ENFORA GSM1218
<b>Fabricante</b>	Four-Faith	TELEKOMUNIKACE	MCI ELECTRONICS
<b>Vista física</b>			
<b>Alimentación</b>	12 Voltios	12 Voltios	5 Voltios
<b>Consumo de corriente</b>	250Ma	250mA	230mA
<b>Frecuencia</b>	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz
<b>Potencia</b>	GSM850/900: <33dBm GSM1800/1900: <30dBm	33dBm@850/900MHz 30dBm@1800/1900MHz	33dBm@850/900MHz 30dBm@1800/1900MHz
<b>Sensibilidad</b>	-107dBm	-108dBm	-106dBm
<b>Antena</b>	SMA Conector 50 Ω	SMA Conector 50 Ω	SMA Conector 50 Ω
<b>Interfaces</b>	RS232 RS485	RS232 RS485 2 Salidas por relays 2 Entradas	RS232
<b>Experiencia previa</b>	Ninguna	Ninguna	Elegido para tele medición por Hidrandina

**Tabla III - 4.** Comparación de diferentes tipos de Modem GPRS

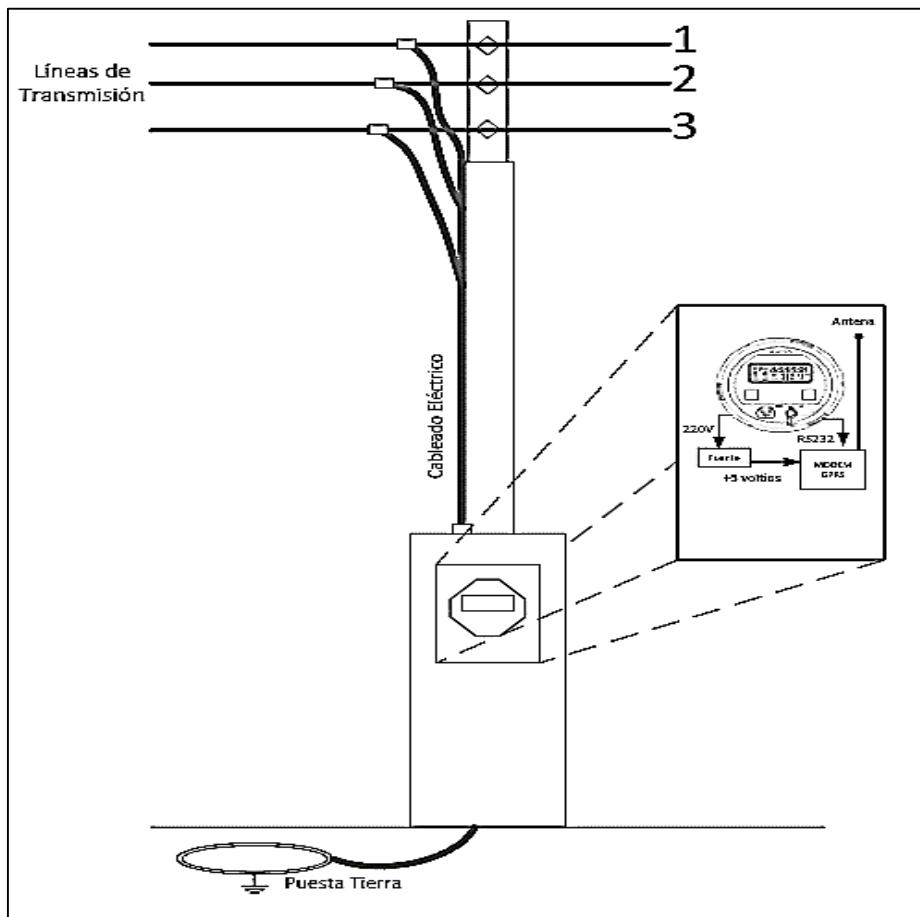
**Fuente:** Elaboración propia



Los tres distintos módems GPRS, muestran similitud en muchas de sus características, las diferencias están mayormente en sus interfaces, los cuales aportan mayor conectividad con otros protocolos físicamente, sin embargo para nuestro fin, es solo necesaria la conexión RS232. El modem elegido es el ENFORA GSM1218 pues éste ya cuenta con una experiencia previa, realizada en la empresa Hidrandina, obteniendo buenos resultados para la tele medición, según<sup>27</sup>.

### 3.5.4. Propuesta de Instalación de usuario

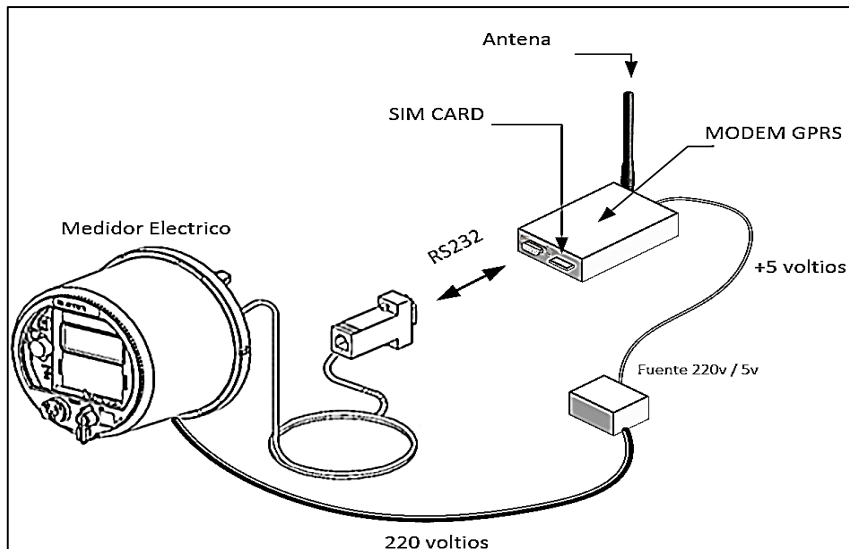
Tras conocer la tarjeta opcional RS232 del medidor Alpha Plus y elegir el Módem GPRS ENFORA GSM1218, se realiza un diagrama de instalación de conexión entre éstos equipos, mostrándose en la **Figura III-28**.



**Figura III - 28.** Diagrama de conexión de modem GPRS y Medidor eléctrico

Fuente: Elaboración propia

<sup>27</sup> ANEXO 3. Modelo de Entrevista realizada al Supervisor Técnico Comercial encargado del "Sistema de Potencia y Clientes Mayores"



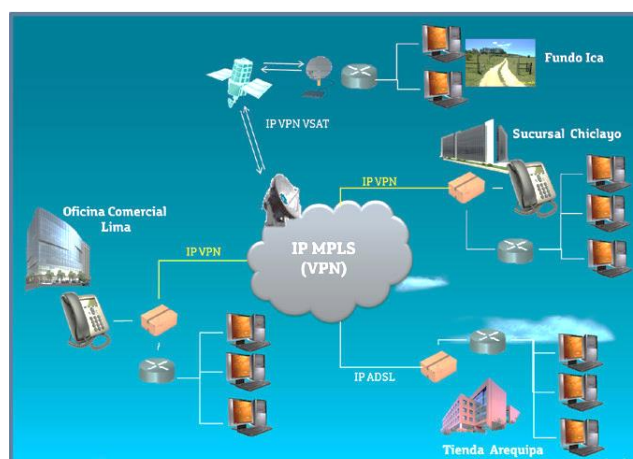
**Figura III - 29.** Conexión de modem GPRS y Medidor eléctrico

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5.5. Requerimiento de Punto de Acceso Privado (APN)

Con el fin de mejorar la transmisión de datos GPRS, se recomienda disponer de recursos independientes de acceso a fin de no compartir recursos que podrían verse saturados en la Red VPN del operador. Este tipo de situaciones suele ocurrir en horas pico de tráfico.

Con el uso de un APN privado se evitará compartir las conexiones VPN del servidor público (movistar.pe) y se empleará un acceso independiente (Por Ejemplo: chavimochic.pe) para garantizar recursos de transmisión en horas pico. La Figura 4.30 nos muestra el concepto de APN privado.



**Figura III - 30.** Punto de Acceso Privado

**Fuente:** <http://www.movistar.com.pe/negocios/conectividad/redes-privadas/ip-vpn>

### 3.5.6. Consideraciones Adicionales sobre el servicio GSM - GPRS:

En la actualidad tanto la empresa Claro como la empresa Movistar ofrecen el servicio de paquetes de datos GPRS, servicio de datos conmutados CSD (Circuit Switched Data), así como el servicio SMS (Short Message Service). El modem Enfora puede ser programado para reportar las mediciones por cualquiera de estos tres tipos de servicios de acceso.

Para cada modem a instalar se requiere adquirir un SIM card (chip GSM), con el cual debe enviar al menos un mensaje entre 4 ó 5 minutos con la información de consumo del cliente. En la Tabla III-5 se hace una estimación de costos por cada SIM CARD de acuerdo a las tarifas prepago por MB ofrecidas por el operador Movistar<sup>28</sup>.

N° mensajes /hora	14	mensajes
N° mensajes / día	336	mensajes
N° mensajes /mes	10080	mensajes
Tamaño de cada mensaje	1	KB
Requerimiento MB /mes	10.08	MB

Costo por MB	0.49	Soles
Costo mensual	4.939	Soles

**Tabla III - 5.** Estimación de costos de transmisión de datos por cliente

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 4.5 se enviaría un mensaje entre 4 ó 5 minutos con la información de las mediciones, lo cual se estima 14 mensajes en una hora ó 336 mensajes al día. Si totalizamos en un mes el número total de mensajes sería de 10080. Asumiendo que cada mensaje requiera 1KB de capacidad, se tendría un total de 10.08 MB de requerimiento de transmisión por cliente. De acuerdo a las tarifas de datos Movistar esto equivaldría a un costo mensual de 4.939 soles, aproximadamente S/.5.00.

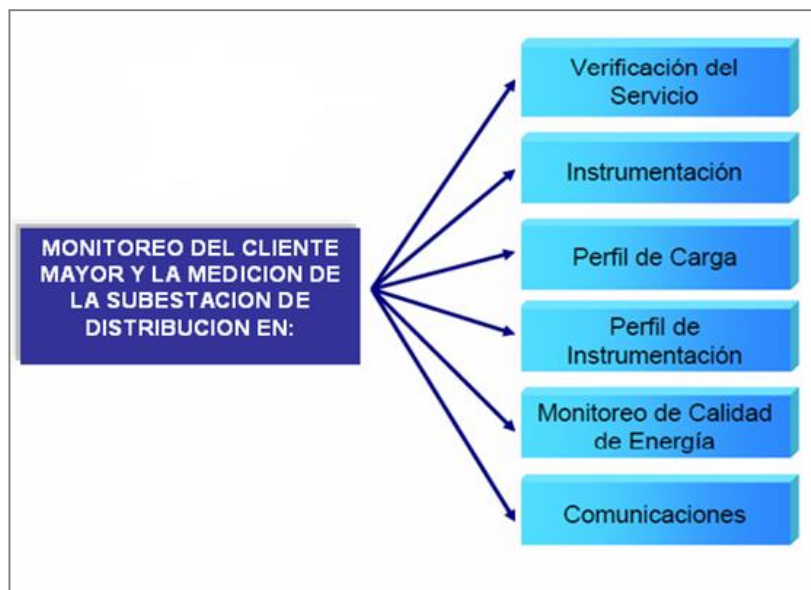
---

<sup>28</sup> Tarifario Movistar, disponible en <http://www.movistar.com.pe/movil/prepago/tarifas-prepago>

### 3.6. Beneficios para CHAVIMOCHIC con la Tele medición en Clientes Mayores

Para CHAVIMOCHIC el poder aplicar la Tele medición utilizando la tecnología inalámbrica Vía Red Celular por GPRS en los clientes mayores, los estaría beneficiando en:

- Controlar la demanda de los Clientes Mayores y su aporte a la disminución de la compra en máxima demanda.
- Balance de Energía disgregando las pérdidas comerciales de las técnicas.
- Toma de Lectura Automática, eliminar recursos para desplazamiento.
- Monitoreo y control de la calidad de la energía.
- Servicio agregado al cliente



**Figura III - 31.** Monitoreo del Cliente Mayor

**Fuente.** Elaboración Propia

### 3.7. Ventajas para el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, mediante la Solución Inalámbrica propuesta.

La aplicación de una solución inalámbrica en el sistema de lecturas de medidores eléctricos tienen las siguientes ventajas:

- a. Capacidad de Comunicación en tiempo real: se va lograr monitorear y controlar el consumo de energía eléctrica de cada usuario, ver también el consumo diario en línea para comprender mejor los hábitos de consumo de cada usuario.

Visualización en tiempo real de:

- Tensión (por fase, por línea, promedio)

- Corriente (por fase, promedio)
- Frecuencia
- Factor de potencia (por fase y promedio)
- Potencia activa, reactiva, aparente (por fase y total)
- Energía activa, reactiva
- Alarmas (Señales digitales de salida)
- Señales de estado
- Estado de conexión de breakers, seccionadores

b. Facturación: podremos tener un mejor control en cuanto a la facturación que se emite mensual a cada usuario, ya que nuestras lecturas realizadas serán en tiempo real, sin correr el riesgo de que estas estén erróneas como sucedía cuando se realizaba la toma de lecturas de manera manual. Por lo que obtendremos facturaciones a corde con el consumo del cliente.

Registro de energía bidireccional:

- KWh entregado, KWh recibido
- KVARh entregado, KVARh recibido
- KVARQ1, KVARQ2, KVARQ3, KVARQ4
- Máxima demanda (Hora Punta, Fuera Punta)
- Registro diferentes períodos tarifarios
- Energía Activa
- Energía Reactiva
- Análisis de Demanda en tiempo real
- Compra de Energía
- Suministro a Clientes

c. Análisis Calidad de Energía: también de manera remota podremos darnos cuenta de algún corte de energía que se produzca en uno o más usuarios, sin necesidad de ir al lugar del hecho. Así podremos también dar informes de manera eficiente y rápida a OSINERMING.

Información requerida por Osinerg

- Registro de Tensión
- Registro de Frecuencia
- Registro de Armónicas (Norma IEC61000-4-7)

- Interrupciones
- Análisis de Fallas
- Transitorios
- Direccionalidad de armónicas
- Oscilografía

d. Reportes: Se podrá obtener la información sobre el consumo de energía eléctrica de manera rápida y eficiente, la cual se encontrara al alcance tanto del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, como de cada usuario.

Generación de Reportes automáticos

- Hojas de cálculo (Macros)
- Integración a otras Base de Datos

Permitir acceso a Clientes

- A través de página Web, de sus respectivos Reportes de Energía.
- Información de Facturación en tiempo real a Clientes.

### 3.8. Estimación de Costos del Proyecto

En la Tabla III-6. Se está estimando un costo aproximado si es que la compra e implementación de los medidores eléctricos, utilizando la tecnología inalámbrica Vía Red Celular por GPRS en los clientes mayores se llegara a concretar.

	<b>Costo</b>
<b>Adecuación del Medidor:</b>	<b>260.00US\$</b>
Tarjeta de Comunicación	185.00US\$
Tarjeta de Instrumentación	75.00US\$
<b>Implementación del Modem:</b>	<b>250.00US\$</b>
<b>Sub Total por Usuario:</b>	<b>510.00US\$</b>
<b>Número de Usuarios:</b>	33
<b>Sub Total por 33 Usuarios:</b>	<b>16,830.00US\$</b>
<b>Gastos Asociados (30%):</b>	<b>5,049.00US\$</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>21,879.00US\$</b>
<b>Tipo de Cambio 2.80 S/.</b>	<b>61,261.20 S/.</b>
<b>Costo en S/ por Usuario</b>	<b>1,856.40S/.</b>

Tabla III - 6. Estimación de costos del proyecto

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1. Otros Gastos fijos

Existen también otros gastos que habrá que asumir, como es el costo del CHIP y costo de contratar un APN privado del operador Movistar. Tener en cuenta que el costo del CHIP es sólo una vez, las recargas son mensuales (ver. **Tabla III-5**) y el pago del APN es anual.

	Costo	Unidad
<b>CHIPS(33)</b>	165.00	S/.
<b>APN</b>	100.00	S/.

**Tabla III - 7.** Gastos fijos en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

<b>Costo del proyecto (S/.)</b>	<b>61,261.20</b>
<b>Otros gastos fijos (S/.)</b>	<b>2080.00</b>
<b>Total de gastos del proyecto (S/.)</b>	<b>63,341.20</b>

**Tabla III - 8.** Gastos totales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

### 3.9. Gastos estimados en el sistema de lecturas

En la **Tabla III-9**, se detallan un aproximado de los gastos mensuales que se realizan en las tomas de lecturas de los medidores eléctricos del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

<b>COSTO MENSUAL / TOMA DE LECTURA A CADA MEDIDOR</b>	<b>Costo de Horas Hombre x Día (S/.)</b>	<b>Nº de Técnicos</b>	<b>Nº de Días</b>	<b>TOTAL (S/.)</b>
		50.00	3	3
	<b>Costo de Combustible x Gal (S/.)</b>	<b>Nº de Gal x Día</b>	<b>Nº de Días</b>	<b>TOTAL (S/.)</b>
	13.72	8	3	329.28
	<b>Costo de Viáticos x Día (desayuno-almuerzo) (S/.)</b>	<b>Nº de Técnicos</b>	<b>Nº de Días</b>	<b>TOTAL (S/.)</b>
	16.00	3	3	144.00
<b>Gasto Total por mes (S/.)</b>				<b>923.28</b>
<b>Gasto Total por año (S/.)</b>				<b>11,079.36</b>

**Tabla III - 9.** Estimación de gastos mensuales por toma de lectura

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.1. Otros Gastos fijos

Además de los gastos mostrados en la **Tabla III-9**, existen otros gastos que están relacionados con la devaluación y mantenimiento de las herramientas y equipos que los trabajadores utilizan en la toma de lectura de los medidores eléctricos.

En la **Tabla III-10** se detalla los gastos por devaluación y mantenimiento que asume el proyecto especial CHAVIMOCHIC, en su sistema de lecturas de medidores eléctricos manera anual.

	<b>Característica</b>	<b>Costo Anual (S/.)</b>
<b>Laptop</b>	Devaluación/Mantenimiento	150.00
<b>Conector Óptico</b>	Mantenimiento	600
<b>Mediciones Erróneas</b>	Según Anexo 2	12,000.00
<b>Camioneta</b>	Devaluación/Mantenimiento	9,500.00
<b>Total</b>		<b>12,350.00</b>

**Tabla III - 10.** Estimación de gastos mensuales por toma de lectura

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.9.2. Gastos Anuales totales

En la **Tabla III-11**, detallamos el gasto estimado de la toma de lecturas anual que tiene el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, con su actual sistema de medición.

<b>Gasto total en el año – toma de lecturas (S/.)</b>	<b>11,079.36</b>
<b>Otros gastos (S/.)</b>	<b>22,525.00</b>
<b>Gastos totales anuales – toma de lecturas (S/.)</b>	<b>33,329.36</b>

**Tabla III - 11.** Total de gastos anuales por toma de lectura

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.10. Retorno de inversión

En la **Tabla III-12**, se muestra el costo total del proyecto versus el costo anual del sistema actual de medidores eléctricos.



<b>Costo del proyecto (S/.)</b>	<b>63,341.20</b>
<b>Costos en sistema actual de lecturas (S/.)</b>	<b>33,329.36</b>

**Tabla III - 12.** Costo total proyecto y del sistema actual de lecturas

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla III-13**, se muestra el retorno de inversión anual que se obtendría al aplicar la tecnología inalámbrica en el sistema de lecturas de medidores eléctricos.

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
<b>Costo sin solución inalámbrica (S/.)</b>	33,329.36	33,329.36	33,329.36
<b>Costo con solución inalámbrica (S/.)</b>	63,341.20	4,849.84	4,849.84
<b>Retorno (S/.)</b>	<b>-30,011.84</b>	<b>-1,532.32</b>	<b>+26,947.2</b>

**Tabla III - 13.** Retorno de inversión por año

**Fuente:** Elaboración propia

El costo con solución inalámbrica para los siguientes años sigue la siguiente formula:

$$\text{Costo Año2} = (\text{Costo Chips} * 33) * 12 \text{ meses} + \text{Costo APN} + (\text{Costo Mantenimiento} * 3 \text{ veces})$$

Siendo el costo de mantenimiento el mismo costo que resultaría de hacer una toma de lectura de los medidores. Ver **Tabla III-9**.

En donde se tiene el siguiente resultado:

$$\text{Costo Año2} = (5 * 33) * 12 + 100 + 923.28 * 3 = \text{S/. } \mathbf{4,849.84}$$

### 3.11. Resultados

En la **Tabla III-14**, se muestra una comparativa de los gastos estimados y otras características antes y después de aplicar una solución inalámbrica.

	<b>Frecuencia</b>	<b>Sin solución inalámbrica</b>	<b>Con solución inalámbrica</b>
<b>Tiempos de Lectura</b>	Mensual	<b>3 Días</b>	<b>5 a 10 Seg.</b>
<b>Depreciación de vehículo</b>	Anual	<b>2,500.00 US\$</b>	<b>625.00 US\$</b>
<b>Costo de personal</b>	Anual	<b>S/. 7,128.00</b>	<b>S/. 1,782</b>
<b>Costo de combustible</b>	Anual	<b>S/. 3,951.36</b>	<b>S/. 987.84</b>
<b>Otros gastos fijos</b>	Anual	<b>S/. 22,250.00</b>	<b>S/. 4,849.84</b>

**Tabla III - 14.** Resultados de estudio, antes y después de la solución inalámbrica

**Fuente:** Elaboración propia

En la **Tabla III-14**, algunos ítems se tomaron de referencia anual y otro mensual, como el caso de tiempos de lectura, ya que las mediciones se hacen mensualmente, el tiempo obtenido es según Anexo 3.

La depreciación del vehículo se considera estimada del total de la depreciación tazada del vehículo, ya que éste, además de ser utilizado en la toma de lecturas, es empleado en otras actividades.

El costo de personal y de combustible sin solución inalámbrica se estimó con los datos de la **Tabla III-9**, pero anualmente. Con solución inalámbrica, se estimó los mismos costos pero estos gastos se asumirían 3 veces al año.

Los valores de costos del ítem Otros gastos fijos, fueron obtenidos de la **Tabla III-8** y **Tabla III-10**, de manera anual.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. Conclusiones

- Se analizó y describió la problemática que existe en la toma de datos de los medidores eléctricos del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, observándose que la solución requerida contempla el uso de tecnología inalámbrica, debido a temas de costos y geografía.
- Se describió de manera breve y concisa las diferentes tecnologías inalámbricas aplicadas en sistemas de medición eléctrica y se sustentó la opción de GPRS-2G como la mejor alternativa elegida principalmente por temas de costos, mantenimiento y cobertura.
- Se realizó el estudio a detalle de la Solución GPRS-2G, recomendando el uso de tarjetas de comunicaciones seriales, módems celulares y servicios adicionales para la integración del sistema al Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.
- Se estimaron indicadores de posibles mejoras en el sistema, observándose que el uso de la solución inalámbrica mejoraría tiempos de lectura, depreciación de vehículos y costos asociados. El aspecto de comparación entre costos y beneficio prevé un retorno de la inversión en 3 años.

## **4.2. Recomendaciones**

- Con este tipo solución, la toma de lecturas en los medidores eléctricos será más exacta y ya no se tendrá un error por defecto o exceso, como cuando se realizaba la toma de lecturas de manera manual.
- Informar al cliente, al cual se le brinda el servicio de energía eléctrica, que el cambio que se va a dar es para mejoras tanto para él como para el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.
- Evitar que al implementar los nuevos equipos no exista un corte de energía por mucho tiempo y menos aún en horas donde existe un mayor consumo de energía, tratar que el cliente no salga perjudicado al momento de la instalación.

# **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### 4.3. Referencias Bibliográficas

#### TESIS

- GÁVEZ, L; FLORÍAN, D. (2006). *Sistema de monitoreo y control de subestaciones eléctricas, orientados a la gestión de la demanda y basada en sistemas de control inteligente*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.
- BERMEJO, F; PACHECO, J; CASTRO, J. (2009). *Lectura, corte y reconexión de energía eléctrica usando la red GSM/GPRS*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil - Ecuador.
- MORALES, D. (2011). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo mediante tele medición del consumo de energía eléctrica de clientes especiales, de la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.* Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador.
- PAZMIÑO, C; ROMERO, D. (2013). *Diseño e implementación de un prototipo para monitoreo y control remoto mediante GPRS, de tableros de medidores comerciales de la empresa eléctrico Riobamba S.A.* Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga. Latacunga - Ecuador.
- AMNER, M.; HIPÓLITO C. (2007); *Diseño de un equipo para indicar el consumo de Energía Eléctrica, en sectores de bajos ingresos, con tecnología de micro controladores*. Universidad de Carabobo, Valencia.

## **AUTOR CORPORATIVO – INFORME**

- CHAVIMOCHIC, (2010). Portal del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. Recuperado el 22 de Agosto del 2013, de:  
<http://www.chavimochic.gob.pe/portal/wfrmInstitucional.aspx>
- CHAVIMOCHIC. (2011). Situación del Sistema de Distribución de Electricidad en la zona de concesión del P.E. CHAVIMOCHIC. Recuperado el 26 de Agosto del 2013, de:  
[http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II\\_Foro\\_regional\\_electricidad\\_Trujillo/Tema%201%20Situacion%20del%20Sistema%20de%20Distribucion%20de%20Electricidad.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II_Foro_regional_electricidad_Trujillo/Tema%201%20Situacion%20del%20Sistema%20de%20Distribucion%20de%20Electricidad.pdf)



# **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### Modelo de Entrevista realizada al Técnico encargado de la “Toma de Lectura de Clientes Mayores” del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC

<b>Operador:</b> <i>Yonel Flores Villena</i>	<b>Área o Departamento:</b> División de Agua Potable y Energía Eléctrica
<b>Objetivo</b> Conocer la cobertura celular, en donde se encuentran ubicados cada uno de los medidores eléctricos.	
<b>Dirigido a:</b> Técnico - Operario	
<b>Preguntas</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Al momento de realizar las lecturas a cada medidor, que medio de comunicación utiliza para mantenerse en contacto con la División de Agua Potable y Energía Eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC?</li><li>2. ¿Solo cuentan con telefonía móvil, para poder comunicarse con la División?</li><li>3. ¿Cuentan con la suficiente cobertura móvil en todas las áreas donde se realizan la toma de lecturas, como para tener constante comunicación con la División de Agua Potable y Energía Eléctrica?</li></ol>	
<b>Resumen</b> <p>El único medio de comunicación con el que cuentan los Técnicos encargado de las “Tomas de Lecturas en los Medidores Eléctricos” es el celular, ya que la cobertura con la que cuentan en las áreas donde están ubicados los medidores no es la suficiente como para tener una comunicación fluida vía radio, es por eso que a cada uno de los técnicos encargados de las lecturas se les ha asignado un equipo celular-movistar, para así facilitarles la comunicación en caso surja algún tipo de percance.</p>	

## ANEXO 2.

### “Modelo de Entrevista realizada al Jefe de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica”

<b>Operador:</b> <i>Ing. Luis Pretell Romero</i>	<b>Área o Departamento:</b> División de Servicios Hidroeléctricos
<b>Objetivo</b> Consultar la necesidad de una mejora en la Toma de Datos de manera Inalámbrica para los Medidores Eléctricos.	
<b>Dirigido a:</b> Jefe de la División de Agua Potable y Energía Eléctrica	
<b>Preguntas</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Con que tipo de medidores cuentan los usuarios?</li><li>2. ¿Están interesados en buscar una mejora para que la Toma de Lecturas sea de manera inalámbrica?</li><li>3. ¿Por qué no se eligió la Solución Satelital?</li><li>4. ¿Existe confiabilidad en cuanto a las lecturas entregadas por los operadores?</li><li>5. ¿En cuánto se estima la pérdida económica por mala toma de lecturas al momento de la facturación de los usuarios?</li><li>6. ¿Qué equipos utilizan para la toma de lecturas?</li></ol>	
<b>Resumen</b> <p>Los usuarios a los cuales el Proyecto CHAVIMOCHIC brinda servicio de Energía Eléctrica cuentan con medidores eléctricos marca ELSTER y ABB, estos se diferencian en la robustez de los mismos; es decir estos son ubicados según el tipo de zona en donde esté ubicado el usuario, la marca Elster es utilizado en zonas más agresivas y de difícil acceso, es por eso que CHAVIMOCHIC, ha venido buscando una solución eficaz y económica con la que se puedan lograr la “Toma de Lecturas” de manera Inalámbrica y así evitar gastos excesivos en poder realizar estos trabajos mensualmente y principalmente poder evitar exponer a los operarios encargados de la “Toma de Lecturas”, inicialmente se planteó una solución satelital, pero al realizar el estudio, constatarían que la solución es demasiada cara, es por lo que aún siguen en busca de una solución inalámbrica que los beneficie en la “Toma de Lecturas de los Medidores Eléctricos”.</p> <p>La toma de lecturas que realizan los operadores mensualmente, no son confiables debido a que muchas veces al ser analizados por área de Ingeniería, estos llegan a</p>	

obtener resultados absurdos, por lo que se estima que mensualmente se pierde aproximadamente S/.1,000.00 por la facturación de todos los usuarios, como el monto es mínimo, éste se hace imperceptible frente al monto total de facturación mensual que se realiza.

No podemos dejar de lado el deterioro contante que sufren los equipos con los que se realizan la toma de lecturas, como por ejemplo el conector óptico, el cual tiene que ser enviado a mantenimiento cada 6 meses, teniendo un costo aproximado de S/.300.00, también la laptop es manipulada constantemente, la que según los análisis realizados se devalúa S/.100.00 anuales y también tiene un mantenimiento anual, que está presupuestado en S/.50.00 anuales.

### ANEXO 3.

#### Modelo de Entrevista realizada al Supervisor Técnico Comercial encargado del “Sistema de Potencia y Clientes Mayores”

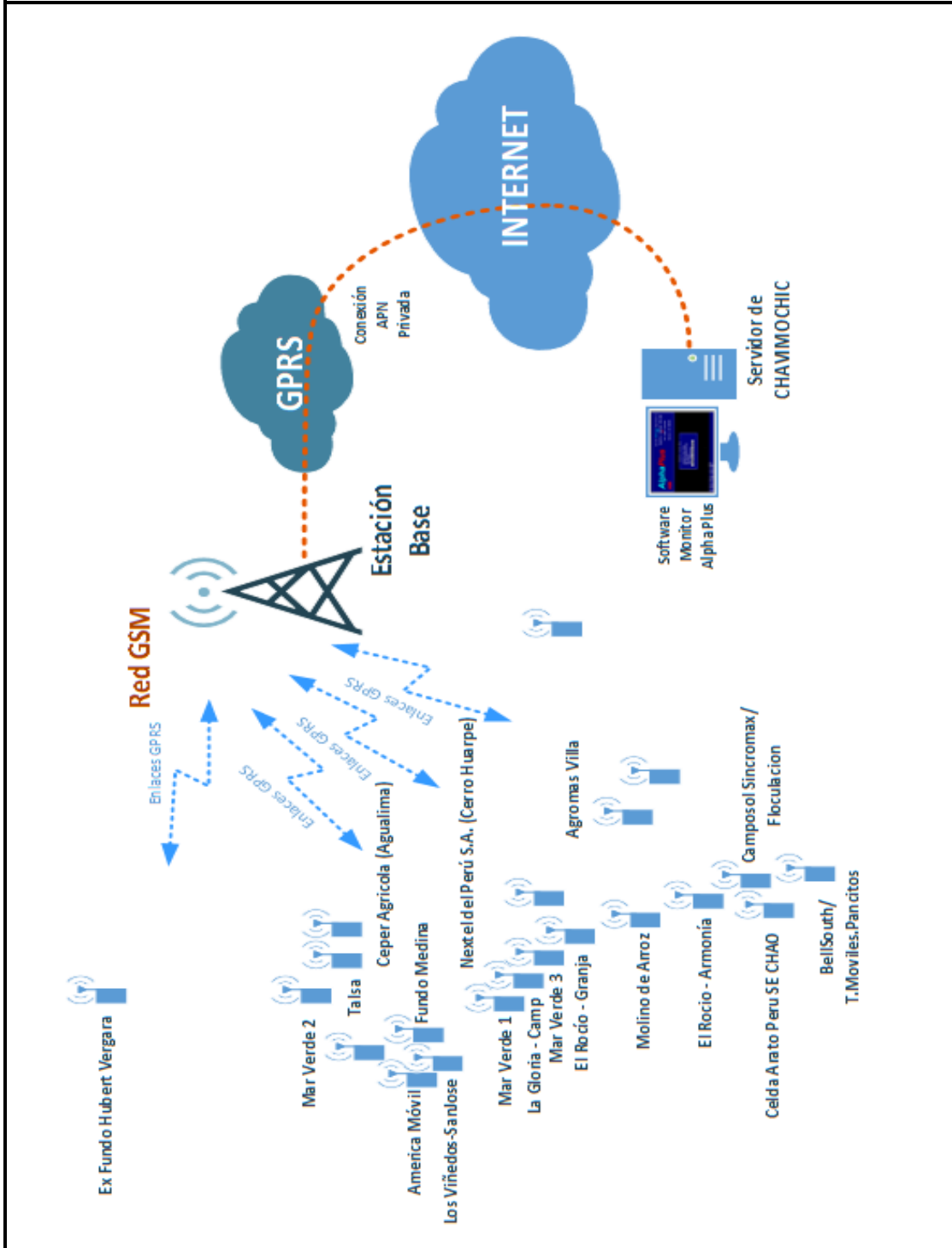
<b>Operador:</b> <i>Nick Puccio Pasapera</i>	<b>Área o Departamento:</b> Operaciones
<b>Objetivo</b> Tener conocimiento de la solución Inalámbrica con la que cuenta Hidrandina y los beneficios de la misma.	
<b>Dirigido a:</b> Supervisor Técnico Comercial	
<b>Preguntas</b>  <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Por qué es mejor una solución inalámbrica, para la lectura de los medidores eléctricos?</li><li>2. ¿Por qué se optó por la solución inalámbrica Vía Red Celular?</li><li>3. ¿De qué manera beneficia a la entidad este tipo de solución?</li><li>4. ¿Qué tipo de modem GPRS utiliza Hidrandina?</li></ol>	
<b>Resumen</b>  El Supervisor Técnico Comercial de la Empresa de Hidrandina, nos manifestó, como es que realizan ellos la “Toma de Lecturas en los Medidores Eléctricos” , por lo que ellos ya pudieron establecer una solución inalámbrica para cada uno de los usuarios a los cuales les brindan servicio, optaron por la Red Celular, ya que cuenta con una muy buena cobertura, velocidad (con un resultado de tiempo de lectura de 5 a 10 segundos, que es suficiente para una lectura remota) el costo no es muy elevado, y es bastante accesible para ellos, beneficiando así en varios aspectos a la empresa. Los módems utilizados por Hidrandina son los Modem Enfora, los cuales son de bajo costo, y de fácil configuración, estos reciben mantenimiento 3 veces por año.	

#### ANEXO 4.

### Diseño de conexiones GPRS aplicado a los medidores del Proyecto CHAVIMOCHIC

Descripción:

El mapa muestra las conexiones GPRS creados por cada medidor; atraviesan la red utilizando un APN privado llegando así al servidor de Chavimochic a través de internet.



## ANEXO 5.

### Modelo de Entrevista realizada al Técnico Mecánico del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

<b>Operador:</b> <i>Jóse Carrera Mestanza.</i>	<b>Área o Departamento:</b> Operaciones
<b>Objetivo</b> Saber cuánto se está desvalorando anualmente la camioneta que es usada para la toma de lecturas de los medidores de energía eléctrica del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.	
<b>Dirigido a:</b> Supervisor del Área Mecánica.	
<b>Preguntas</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Quiénes son las personas encargadas de brindarnos datos sobre la devaluación de las camionetas en el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC?</li><li>2. ¿Por cuánto es que se ha tasado la camioneta TOYOTA, utilizada para la toma de lecturas?</li><li>3. ¿Cada cuánto tiempo se le da mantenimiento a la camioneta que es utilizada para la toma de lecturas?</li><li>4. ¿Cuánto sería la estimación del costo anual del mantenimiento de la camioneta?</li></ol>	
<b>Resumen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Las devaluaciones de las camionetas las realizamos nosotros mismos, se realiza de manera anual, según área y lugar en las que ésta son utilizadas.</li><li>- En el caso de la camioneta que es utilizada para la toma de lecturas, esta es bastante maltratada, es expuesta a zonas de difícil acceso, por lo que según lo analizado, esta camioneta anualmente se devalúa en \$2,500.00.</li><li>- El mantenimiento que se le da a la camioneta en la toma de lecturas es cada 6 meses, debido a que también es utilizada en otras actividades.</li><li>- El gasto anual aproximado que se realiza en el mantenimiento de dicha camioneta es aproximadamente S/. 2,500.00.</li></ul>	