

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Janneth Lucía Lucio Anaguano  
Ing. Rodolfo Gordillo Orquera  
Ing. Wilson Yepez Vásquez

**Resumen.- EQUIPOIL INGENIERÍA, COMERCIO Y REPRESENTACIONES S.A. es una compañía ecuatoriana radicada en la ciudad de Quito, que se dedica al asesoramiento, capacitación e instalación de equipos para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en zonas industriales del país.**

La empresa EQUIPOIL S.A. vio la necesidad de implementar un sistema piloto de monitoreo de parámetros eléctricos, debido a que las distintas estaciones de telecomunicaciones del país, requieren un sistema que permita monitorear continuamente los cambios eléctricos, que puedan presentarse e influir en el buen comportamiento de los equipos destinados a realizar los enlaces de comunicación con otras estaciones.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto busca solucionar los inconvenientes presentados en las compañías de telecomunicaciones, brindando un piloto de un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos de forma remota, el cual ayudará en la detección de errores que se encuentren en las líneas de suministro eléctrico de baja tensión que abastecen energía a todo el sistema de comunicaciones en las estaciones.

Este prototipo está conformado por dos partes:

- Hardware: equipos medidores de parámetros eléctricos
- Software: interfaz humano-máquina (HMI)

El presente proyecto piloto podrá monitorear los parámetros eléctricos en tiempo real de forma remota, es decir, se podrán observar todos los cambios que se estén produciendo en las líneas de alimentación de energía eléctrica, sin tener la necesidad de que el personal de mantenimiento se encuentre en la estación de telecomunicaciones.

## II. MARCO TEÓRICO

Un sistema de monitoreo son sistemas integrales que se encuentran conformados por hardware y software, los mismos que deben trabajar de forma conjunta a fin de crear sistemas que administren y permitan el intercambio de información remota de los equipos instalados para la adquisición de parámetros eléctricos.

Características de Sistemas de Monitoreo

- “Identificación y registro de eventos, tales como: falta de disponibilidad de un equipo o recurso y violaciones a los umbrales de operación definidos.
- Identificación de degradaciones en el desempeño del sistema que provocan problemas o tiempos de respuesta lentos.
- Registro de los eventos identificados.
- Emisión de reportes mensuales de eventos.

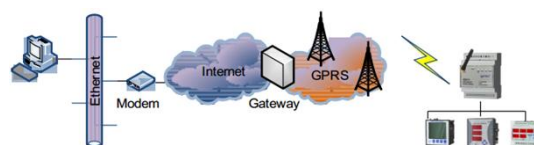


Figura 1: Red de Comunicación

## 2.1. Parámetros Eléctricos

En el sistema de monitoreo los parámetros eléctricos que van a ser monitoreados son los siguientes:

- Voltaje
- Corriente
- Potencia
- Factor de Potencia
- Total de Distorsión Armónica

## 2.2. Redes de Comunicación de Los Equipos

En el sistema de monitoreo los tipos de protocolos de comunicación y estándares de comunicación que se van a utilizar son:

### 2.2.1. Estándar de Comunicación RS-485

“El estándar RS-485 es compatible con las versiones anteriores de RS-422; sin embargo, está optimizado para aplicaciones de línea compartida o multipunto.

Soporta conexiones con longitudes de cable de hasta 1200 metros.

Puede llegar a velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps.

Permite conectar 32 transmisores y 32 receptores.”<sup>1</sup>

### 2.2.2. Protocolo Modbus

“Modbus es un protocolo de comunicación serie desarrollado y publicado por Modicon en 1979, el más utilizado en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización”<sup>2</sup>

La transmisión con el protocolo Modbus es sencilla, ya que se conectan distintos equipos electrónicos a un solo bus, en este bus de comunicación existe un maestro (Master) y varios equipos que trabajan como esclavos (Slaves). El funcionamiento posee una base muy sencilla: el maestro pregunta y

los esclavos responden, cabe recalcar que solo uno de los esclavos puede hacerlo.

### 2.2.3. Ethernet

Es la tecnología LAN (Red de área local) más utilizada, es un grupo de computadores conectados a un área localizada para comunicarse entre sí y compartir recursos.



Figura 2: Ejemplo topología Ethernet

## 2.3. Características Generales de los Equipos

### 2.3.1. Analizador de Red

Miden una gran variedad de parámetros eléctricos, con el principal objetivo de obtener el control y la gestión de una instalación, máquina, industria, etc.

### 2.3.2. Transformadores de Corriente

“Son transformadores en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan tres tipos de funciones: transformar la corriente, aislar los instrumentos de protección y escalamiento de valores de corriente.

### 2.3.3. Conversor de Comunicación

“Se trata de un módulo que permite la comunicación desde Ethernet TCP/IP a RS-485. Es un Modbus gateway que ofrece la máxima flexibilidad para integrar redes Modbus.”<sup>4</sup>. Permite integrar dispositivos que trabajan como maestro y esclavo Modbus TCP, ASCII y RTU.

### III. ANÁLISIS Y DISEÑO

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos desarrollado será implementado en estaciones de telecomunicaciones, en donde se ubicarán los equipos de la siguiente manera como se observa en la tabla 1.

Punto de Medición	Ubicación	Voltaje	Corriente	Circuito
1	Entrada a medidor de energía	220 VAC	100 A	Trifásico, neutro y tierra
2	Tablero de distribución principal	220 VAC	100 A	Trifásico, neutro y tierra
3	Entrada a planta de energía	220 VAC	60 A	Trifásico, neutro y tierra
4	Tablero de cargas DC	48 VDC	100 A	Positivo y negativo

Tabla 1: Puntos de Medición en la Estación de Telecomunicaciones

#### 3.1. Dimensionamiento y Distribución de Equipos

Tomando en cuenta las características de cada punto de medición; para realizar el monitoreo remoto completo se necesitan los siguientes equipos:

Punto de Medición	Equipo
1	Analizador de Red
2	Analizador de Red
3	Analizador de Red
4	Voltímetro y Amperímetro DC

Tabla 2: Ubicación de Equipos en los Puntos de Medición

Para la implementación del prototipo del sistema de monitoreo se utilizó los equipos de la marca ENTES:

- Analizador de red MPR63-20 marca ENTES
- Transformadores de corriente CT. 25 marca ENTES
- Convertidor MODBUS GEM-10 marca ENTES

### 3.2. Diseño de la Arquitectura del Hardware del Sistema

La arquitectura del hardware instalado para el sistema de monitoreo remoto está estructurado de la siguiente manera:

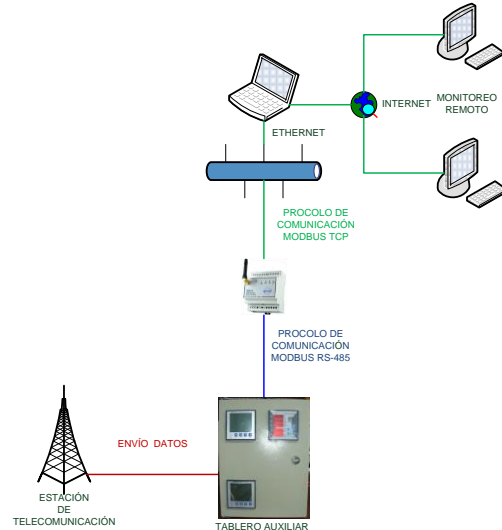


Figura 3: Diagrama del Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo que se desarrolló quedó conformado por lo siguiente:

- Hardware



Figura 4: Panel de Analizadores de Red

Parte física del sistema de monitoreo, se colocaron tres analizadores de red con diferentes características dentro de un panel auxiliar como se visualiza en la figura 4.

El monitoreo de los parámetros eléctricos se podrá realizar de forma local y remota.

**Local:** se pueden visualizar todos los parámetros eléctricos mediante los displays que poseen los analizadores de red.



Figura 5: Panel de Analizadores de Red - Vista Frontal

**Remota:** se observan todos los parámetros eléctricos en la interfaz humano-máquina (HMI).



Figura 6: Pantalla Principal de HMI

- **Software**

Se desarrolló una interfaz humano-máquina (HMI) para la visualización de los parámetros eléctricos, gráficas, alarmas e históricos. Éstos serán de gran utilidad para la prevención y corrección de errores.

La interfaz humano-máquina (HMI) se implementó en el software INTOUCH de WONDERWARE.

### 3.3. Diseño del Software del Sistema

#### 3.3.1. Arquitectura

Cumpliendo con las normas GEDIS, la arquitectura del sistema de monitoreo consta de 3 niveles jerárquicos, los cuales se encuentran relacionados entre sí, como se muestra en la Figura 7.

En el diagrama se encuentran todos los accesos que se realizaron para una navegación interactiva y sencilla.

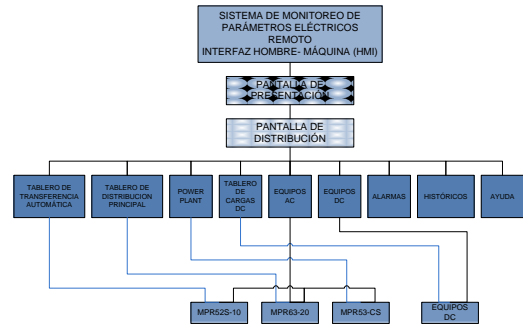


Figura 7: Arquitectura de Interfaz Humano-Máquina

#### 3.3.2. Distribución de las Pantallas

La guía GEDIS nos indica que uno de los pasos importantes en el diseño de la Interfaz humano-máquina, es definir todos los tipos de pantallas que serán utilizadas para el control y supervisión del sistema, así mismo se deberá desarrollar las plantillas para cada una de ellas

- **Pantalla Principal**

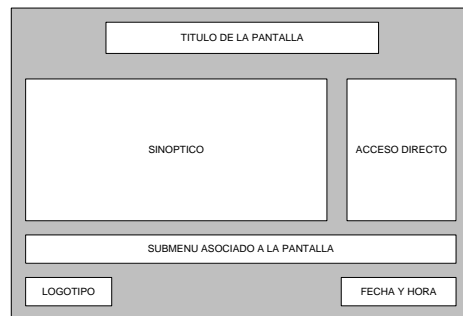


Figura 8: Distribución de Pantalla Principal de HMI

La pantalla principal se diseñó de la siguiente forma, permitiendo el acceso a todas las pantallas de una manera sencilla y rápida; por medio del submenú, los accesos directos y la selección de cada equipo en el sinóptico de la pantalla.

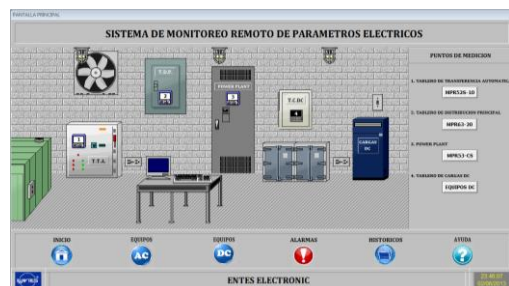


Figura 9: Pantalla Principal de HMI

- **Pantalla de Equipos de Corriente Alterna (AC)**

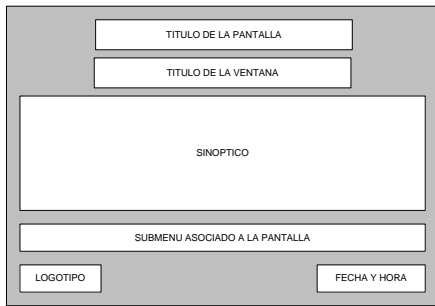


Figura 10: Distribución Pantalla Equipos AC de HMI

El sinóptico de la pantalla cuenta con una descripción gráfica de los analizadores de red, en donde se observan los parámetros eléctricos más importantes (Voltajes, corrientes y potencias).

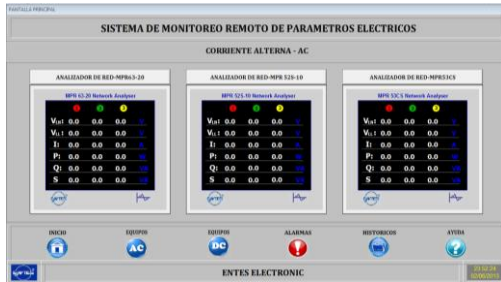


Figura 11: Pantalla de Equipos AC

- **Pantalla de Equipos de Corriente Directa (DC)**

La distribución de la pantalla de equipos de corriente directa (DC) es similar a la distribución de la pantalla de los equipos de corriente alterna (AC).

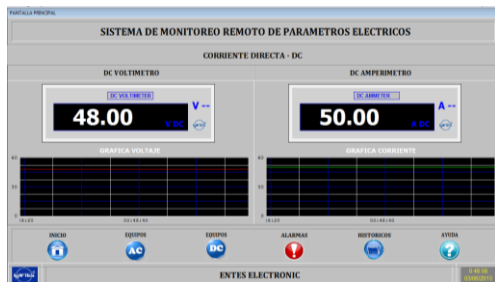


Figura 12: Pantalla Equipos DC

- **Pantalla de Alarmas**

En el sinóptico se encuentran todas las alarmas que se pueden presentar en el sistema dividido en equipos AC y DC.

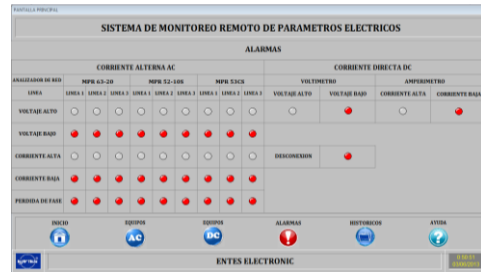


Figura 13: Pantalla de Alarmas

- **Pantalla de Históricos**

El sinóptico solo cuenta con el cuadro donde se observan las alarmas que se están generando y las que se corrigieron.



Figura 14: Pantalla de Históricos

- **Pantalla de Ayuda**

En el sinóptico de la pantalla se encuentra un documento en PDF, que muestra el manual de usuario de la HMI del sistema.



Figura 15: Pantalla de Ayuda

### 3.4. Sistema de Comunicación

Para la implementación del sistema de monitoreo remoto de parámetros eléctricos, se creó un sistema de comunicación con la ayuda de algunos programas que permitieron comunicar todos los equipos a la interfaz humano-máquina.

La comunicación entre MODBUS TCP con la HMI implementada en el programa INTOUCH, se realizó con la ayuda del

programa MBENET del I/O Server de WONDERWARE.

### 3.4.1. Configuración del I/O Server MBENET

MBENET es un I/O Server de Wonderware, actúa como servidor de comunicación, ya que permite el acceso a los equipos con comunicación MODBUS TCP desde las aplicaciones de Windows.

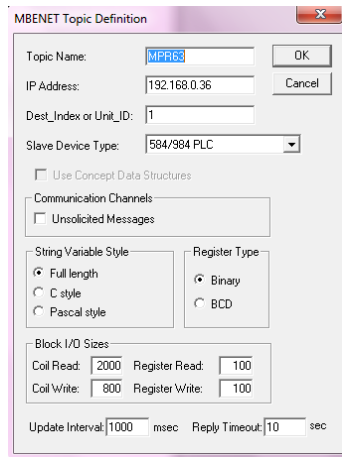


Figura 16: Configuración del Primer Tópico del I/O Server de Wonderware

Los tres tópicos de los analizadores de red se encuentran configurados como se observa en la tabla 3.

Unit_ID	Topic	IP Address	Analizador de Red
1	MPR63	192.168.0.36	MPR 63-20
2	MPR52S-10	192.168.0.36	MPR 52S-10
3	MPR53CS	192.168.0.36	MPR 53 CS

Tabla 3: Información de Tópicos

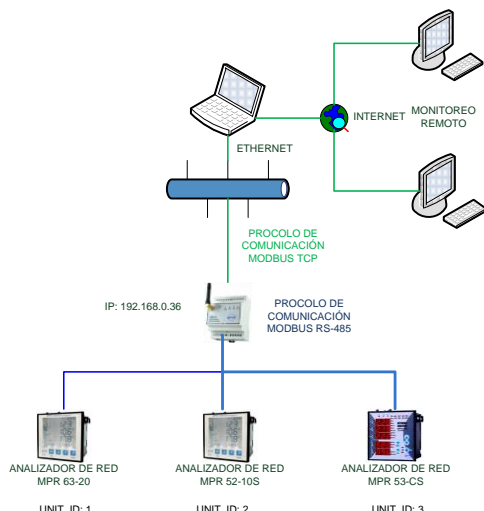


Figura 17: Diseño de Arquitectura de MODBUS TCP

### 3.4.2. Configuración del Access Name en Intouch

Para completar la comunicación entre MODBUS TCP con la HMI, en la ventana del Access Name del programa INTOUCH se declaró todos los tópicos que fueron creados en el programa I/O Server MBENET.

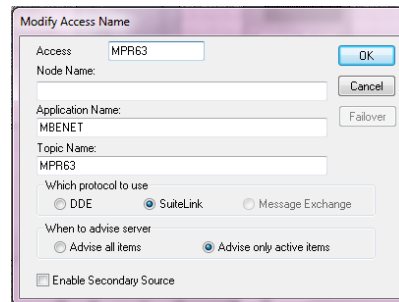


Figura 18: Configuración del Primer Access Name en Intouch

### 3.4.3. Configuración de Team Viewer

Team Viewer es un programa para ordenadores, que tiene como función principal realizar una conexión de forma remota con otros equipos.

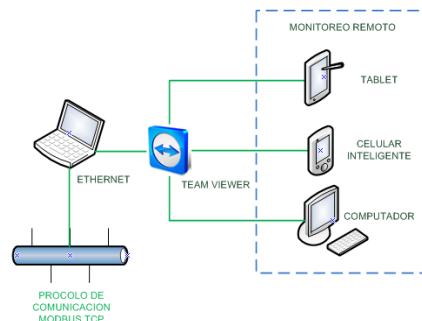


Figura 19: Sistema de Monitoreo Mediante el Software Team Viewer

## IV. PUESTA EN MARCHA

### 4.1. Pruebas de Comunicación

#### 4.1.1. Interfaz WEB de Conversor GEM-10

La verificación de la correcta configuración del conversor GEM-10 se realizó probando el acceso mediante la interfaz WEB, que posee el dispositivo.



Figura 20: Configuración de Dispositivo Mediante Interfaz WEB

#### 4.1.2. Verificación de Comunicación - CMD

Se realizó mediante la pantalla de comandos-CMD; utilizando un ping continuo con la dirección IP del dispositivo (192.168.0.36), se observó la respuesta por parte del conversor GEM-10.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 192.168.0.36 -t
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Equip0113>ping 192.168.0.36 -t
Haciendo ping a 192.168.0.36 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.36: bytes=32 tiempo=1m TTL=64

```

Figura 21: Pantalla de comandos - CMD

#### 4.2. Pruebas de Medida de Parámetros Eléctricos

Las pruebas que se efectuaron para la verificación de las medidas de parámetros eléctricos fueron las siguientes:

- Adquisición y visualización de parámetros eléctricos en displays de analizadores de red.



Figura 22: Visualización de voltajes y corrientes en analizadores de red

- Monitoreo de parámetros eléctricos mediante interfaz humano-máquina

#### - Equipos de Medición AC

En la figura 23 se observan los valores de voltajes de los tres analizadores de red.

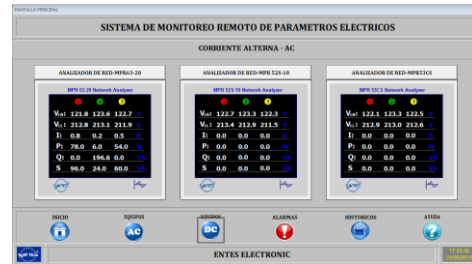


Figura 23: Pantalla Equipos de Medición AC

#### Analizador de Red N° 1 - MPR 63-20

Se presentan todos los parámetros eléctricos, además se visualizan las gráficas de formas de onda de voltaje y corriente de las líneas de alimentación.

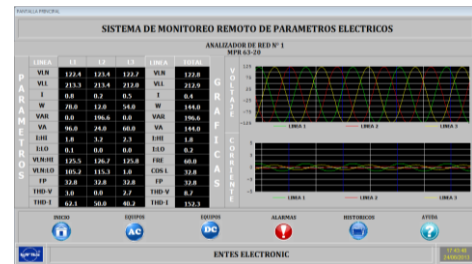


Figura 24: Pantalla Analizador de Red N° 1

#### 4.3. Monitoreo Remoto Mediante Computador

En la figura 4.14 se observa la pantalla principal de la interfaz humano-máquina que monitorea el sistema de parámetros eléctricos.



Figura 25: Monitoreo Remoto Computador - Pantalla Principal

#### 4.4. Pruebas de Funcionamiento

La versatilidad y funcionalidad del sistema de monitoreo que se implementó

en este proyecto, se comprueba realizando una comparación con un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos portátil, es decir, se muestra como un analizador de red portátil entrega los mismos datos que el sistema desarrollado, pero sin la ventaja de poder monitorear remotamente desde cualquier sitio y momento.

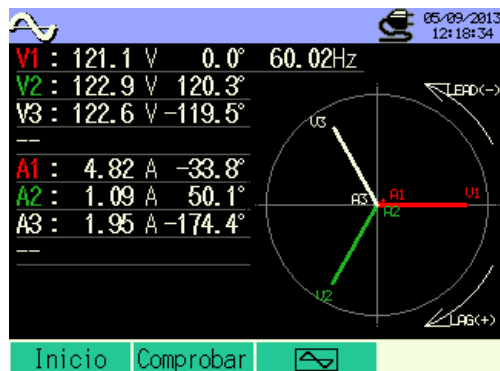


Figura 26: Voltajes y corrientes en analizador de red portátil

## V. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de monitoreo remoto de parámetros eléctricos que permite supervisar y llevar un control del comportamiento de la energía que es suministrada a un sistema de telecomunicaciones.
- Con el prototipo desarrollado se pretende implementar un sistema de mantenimiento proactivo, el cual permitirá observar cómo llega la alimentación eléctrica a cada equipo y de esta manera monitorear los inconvenientes que puedan presentarse en las líneas de alimentación, con el fin de corregirlo para alargar la vida útil de los dispositivos.
- El sistema desarrollado permite monitorear remotamente los parámetros eléctricos desde un ordenador, una tablet o teléfono inteligente.
- La comunicación de los equipos se realizó mediante el protocolo normalizado MODBUS TCP y MODBUS 485.

- La interfaz humano-máquina se desarrolló en el software INTOUCH de WONDERWARE, su diseño se lo realizó siguiendo la Guía de Diseño de Interfaz GEDIS, en ella se presentan pantallas de Equipos AC, Equipos DC, Alarmas, Históricos y Ayuda.
- Cada pantalla de los analizadores de red de la interfaz humano-máquina cuenta con la descripción de los parámetros eléctricos y las gráficas de formas de onda de voltaje y corriente.
- Se desarrolló en la HMI la pantalla de equipos DC, pero los dispositivos no fueron instalados por problemas en el envío.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [http://www.cimco.com/docs/cimco\\_dnc-max/v6/es/#SerialComStandards](http://www.cimco.com/docs/cimco_dnc-max/v6/es/#SerialComStandards) (2012)
- [2] <http://www.modbus.org/>
- [3] García F. (2011). Video vigilancia: CCTV usando vídeos IP (4ta ed.). España: Vértice.
- [4] <http://www.sumelco.com/index2.php>

## VII. BIOGRAFÍA

### *Janneth Lucía Lucio Anaguano*

Nace el 15 de Diciembre de 1989, en la ciudad de Quito – Ecuador. Sus estudios secundarios los realizó en la “Unidad Educativa Santa María Eufrasia”, donde se graduó con el título de bachiller Físico Matemático en el año 2007.

Obtuvo el título de Ingeniera electrónica especialidad Automatización y Control en la Escuela Politécnica del ejército en el año 2013.

### *Rodolfo Gordillo*

Es Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones graduado en la Escuela Politécnica del Ejército en el año de 1996, Obtuvo su Masterado en



Ingeniería Electrónica en el año 2008 en la misma institución.

Actualmente es Coordinador de Investigación de su Departamento y profesor tiempo completo en el Área de Automática y Robótica. Sus intereses investigativos radican en las redes de comunicación industriales, comunicaciones inalámbricas y los sistemas de control avanzados.

***Wilson Yopez***

Es Ingeniero en Electrónica graduado en la Escuela Politécnica del Ejército.

Actualmente es Coordinador de Investigación de su Departamento y profesor tiempo completo en el Área de Maquinas Eléctricas.