

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño de un sistema de monitoreo de parámetros para una subestación
eléctrica

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Telemática

Presentado por:

Hugo Cruz Jorge Luis

Rugel Ayala Pablo Elías

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestros familiares por apoyarnos constantemente en la etapa universitaria dándonos sus mejores deseos para culminar nuestra carrera satisfactoriamente y con grandes logros. Al docente por transmitirnos sus conocimientos obtenidos a través de su vida profesional.

A nuestros compañeros de curso por compartir sus conocimientos y así permitir que pudiéramos mejorar nuestro proyecto de una manera significativa.

Rugel Pablo

Hugo Jorge

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por el apoyo durante los años de estudio de mi carrera universitaria y a los profesores de ESPOL por brindarme una educación de calidad.

Rugel Pablo

Agradezco a Dios por guiarme en el camino a mi carrera profesional, a mis padres que me motivaron en cada etapa de mi vida hasta ahora, a mis profesores pilares fundamentales en mi aprendizaje, y al pueblo ecuatoriano que contribuye con su diaria labor, a que la educación sea cada día más accesible.

Hugo Jorge

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jorge Hugo y Pablo Rugel* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jorge L. Hugo C.

Pablo E. Rugel A.

EVALUADORES

.....
PhD. Gabriel Astudillo

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ing. Néstor Arreaga

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal presentar una propuesta viable que resuelva la problemática en la subestación eléctrica ESPOL, empleando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

Se realizó una investigación empírica donde se obtuvieron datos experimentales, los cuales fueron de gran ayuda para identificar el diseño adecuado para la comunicación a través de Internet y asegurar el acceso desde cualquier sitio. De igual manera, se espera la optimización de los recursos disponibles en la subestación eléctrica, ayudando tanto a la reducción de costos como a la identificación de posibles problemas energéticos.

En el Capítulo 1 se analiza el problema en detalle abarcando el estudio de los equipos, determinando objetivos generales y específicos proponiendo soluciones en base al marco teórico que se desarrolla a lo largo del proyecto. El problema identificado luego de realizar un análisis sintético es el difícil acceso a la información de los parámetros en la subestación de la Escuela Superior Politécnica de Litoral.

Mediante el estudio de la propuesta viable de sistema de comunicación inalámbrica, el proyecto identifica los equipos y materiales disponibles para establecer enlaces que permitan la comunicación entre las entidades: Unidad de Mantenimiento y la Subestación eléctrica en la ESPOL.

Una vez configurados los equipos se realizaron las pruebas en el campo, valiéndonos de herramientas de medición para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos. Para el efecto se utilizó un aplicativo móvil (Android) libre que analiza la calidad de las señales en el medio, así como la instalación de antenas y enrutadores. En el último capítulo se destacan los principales resultados obtenidos y se plantean recomendaciones a seguir en futuras instalaciones del proyecto.

Palabras Claves: Internet, Relé TPU, Raspberry Pi 3, Enrutador, Antena Omnidireccional.

ABSTRACT

The main objective of this titling work is to present a viable proposal that solves the problem in the ESPOL electrical substation, using the knowledge acquired throughout the career.

An empirical research was carried out where experimental data were obtained, which were of great help to identify the adequate design for communication through the Internet and access to access to any site. Similarly, optimization of the resources available in the electrical substation is expected, helping to reduce costs such as the identification of potential energy problems.

In Chapter 1, the problem is analyzed in detail, embracing the study of the teams, determining general and specific objectives, proposing solutions based on the theoretical framework that is developed throughout the project. The problem identified after making a synthetic analysis is the difficult access to the information of the parameters in the substation of the Polytechnic School of Litoral (ESPOL)

By studying the viable proposal of a wireless communication system, the project identifies the equipment and materials available for the link that allows communication between the entities: Maintenance Unit and the Electrical Substation in ESPOL.

Once the equipment was configured, the tests were carried out in the field, using measurement tools to verify the correct functioning of each of the equipment. For this purpose, a mobile device (Android) was used to analyze the quality of the signals in the medium, as well as the installation of antennas and routers.

In the last chapter, the main results are highlighted and recommendations are made to continue in future project facilities.

Keywords: Internet, TPU Relay, Raspberry Pi 3, Router, Omnidirectional Antenna.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	V
RESUMEN.....	VI
<i>ABSTRACT</i>	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPÍTULO 1	13
1. Introducción	13
1.1 Descripción del problema	14
1.2 Justificación del problema.....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivo Específicos.....	15
1.4 Marco teórico	15
CAPÍTULO 2.....	18
2. Metodología	18
2.1 Investigación del terreno.....	18
2.2 Diseño del sistema de comunicación.....	20
2.3 Descripción de Herramientas de Hardware	21
2.3.1 Enrutador inalámbrico Wireless-G Linksys WRT54GL.....	21
2.3.2 Antena Cisco Omnidireccional AIR-ANT1728	21
2.3.3 Raspberry Pi 3 Modelo B	22
2.3.4 Unidad de protección del transformador	22
2.4 Descripción de Herramientas de Software.....	23

2.4.1	Team Viewer	23
2.4.2	Raspbian	24
2.4.3	AQtivate 300	24
2.5	Configuración del enrutador.....	24
2.5	Configuración del raspberry pi 3	27
2.6	Protección y medidas de seguridad	28
2.6.1	Cambio de contraseña por defecto	28
2.6.2	Cambio de usuario	28
2.6.3	Desactivar puerto SSH.....	29
2.6.4	Instalar UFW como cortafuegos	29
CAPÍTULO 3.....		30
3.	Resultados	30
3.1	Análisis de resultados	30
3.1.1	Prueba con alcance de enrutador	30
3.1.2	Transmisión y recepción de datos.....	30
3.1.3	Visualización de datos.....	31
3.1.4	Seguridad a nivel remoto	31
3.2	Análisis de costos / de implementación	32
CAPÍTULO 4.....		34
4.	Conclusiones y Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA.....		36
ANEXOS.....		37

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIEC	Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
TPU	Transformer Protection Unit
IP	Internet Protocol
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNP	Distributed Network Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
ABB	Asea Brown Boveri
IED	Intelligent Electronic Device
WI-FI	Wireless Fidelity
MIMO	Multiple Input Multiple Output
RF	Radio Frequency
AIR-ANT	Aironet Antenna
SRP	Secure Remote Password
SSH	Secure SHell
UFW	Uncomplicated Firewall
SSID	Service Set Identifier
EMC	Electro Magnetic Compatibility
POSIX	Portable Operating System Interface
RP-TNC	Reverse Polarity Threaded Neill-Concelman

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distancia entre los edificios	19
Figura 2 Esquema del sistema de comunicación.....	20
Figura 3 Enrutador inalámbrico Wireless-G Linksys WRT54GL	21
Figura 4 Antena Cisco Omnidireccional AIR-ANT1728.....	22
Figura 5 Raspberry Pi 3 Modelo B	22
Figura 6 Relé TPU2000R.....	23
Figura 7 Menú principal con datos de la red	24
Figura 8 OpenWrt	25
Figura 9 OpenWrt-Configuración modo cliente	25
Figura 10 OpenWrt – Configuración de credenciales	26
Figura 11 OpenWrt – Configuración de IP	26
Figura 12 OpenWrt – Configuración de Red Local	27
Figura 13 Configuración de dirección IP estática en Raspberry Pi	28
Figura 14 Configuración contraseña en Raspberry Pi	28
Figura 15 Configuración de nuevo usuario en Raspberry Pi.....	29
Figura 16 Configuración de puerto en Raspberry Pi.....	29
Figura 17 Configuración de cortafuegos en Raspberry Pi	29
Figura 18 Redes visibles del enrutador.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estudio del terreno.....	19
Tabla 2 Costos de radio enlace	32
Tabla 3 Costos de comunicación inalámbrica.....	32
Tabla 4 Comparación de propuestas	32
Tabla 5 Plan de pruebas.....	33

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Se conoce como telemetría a la técnica que permite la monitorización, medición y/o seguimiento de magnitudes físicas o químicas a través de datos, que son transferidos a una unidad central de control. Esta técnica implementa la transmisión inalámbrica, sin embargo, hay otras opciones tales como: redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, radio enlace, entre otras. Cabe resaltar que estos sistemas constan de 3 etapas principales: medición de la magnitud física, el canal de comunicación y dispositivos de control.

La telemetría es usada en áreas muy diversas que van desde el automovilismo, aviación, pasando por la agricultura, industria del petróleo, medicina, biología y seguridad remota en la cual vamos a centrar nuestra atención.

En la actualidad los sistemas inalámbricos son de preferencia a nivel empresarial y doméstico. Sabemos que existen sistemas de telefonía celular, redes de datos inalámbricas, sistemas de televisión, enlaces de radio punto a punto los cuales poseen ventajas respecto a la transmisión y recepción de datos.

En este diseño se identifican dos elementos para el intercambio de la información, el primero es el área de seguimiento, al cual se definió como el lugar de la estación base del enlace de radio, aquí se instalaron los equipos. El segundo es el área o Unidad de Mantenimiento, que es el lugar donde se encuentran los técnicos encargados y equipos receptores. En esta unidad se podrán conocer los datos captados y realizar acciones inmediatamente.

Otro elemento importante en nuestro diseño es el canal de comunicación para conectar el área de seguimiento y la unidad de mantenimiento, para el efecto se optó por un sistema inalámbrico cuyas características y especificaciones técnicas serán tratadas en el segundo capítulo.

1.1 Descripción del problema

Debido a la falta de personal en la Unidad de Mantenimiento, la subestación eléctrica ESPOL no presenta un control constante de los parámetros arrojados por los equipos instalados, dichos parámetros necesitan ser monitoreados regularmente por el técnico para prevenir y/o alarmar de un posible fallo en la subestación.

La carencia de control afecta directamente al tiempo de respuesta que tiene el técnico para resolver el problema, dejando a las áreas que alimenta la subestación sin energía eléctrica, provocando un corte de energía que impacta a los departamentos que se benefician de este servicio básico.

Por ello, es de suma importancia realizar y conocer mediciones de factores involucrados como: corriente, voltaje, temperatura, presión, entre otros, con el fin de analizar y determinar que los equipos estén funcionando a un nivel adecuado, a fin de evitar que el aislamiento produzca que se averíen.

Es por esto que, en caso de que algún parámetro no corresponda con los niveles esperados, ocasiona inconvenientes para el personal encargado, por lo cual es indispensable encontrar un mecanismo para llevar un registro de medición.

1.2 Justificación del problema

Debido a la carencia de un sistema de control remoto en la subestación eléctrica ESPOL, con respecto a los parámetros generados, el técnico encargado del monitoreo diario debe dirigirse desde su puesto de trabajo situado en la unidad de mantenimiento hasta la subestación eléctrica ubicada aproximadamente a 528 metros, lo cual implica la inversión de tiempos, movimientos y recursos, repercutiendo directamente en las actividades diarias del personal. Por esta razón, se plantea el diseño y la implementación de un sistema que permita la transmisión de datos en tiempo real, de manera que el monitoreo se realice remotamente, garantizando la integridad de los equipos y previniendo futuros inconvenientes energéticos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proporcionar acceso inmediato de la información generada por los equipos en subestación eléctrica ESPOL, a fin de prevenir inconvenientes energéticos.

1.3.2 Objetivo Específicos

1. Diseñar un sistema de comunicación inalámbrico, con capacidad de intercambiar información entre la subestación ESPOL y la Unidad de Mantenimiento.
2. Configurar una red de área local para la comunicación de los equipos instalados en la subestación ESPOL.

1.4 Marco teórico

En la actualidad existen subestaciones eléctricas ubicadas en áreas de difícil acceso, en donde se genera información a tiempo real sobre las condiciones de la planta, por lo que se requiere de un sistema de comunicación para el respectivo control.

En este tipo de escenario, mediante el estudio y análisis de parámetros tales como: latitud, longitud, altitud, etc., se optó por un sistema de comunicación inalámbrico el cual ayudará de manera eficiente para la transmisión y recepción de datos.

Mediante la recopilación de información y levantamientos de estos sistemas implementados, tanto en Ecuador como en el extranjero, los factores que implican estos sistemas son: planificación del enlace radioeléctrico, elección de un canal libre de interferencias, localización de las antenas y adquisición de equipos de radio con parámetros de funcionamiento deseados.

A continuación, se presentan algunas de las ventajas de usar un radioenlace Wi-Fi:

- Capacidad de enviar grandes cantidades de información.
- Mayor control de efectos de desvanecimientos de la señal e interferencias.
- Alta disponibilidad en el sistema.
- Fácil instalación y reducción de costos.

Los equipos que usa la subestación eléctrica ESPOL son de marca ABB, encargados de la generación de energía eléctrica y automatización industrial, los cuales constan con puertos de comunicación para acceder a ellos mediante programas integrados, los cuales proveen datos de interés de manera rápida.

El TPU-2000R ABB es un relé basado en microprocesadores que protege a los transformadores trifásicos de transmisión y distribución de energía, de dos o tres devanados, dispone de opciones de comunicación que permiten acceder a su interfaz y visualizar en un ordenador, los diferentes datos de interés.

Se pretende usar una antena omnidireccional AIR-ANT1728, la cual crea una cobertura de 360 grados, amplificando el alcance del enrutador y llegar a la red inalámbrica más cercana, esta antena tiene una ganancia de 5db, otorgando un mayor rango de cobertura a la red.

La tecnología de comunicación inalámbrica está incursionando en nuevas antenas MIMO, que son un conjunto que usan un desfase y rebotes de la señal para dirigir la potencia hacia el usuario, permitiendo una mayor cobertura en zonas de difícil acceso eliminando en lo posible la pérdida de datos y mayor velocidad inalámbrica.

La subestación al estar ubicada a pocos metros del edificio de Educación continua, el cual, consta con una infraestructura de red, con acceso a internet, por esta razón se ha optado en usar un enrutador inalámbrico Wireless-G Linksys WRG-L para crear un enlace a la red de datos del edificio mencionado, cuyo rango de señal puede ir hasta 30-50 metros, correspondiente a la distancia considerada entre el emisor y receptor.

El espacio entre el adaptador inalámbrico y el punto de acceso es ideal, evitando que los obstáculos puedan generar que la señal se refleje, refracte o se absorba. No obstante, se puede considerar reubicar el punto de acceso en algún lugar elevado para evitar la obstrucción, tal es el caso hacia la ubicación de la Unidad de Mantenimiento.

Además, se puede usar un extensor de rango de Linksys para aumentar la señal del enrutador en un área de mayor amplitud.

Por último, para resolver el problema respecto a las interferencias tales como: Redes inalámbricas vecinas, dispositivos móviles de 2,4 GHz, etc, existe la alternativa de cambiar el canal y el SSID en su punto de acceso.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto se ha dividido en los siguientes puntos destacables:

1. Investigar los posibles medios de comunicación en base a la ubicación y acceso a los recursos disponibles.
2. Analizar las opciones de comunicación adquiridas y elegir la más favorable de implementar.
3. Diseñar e implementar el sistema de comunicación seleccionado.
4. Efectuar las debidas pruebas de conexión para detectar falencias y hacer las respectivas correcciones o mejoras.
5. Analizar los resultados finales y compararlos con los esperados.
6. Desarrollar la propuesta a presentar, detallando ventajas, desventajas y costos.

2.1 Investigación del terreno

El lugar donde se encuentra la subestación ESPOL es un área que carece de una infraestructura de red, por lo que en la mayoría de los casos para comunicarse a grandes distancias se implementa un radio enlace entre dos antenas orientadas entre sí (ver Figura 1), pero en vista que se encuentra a 45 metros del edificio Admisiones ESPOL, el cual, tiene una infraestructura de red propia con salida a Internet, se espera conectar a la red ESPOL con un enrutador inalámbrico.



Figura 1 Distancia entre los edificios

Se desea implementar un prototipo de bajo nivel el cual se detalla en el apartado 2.2.

Por otro lado, se podría implementar un prototipo de alto nivel el cual implica equipos de mejor tecnología, con mayores garantías de seguridad y un diseño con mejoras para un futuro ampliar la comunicación de equipos nuevos que se pretendan instalar en la planta.

Tabla 1 Estudio del terreno

Datos Obtenidos		
Puntos de referencia	Distancia	Ganancia/Pérdida de elevación
Unidad de mantenimiento- Subestación eléctrica ESPOL	528 metros	7.86 m, -9.37m
Subestación eléctrica ESPOL- Educación Continua	71.5 metros	0.01 m, -4.31m
Subestación eléctrica ESPOL- Edificio de admisiones	125 metros	1.30 m, -6.93m

La subestación al estar situada a menor altura que el edificio de mantenimiento, se complica para una correcta posición y direccionamiento de las antenas para mantener el radio enlace, además de tener de por medio un terreno poblado con árboles disperejos siendo estos obstáculos, dejando de existir la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia. Además, si las antenas se instalan a muy baja altura la calidad del enlace se verá afectada cada vez que se presenten obstrucciones en la línea de vista.

2.2 Diseño del sistema de comunicación

A continuación, se presenta un esquema de los principales componentes que intervienen (ver Figura 2), donde el equipo que se desea comunicar es un transformador TPU-2000R. Este equipo dispone de un puerto Ethernet para acceder a la interfaz gráfica propia del fabricante con la información de sus condiciones actuales. Usaremos esta interfaz para conectarlo a una tarjeta Raspberry Pi 3, donde se instalará TeamViewer. Se procede a conectar la Raspberry Pi 3 vía Wi-Fi al enrutador inalámbrico.

El enrutador deberá estar previamente configurado en modo cliente, conectado a la red más cercana. Para incrementar el alcance del enrutador se cambiará su antena por una de mayor ganancia.



Figura 2 Esquema del sistema de comunicación

2.3 Descripción de Herramientas de Hardware

2.3.1 Enrutador inalámbrico Wireless-G Linksys WRT54GL

Para poder interconectarse entre subredes, se emplea un dispositivo de red que proporciona conectividad a nivel de red, este caso se elige un enrutador marca Linksys modelo WRT54GL, el cual por sus características de Wireless-G, se evita la necesidad de una red cableada, además de fácil configuración de código abierto basadas en Linux y protección de la red mediante encriptación inalámbrica WPA/WPA2 y firewall SPI son suficientes para tener un rendimiento deseado para prototipos de mediano alcance. Consta de 4 puertos ethernet, que permite la conexión de otros dispositivos en red.



Figura 3 Enrutador inalámbrico Wireless-G Linksys WRT54GL

2.3.2 Antena Cisco Omnidireccional AIR-ANT1728

Si con la antena del enrutador empleado no se puede captar la señal de una red próxima, se puede reemplazar aquella por otra de mayor potencia, para así tener el alcance deseado. La antena AIR-ANT1728, la cual dispone de un conector RP-TNC tipo conector coaxial de RF, posee una capacidad de ancho de banda que opera hasta 11 GHz, teniendo un mayor rendimiento en frecuencias de microondas. Ésta, tiene una ganancia de 5.2 dBi, ideal para aplicaciones WLAN y de gran uso para puntos de acceso.



Figura 4 Antena Cisco Omnidireccional AIR-ANT1728

2.3.3 Raspberry Pi 3 Modelo B

Para acceder remotamente a un dispositivo que no sea una computadora debido a su alto costo, se puede usar un dispositivo de menor precio y con la misma funcionalidad que un ordenador.

Mediante el uso de una Raspberry Pi 3 Modelo B, la cual es una herramienta de hardware con sistema operativo Raspbian, con soporte Wi-Fi y Bluetooth, nos provee conectividad inalámbrica con frecuencia de 2.4GHz la cual nos permite llegar más lejos en cuestión de cobertura que una frecuencia de 5GHz, además de una conectividad de red Fast Ethernet 10/100 Gbps.



Figura 5 Raspberry Pi 3 Modelo B

2.3.4 Unidad de protección del transformador

Relé TPU-2000R, es un dispositivo electrónico inteligente (IED), el cual por medio de un paquete integrado permite obtener, monitorear y controlar datos de los sensores permitiendo detectar voltajes, corrientes, frecuencias, temperatura del aceite y de los bobinados irregulares mediante

sus microprocesadores para su posterior revisión. Provee de puertos de comunicaciones aislados para una excelente comunicación con ajustes y controles protegidos por contraseña.



Figura 6 Relé TPU2000R

2.4 Descripción de Herramientas de Software

2.4.1 Team Viewer

Es un software informático de control remoto, en donde al introducir un número de sesión único y una contraseña se logra una conexión desde cualquier ubicación, además de la salida a internet, no requiere de componentes adicionales.

Actualmente es libre para uso personal y multiplataforma, esto quiere decir que no se requiere de un pago por la licencia y se puede levantar en varios sistemas operativos.

2.4.2 Raspbian

Es una distribución del sistema operativo Linux, libre basado en Debian, optimizado para la placa Raspberry Pi. Raspbian usa LXDE como escritorio libre para plataformas POSIX y como navegador web por defecto es Chromium. Además, posee más de 35000 paquetes con software pre-compilado de fácil instalación.

2.4.3 AQtivate 300

Paquete integrado de herramientas de configuración para productos de la serie AQ 300. El software consta de bloques de funciones entre las cuales provee protección y control de máquina, función tanto en línea como fuera de línea, carga y descarga de datos, protección de contraseña a nivel de usuario y conexión a través del puerto frontal o posterior Ethernet.

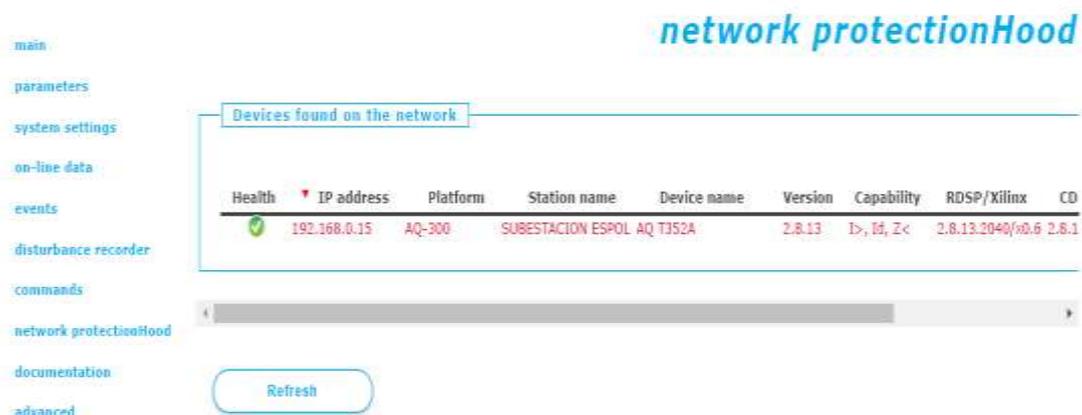


Figura 7 Menú principal con datos de la red

2.5 Configuración del enrutador

Para acceder al enrutador, previamente se tiene que haber restaurado a configuraciones de fábrica, para ello se mantiene presionado el botón de “reset” ubicado en la parte de atrás, hasta que las 2 luces delanteras de “POWER” y “DMZ” estén parpadeando, después, vía telnet, se ingresa al enrutador para ejecutar el

comando FIRSTBOOT, a partir de este momento se ingresa al router con cualquier navegador de internet, introduciendo en la barra de direcciones la IP 192.168.1.1. Después de haber ingresado “admin” como clave y contraseña, se tiene una interfaz de inicio.

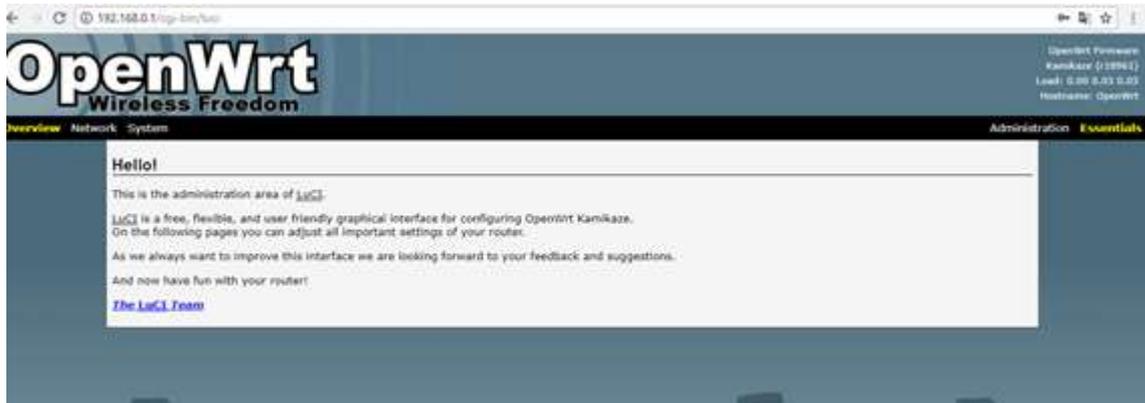


Figura 8 OpenWrt

Ahora, para configurar el enrutador inalámbrico y conectarse a una red en modo cliente, se dirige al menú Network, sección Wi-Fi para añadir los campos que permite enlazar con una red vecina.

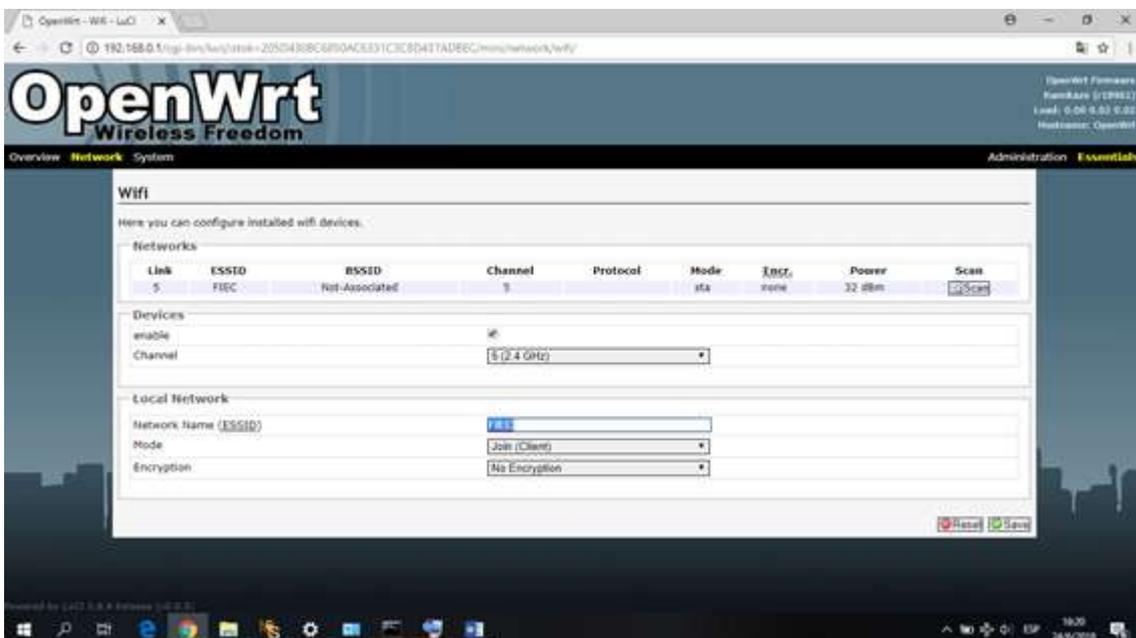


Figura 9 OpenWrt - Configuración modo cliente

Una vez, establecido los campos de “Network Name”, Modo Join, Encryption y su respectiva contraseña, se debe de guardar y aplicar los cambios.

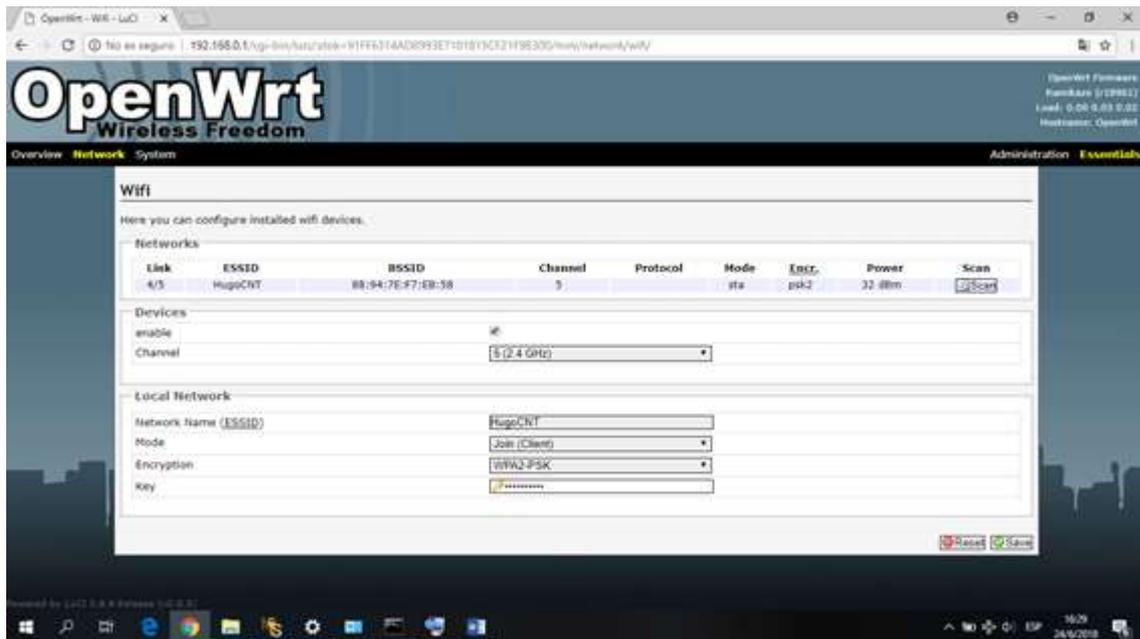


Figura 10 OpenWrt – Configuración de credenciales

Ya que la red está asociada al enrutador, se puede observar la intensidad con la que está recibiendo los paquetes.

Como segundo punto importante, se debe de cambiar la red LAN, a una diferente a la del enrutador asociado para evitar conflictos y posibles problemas en la comunicación.

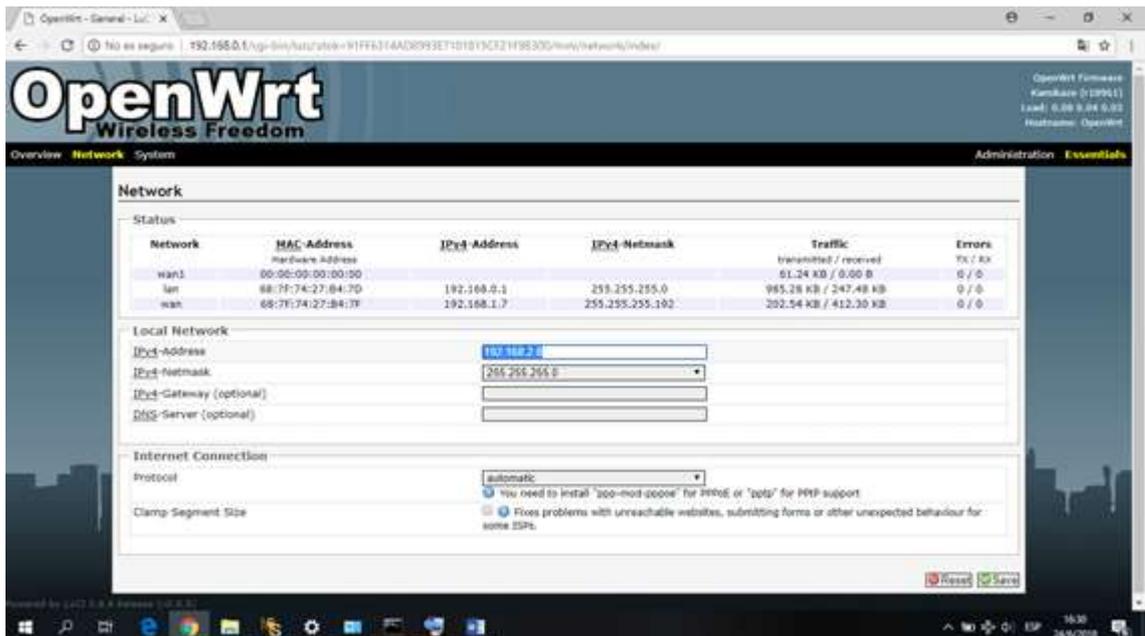


Figura 11 OpenWrt – Configuración de IP

Se modificó la dirección IP del enrutador “192.168.2.0”, guardando los cambios. Ahora para conectarse a nuestro enrutador mediante el cable de red, se tiene que asociar la IP del ordenador, para ello, hay que ir a la configuración del adaptador de red y colocar un IP dentro del rango de nuestro enrutador.

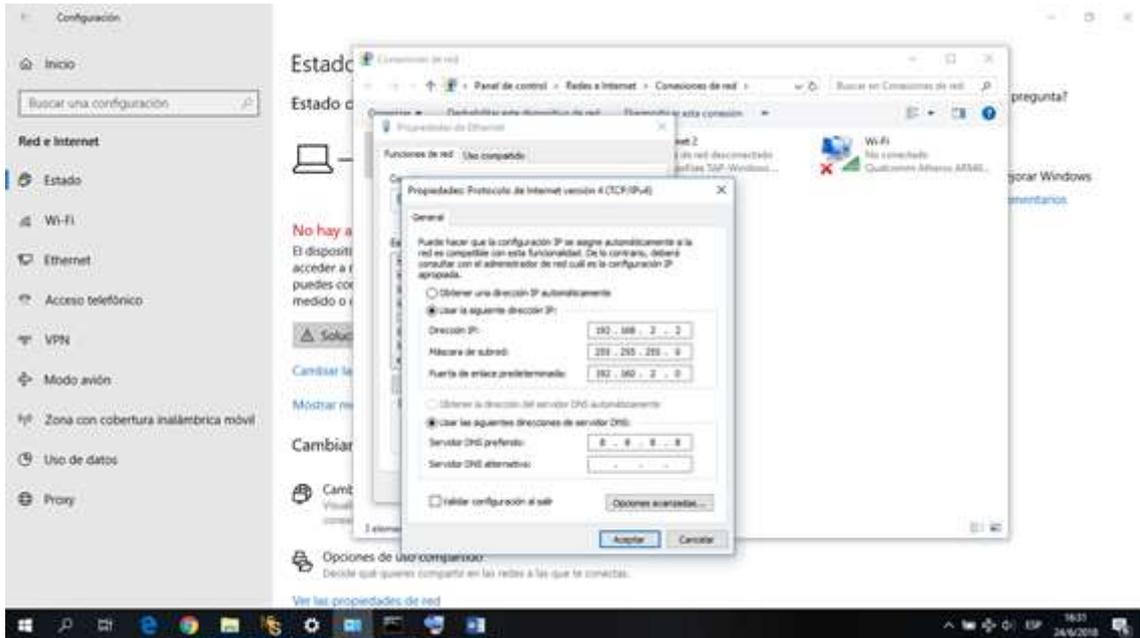


Figura 12 OpenWrt – Configuración de Red Local

2.5 Configuración del raspberry pi 3

Debido a que el enrutador tiene desactivado el DHCP, se configura una IP estática en Raspian. Para conseguirlo, se debe ir al terminal, editar el archivo de interfaces de red ingresando las respectivas líneas de comando con las características de nuestra red, guardar el archivo y reiniciar la raspberry.

```

1 #Ir al terminal y editar el archivo de interfaces de red
2 sudo nano /etc/network/interfaces
3
4 #Interfaz de red loopback
5 auto lo
6 iface lo inet loopback
7
8 #Interfaz de red primaria
9 auto eth0
10 iface eht0 inet static #dinamica se cambia a estatica
11     address 192.168.0.31 #direccion IP local
12     netmask 255.255.255.0 #mascara de red
13     gateway 192.168.0.1 #IP de red local predeterminada
14     nameserver 8.8.8.8 #servidor DNS de Google
15
16 #Guardar el archivo y reinicie la red
17 sudo /etc/init.d/networking restart
18 #Reiniciar la raspberry
19 sudo reboot

```

Figura 13 Configuración de dirección IP estática en Raspberry Pi

2.6 Protección y medidas de seguridad

En vista que el dispositivo permanecerá conectado a internet 24/7 es necesaria la implementación de medidas de seguridad para evitar posibles ataques.

2.6.1 Cambio de contraseña por defecto

Ya que el equipo viene con nombre y una contraseña por defecto es necesario cambiarla, ejecutando en la terminal las siguientes líneas de comando.

```

1 # Hello World Program in Bash Shell
2 sudo raspi-config
3
4 #una vez ejecutado el comando seleccionamos la opcion 2 e ingresamos el siguiente comando para
  cambiar la contraseña
5
6 passwd
7

```

Figura 14 Configuración de contraseña en Raspberry Pi

2.6.2 Cambio de usuario

De manera sencilla y siguiendo los siguientes comandos se crea un nuevo usuario.

```

1 # Hello World Program in Bash Shell
2
3 #Con este comando creamos un nuevo usuario llamado ESPOL
4 sudo useradd -m ESPOL -G sudo
5
6 #Aqui se busca establecer la nueva contraseña
7 sudo passwd ESPOL
8
9 #Para comprobar si la cuenta contiene los permisos correctos ingresamos lo siguiente
10 sudo visudo

```

Figura 15 Configuración de nuevo usuario en Raspberry Pi

2.6.3 Desactivar puerto SSH

El puerto por defecto de este servicio es el 22. Al no conectarse vía SSH, se recomienda desactivarlo, usando los siguientes comandos.

```

1 # Hello World Program in Bash Shell
2
3 #Desactivando autentificación por contraseña de SSH
4 sudo nano /etc/ssh/sshd_config
5
6 passwordAuthentication no
7
8 #Desactivando login para root en SSH
9 PermitRootLogin no
10
11 sudo service ssh restart

```

Figura 16 Configuración de puerto en Raspberry Pi

2.6.4 Instalar UFW como cortafuegos

UFW es un cortafuego que sirve para configurar iptables usando simples comandos. A continuación, se presenta su instalación y comando base para la gestión de reglas de iptables.

```

1 # Hello World Program in Bash Shell
2
3 # Para instalar el aplicativo debemos de ingresar lo siguiente
4 sudo apt-get install ufw
5
6 #Por defecto ufw viene configurado para denegar todo el trafico de red entrante y permitir todo
  el trafico de salida, así que es necesario permitir la entrada de todo el trafico interno de
  nuestra red local.
7 sudo ufw allow from 192.168.1.0/24

```

Figura 17 Configuración de cortafuegos en Raspberry Pi

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de resultados

El propósito de esta sección es describir los resultados de la interacción entre los componentes de hardware y software que harán posible la comunicación.

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas realizadas:

3.1.1 Prueba con alcance de enrutador

Usando una antena AIR se incrementó la potencia del enrutador, verificando la presencia de redes inalámbricas aledañas, donde aparece la red FIEC, antes inaccesible.

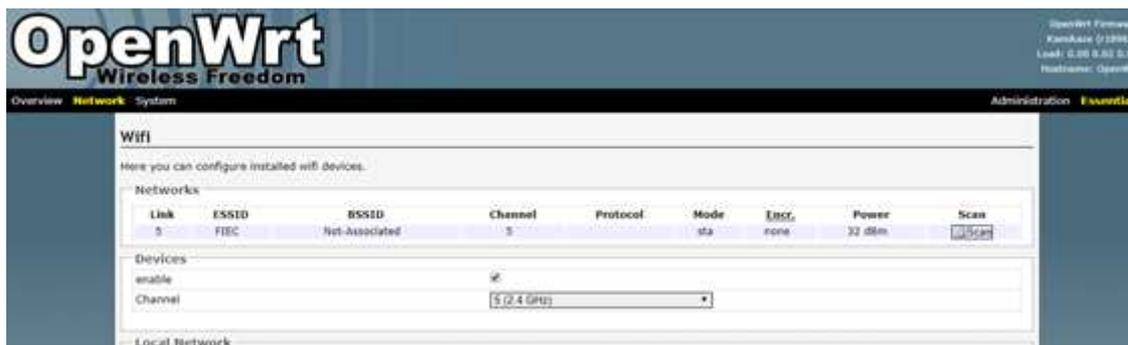


Figura 18 Redes visibles del enrutador

3.1.2 Transmisión y recepción de datos

Los sistemas de comunicación constan de dos componentes: un transmisor y un receptor. La subestación será el lugar donde estarán los equipos y antenas que serán utilizados para la transmisión de datos, mientras que el área de recepción de datos, alejada de la subestación, sólo dispone de un ordenador con la aplicación TeamViewer mencionada anteriormente. Esta aplicación de escritorio es la encargada de mostrar los datos finales al usuario; la información captada por el relé y procesada por la Raspberry en la subestación.

3.1.3 Visualización de datos

A través del software embebido se puede observar información detallada sobre los parámetros a analizar por parte del encargado de la subestación y de esta manera se lleva a cabo medidas correctivas si se presenta datos no irregulares.

3.1.4 Seguridad a nivel remoto

El acceso a la información debe darse a través de un canal de comunicación seguro, el cual encripte los datos y no sean percibidos por cualquier persona a los sistemas de los equipos.

El transformador de marca ABB dispone de normas y protocolos de seguridad: IEC y DNP-3, respectivamente. Los cuales monitorean sistemas de energía, de control y sus comunicaciones. Éstos emplean los niveles de transporte y enlace de datos del modelo TCP/IP para comunicar estaciones de control con subestaciones, donde se encapsulan los fragmentos en segmentos agregando la cabecera de transporte, para después extraerlos y enviar al nivel de aplicación.

Considerando estos protocolos vulnerables respecto a la seguridad en la transmisión de datos, se utilizó TeamViewer para conectarse remotamente a otro equipo de manera confiable añadiendo una capa de seguridad adicional con el fin de resguardar las cuentas de accesos no autorizados. El código que se genera está protegido por SRP, el cual es un conjunto de cifrado de seguridad en la capa de transporte, siendo seguro frente ataques de hombre en el medio.

Toda empresa debe considerar la seguridad de su información primordial ya que un usuario mal intencionado puede perjudicar de diferentes maneras ya sea: robar datos de interés y publicarlos en Internet haciendo de conocimiento público información restringida, provocando apagones en momentos inesperados y dañando el sistema de equipos sofisticados, etc. Otra herramienta útil es el uso de firewall, el cual controla conexiones entrantes y salientes en equipos, evitando así los accesos no deseados.

3.2 Análisis de costos / de implementación

Tabla 2 Costos de radio enlace

Costos	Radio enlace
\$139 c/u	Antena AirMax NanoBeam M5-400
\$78,97	Switch D-Link de 8 puertos
\$59,90	Raspberry Pi 3
\$129	Adicionales
\$ 545,87	TOTAL

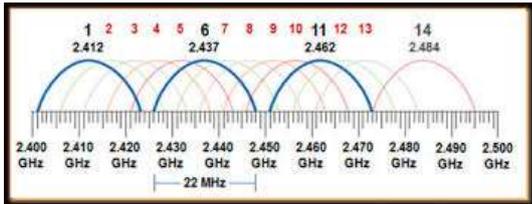
Tabla 3 Costos de comunicación inalámbrica

Costos	Comunicación inalámbrica
\$90,00 c/u	Antena Cisco Omnidireccional AIR-ANT 1728
\$74,32	Router Wireless-G Linksys WRT54GL
\$59,90	Raspberry Pi 3
\$ 314,22	TOTAL

Tabla 4 Comparación de propuestas

	Radio Enlace	Comunicación inalámbrica
Ventajas	Mayor cobertura Disponibilidad para más equipos	Bajos costos Fácil implementación Compatibilidad RP-TNC
Desventajas	Altos costos Riesgo de daños en equipos	Seguridad Sistema dependiente

Tabla 5 Plan de pruebas

Variables	Rango de variación	Plan de pruebas	Evidencias
<p>Potencia de la señal</p>	<p>Se presenta la banda de radiofrecuencia donde operan los diferentes canales de comunicación.</p>  <p>El diagrama muestra una escala de frecuencia en GHz desde 2.400 hasta 2.500. Se indican 14 canales numerados de 1 a 14. Los canales 1, 6, 11 y 14 están resaltados en azul. Los canales 2, 7, 12 y 13 están en verde. Los canales 3, 4, 5, 8, 9, 10 y 13 están en rojo. Una línea horizontal indica un ancho de canal de 22 MHz.</p>	<p>Mediante pruebas con el enrutador se identificaron las señales que se lograba alcanzar. Se necesitó una antena de mayor potencia para tener mejor calidad de la señal.</p>	<p>La señal transmitida por el edificio más cercano a la subestación eléctrica se encuentra en el canal 1.</p>
<p>Cobertura</p>	<p>Se presenta los diferentes canales en que trabaja una señal Wi-Fi.</p>  <p>La imagen muestra una interfaz de usuario con dos tarjetas de red detectadas. La primera es 'EC-ESPOL (f0:9f:c2:7a:a9:86)' en el Canal 1, con una frecuencia de 2412 MHz y una potencia de -78 dBm. La segunda es 'ESPOL-Wifi (50:06:04:8d:e8:c1)' en el Canal 6, con una frecuencia de 2437 MHz y una potencia de -85 dBm. Ambas tarjetas usan WPA2 y EAP.</p>	<p>Recopilación de información sobre las redes Wifi cercanas a la estación eléctrica. Al estar disponibles pocas redes, menor probabilidades de sufrir interferencias. Se localizó puntos de acceso y su canal.</p>	<p>Se accedió a una red Wi-Fi: EC-ESPOL, la cual se alcanzó el nivel de señal y seguridad.</p>

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En la actualidad, el avance de la tecnología es inminente y va creciendo de manera acelerada.

La conectividad permanente para muchos ya es una realidad, y la reducción de costos en los proyectos es de vital importancia. Por tal motivo, es necesario recurrir a ciertos tipos de software que nos permiten optimizar recursos, teniendo presente ciertas situaciones:

- Se utilizó plataformas de hardware libre y tecnología de código abierto personalizable, útiles para evitar grandes esfuerzos y complicaciones en el diseño e implementación de este tipo de proyectos.
- El proyecto se seccionó en componentes para una mayor comprensión y facilitar el trabajo al momento de realizar la implementación.
- El diseño propuesto provee una infraestructura escalable que permite la instalación de futuros equipos.
- Se estableció un sistema de comunicación con equipos de bajo costo y que cumple las especificaciones requeridas.
- Mediante el análisis realizado, se implementó de medidas de seguridad para evitar posibles ataques, otorgando y restringiendo permisos de acceso en dispositivos de la red.
- A través de diferentes aplicativos, el profesional está en capacidad de resolver problemas de comunicación.

Recomendaciones

- Se requiere el planteamiento de un diseño de arquitectura de la red de datos, de manera que facilite la proyección a futuro para la adición de nuevos dispositivos.
- Utilizar protocolos de seguridad para la conexión entre los dispositivos para preservar la integridad del sistema de intrusos.
- Garantizar el correcto funcionamiento del sistema mediante un mantenimiento correctivo y preventivo de los dispositivos cada cierto período de tiempo.

- En caso de implementar radio enlace asegurar la calidad mediante la correcta posición y direccionamiento de las antenas debido a que la subestación se encuentra a menor elevación que el edificio de mantenimiento.
- Al tener de por medio una zona poblada con obstáculos se debe evitar éstos para que exista una mejor propagación de las señales RF.
- Adquirir antenas con características que satisfagan las necesidades y permitan a futuro el crecimiento de la red.
- Utilizar protocolos de seguridad para la conexión entre los dispositivos preservando la integridad del sistema a posibles intrusos.
- Garantizar el correcto funcionamiento del sistema mediante un mantenimiento correctivo y preventivo de los dispositivos cada cierto período de tiempo.
- Recaudar información sobre las soluciones implementadas en otros sitios a fin de introducir mejoras en el diseño final.
- Respetar las medidas de seguridad de la subestación, evitando la manipulación directa con conductores eléctricos usando siempre los equipos de seguridad tales como guantes y zapatos de goma, cascos proporcionados por el técnico de planta.
- Para el análisis de las conexiones de alto voltaje en la subestación es recomendable cortar el suministro de energía eléctrica y habilitar una línea de respaldo, para evitar accidentes que pongan en peligro al cuerpo humano.
- Para añadir independencia al diseño de la red, se recomienda implementar un banco de baterías que ayuden a mantener a los equipos en funcionamiento, cerciorándose de esta manera, el acceso a la información de la subestación en ausencia de corriente eléctrica.
- En vista del corto tiempo del acceso que se dispone en la subestación, es necesario realizar las pruebas de conectividad, alcance y funcionamiento, en lugares de iguales recursos y condiciones ambientales similares a su ubicación final.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Raspberry, (2010). Raspberry Pi [Online]. Disponible en:

<https://www.raspberrypi.org/>

[2] Raspbian, (2012). Welcome to Raspbian [Online]. Disponible en:

<https://www.raspbian.org/>

[3] Arcteq, "Web server description", AQ 300 Series, pp.11-22, Agosto, 2013.

[4] Arcteq, "AQ T3xx", Transformer Protection IED, pp.136-143, Noviembre, 2010.

[5] Arcteq, "AQ T352 transformer protection IED", Hardware configuration, pp.13-26, 2010.

[6] Arcteq, "Aqtivate configuration tool", For AQ-300 devices, pp.105-107, Abril, 2011.

[7] Cisco Omnidirectional Antenna, (2007). AIR-ANT1728 [Online]. Disponible en:

<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant1728.html>

[8] Lynksys, "Wireless-G Broadband Router", User Guide, pp.5-21, Noviembre, 2015.

[9] Ubiquiti Networks, (2011). Airmax Nanobeam M5 Antena [Online]. Disponible en:

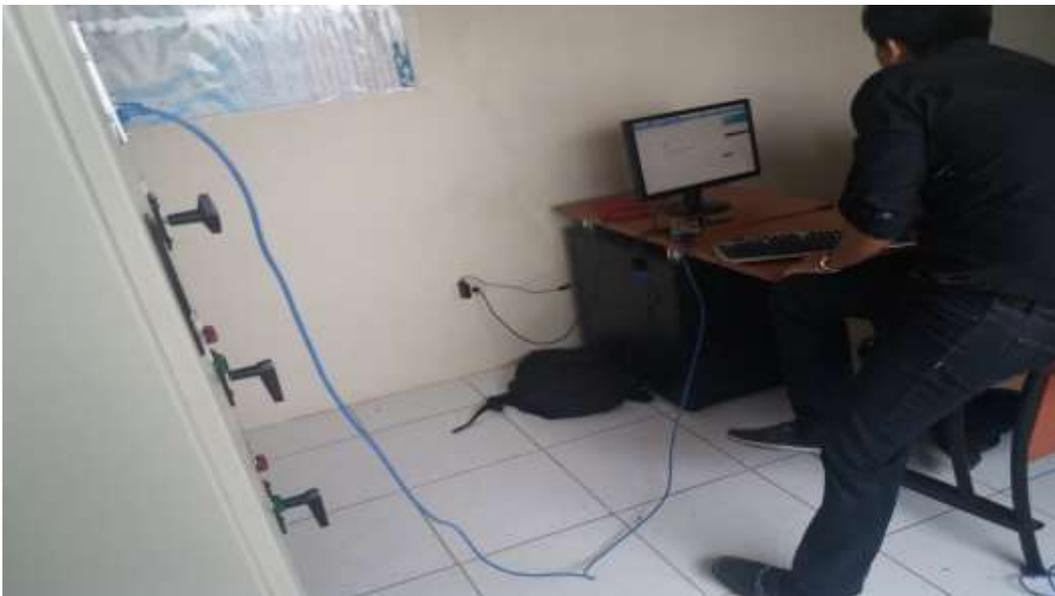
https://wni.mx/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_new.tpl&product_id=459&category_id=1&option=com_virtuemart&Itemid=53

[10] Ubiquiti Networks, "airOS5", Operating System for Ubiquiti M Series, pp.23-44,

Mayo, 2011.

ANEXOS

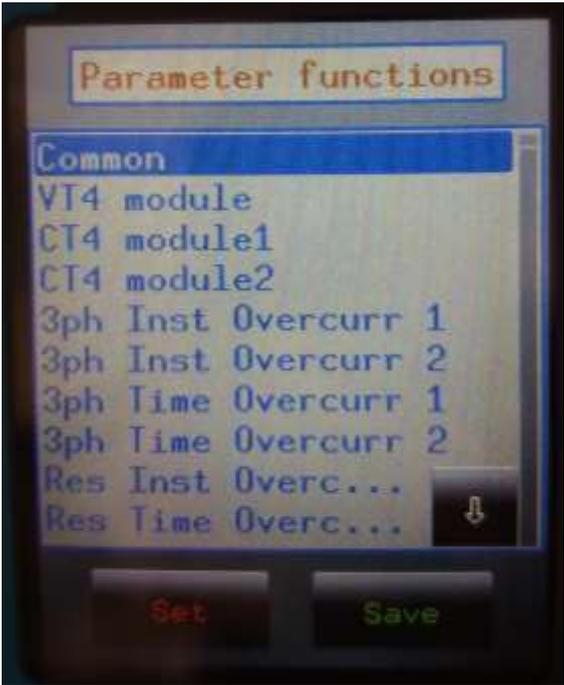
Anexo 1. Pruebas de Conexión



Anexo 2. Ubicación del enrutador y antenas



Anexo 3. Software embebido / LCD Editor



Anexo 4. Prueba Final por parte del Jefe de Mantenimiento

