



Tecnológico nacional de México
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez



**“APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE REDES DE
COMUNICACIÓN PARA ADQUISICIONES DE DATOS AL
SISTEMA SCADA”**

PRESENTA:

LOPEZ OZUNA ALFREDO DE JESUS
13270934

ASESOR INTERNO:

DR. RUBÉN HERRERA GALICIA

ASESOR EXTERNO:

ING. MIGUEL ARAUJO LÓPEZ

EMPRESA:

**CFE OFICINA DE CONTROL, ZONA SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS,
CHIAPAS.**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, DICIEMBRE DEL 2017

ÍNDICE

1. Introducción	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Estado del Arte	4
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivo	5
1.5 Metodología	6
2. Fundamento Teórico	7
2.1 Protocolo DNP3	7
2.2 Restauradores	11
2.3 Unidad Central Maestra (UCM).....	13
2.4 Unidad Terminal Remota (UTR)	14
3. Desarrollo.....	16
3.1 Simulación de pruebas de comunicación de la ubicación actual de los equipos.....	16
3.2 Estudio de posicionamiento de fallas SISNAE (Sistema Nacional Eléctrico	20
3.3 Simulación de pruebas de comunicación de los equipos reubicados	23
4. Resultados y Conclusiones.....	26
4.1 Reubicación de los equipos EPROSEC (Equipos de protección y seccionamiento).....	26
4.2 Conclusiones.....	30
Referencias Bibliográficas	31
Anexos.....	32
Anexo A: Tipos de Antenas y Funcionamiento.....	32

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En los últimos años se ha observado alrededor del planeta un gran interés por buscar la modernización de la infraestructura eléctrica, por eso la motivación de implementar sistemas de automatismos en redes de distribución, viene dada por la necesidad de mejorar la calidad del servicio eléctrico brindado a los usuarios, reduciendo tiempos de cortes de energía eléctrica producidos por fallas en el sistema eléctrico [1].

La energía eléctrica constituye hoy por hoy algo imprescindible para el desarrollo de la humanidad, es por esto que la necesidad de contar con sistemas automáticos para el monitoreo y control de estaciones eléctricas (llámese estaciones de generación, subestaciones de transmisión, subestaciones de distribución y líneas de distribución) debe ser cada vez más eficiente. Los sistemas SCADA están enfocados a satisfacer las necesidades de almacenamiento y procesamiento de información para estos fines.

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son de gran importancia para la supervisión y control de procesos, típicamente en forma remota. La información generada en las diversas estaciones de un proceso, sea este tipo digital o analógica, es adquirida a través de elementos de campo denominados Unidades Terminales Remotas (UTR's), esta información es concentrada en una Unidad Central Maestra (UCM), que está basada en un equipo de cómputo con las capacidades requeridas para esta aplicación

El sistema SCADA-SSAD realiza operaciones dentro de una o varias subestaciones, de manera local o en forma remota, a través de radio o sistemas de redes (Ethernet, fibra óptica, etc.) además contiene los elementos necesarios para poder realizar funciones de telecontrol sobre redes eléctricas de distribución, llegando a concluir el subsistema ASA para la automatización de la detección de fallas de corriente en redes eléctricas y la restauración automática de la energía en las máximas áreas posibles en ese circuito [2].

El concepto de puntos de seccionamiento obedece a las necesidades de seccionar por partes las líneas eléctricas de distribución, para que mediante un algoritmo de seccionalización automática (ASA del SCADA – SSAD) se detecte, aisle y se reponga de manera más eficiente y rápida la energía eléctrica en un sección de la red eléctrica, es por eso la necesidad de aplicación de tecnología de redes de comunicación para adquisiciones de datos al sistema SCADA [3].

Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y el control de procesos. Estos sistemas son de partes integrales de la mayoría de los ambientes complejos o geográficamente dispersos ya que pueden tener la información de una gran cantidad de fuentes rápidamente, y la presentan a un operador de forma amigable [4].

1.2 Estado del Arte

Tenorio Huertas José Javier, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. Describe la aplicación de dispositivos de protección microprocesados, con capacidades de comunicación, en la protección de redes de distribución en lazo; se utiliza comunicación por radiofrecuencia por su economía y confiabilidad actual. Utiliza lógica interna del equipo microprocesados y su protocolo propietario, el cual permite intercambiar 8 bits de datos entre restauradores adyacentes [5].

Carolina Estefan, Gabriel Pais, Gabriel Portas, Universidad de la Republica, estudian los diferentes tipos de automatización de la red de energía eléctrica en UTE (Usinas y Transmisiones eléctricas) donde es posible mejorar la calidad del servicio mediante la automatización, tanto a nivel de transmisión como de distribución. Describen los tipos de automatismos que se vienen implementando en la red de distribución de UTE [6].

Chávez Mosqueda Gerardo, Universidad Autónoma Nacional de México, Proponen una estrategia de automatización de una subestación eléctrica de distribución, aplicando nuevas tecnologías de automatización en el control, comunicación y protección de los equipos que conforman la subestación eléctrica, las cuales mejorarían su funcionamiento y aumentarían la confiabilidad en el sistema en caso de fallas o malas maniobras [7].

Samuel Valle, División Centro Occidente CFE, Morelia, estudia el alcance de las telecomunicaciones en la automatización de subestaciones eléctricas y las diferentes tecnologías de comunicación, medición, control, protección que una vez operando en conjunto permiten a los operadores de sistema y de la red de S.E. (subestaciones eléctricas) del sistema de potencia monitorear y, operar los sistemas en tiempo real [8].

Ricardo Mota Palomino, estudio un modelo conceptual que presenta un marco de referencia de alto nivel para las redes inteligentes, donde define siete dominios importantes: generación a bloque, transmisión, distribución, cliente, operación, mercados y proveedores de servicios. En este modelo se muestran los flujos de comunicaciones y de energía o electricidad que conectan cada dominio, y sus interrelaciones [9].

Sady Jhairo Castillo Centurion, Univercidad Señor de Sipán, diseño un sistema de control automatizado para el corte de fluido eléctrico mediante protocolos de comunicación por radios y la operación de seccionamiento por telemando, para optimizar los tiempos de respuesta ante un tsunami en la bahía de Chimbote; este diseño actuaría antes de los 10 minutos de la llegada del primer de olas del tsunami [10].

1.3 Justificación

Un sistema de automatismo de redes eléctricas son la solución para supervisar los puntos de un circuito eléctrico de distribución, ya que nos ayudara a monitorear voltajes, corrientes y estados de los interruptores, por lo tanto tiene la capacidad de detectar cuando ocurre una falla y como resultado se puede determinar la sección de la red en que ocurre la falla, y cuáles son las mejores alternativas para aislar la falla y como se puede tener la menor cantidad de circuitos sin energía.

Este proyecto tiene un gran impacto social ya que el país se verá beneficiado con una mejor calidad de energía eléctrica y mayor rapidez en el restablecimiento de esta misma y por lo tanto el crecimiento económico se verá impactado en el país, ya que las pequeñas, medianas o grandes empresas no tendrán que para su producción y por lo consiguiente habrán mayores empleos en el país.

El cuidado del medio ambiente es una parte muy importante para el mundo en general, gracias a este proyecto se evitara que las cuadrillas de CFE se trasladen hasta el lugar de la falla para abrir o cerrar un circuito, y por lo consiguiente se reducirá el uso de combustible evitando contaminar el medio ambiente y por lo tanto también se tendrá un gran ahorro en la parte económica.

1.4 Objetivo

Telecontrolar los equipos de medición y seccionamiento que no se encuentran monitoreados por falta de cobertura de comunicación en la zona San Cristóbal, Chiapas, por el sistema SCADA.

Objetivos específicos

Automatizar los equipos de automatismo (restauradores y seccionadores) para tener telecontrol de forma remota y por lo tanto tener una mayor seguridad al personal que labora sobre los circuitos energizados.

Mejorar la confiabilidad y la calidad de la energía por que se reducirá los tiempos de interrupción en caso de una falla, ya que se podrá realizar transferencia de carga de un circuito a otro.

Hacer más eficiente el sistema eléctrico de la zona San Cristóbal de las Casas, automatizando los equipos (seccionadores y restauradores). El R0001 del circuito TEP 4012, S001 del circuito de Chenalo 4022 – Pantelo 4012, R0001 del circuito CJT 4050, R0001 del circuito MAR 4032, R0001 del circuito SCH 4010 y R0001 del circuito SCH 4020.

1.5 Metodología

En la figura 1.1 se muestra el diagrama a bloques general del sistema de telecontrol de los equipos de automatismo.

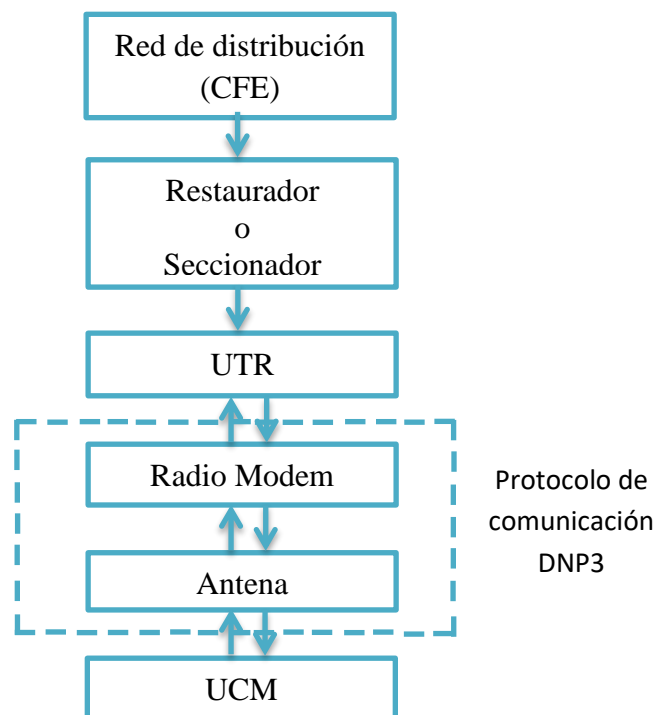


Fig. 1.1 Diagrama a bloques del sistema de telecontrol de equipos de automatismo.

Restaurador.- Es un equipo inteligente, su función es interrumpir el paso de la electricidad, cuando la cantidad de corriente supera el límite programado en el rango de protección del restaurador. Tiene capacidad autónoma de abrir o cerrar los contactos eléctricos que permiten el paso de la corriente eléctrica en caso de fallas transitorias o falla franca.

Seccionador separa y mantiene aislada un circuito eléctrico de su alimentación. Es un equipo que obedece telemandos de apertura y cierre, no cuenta con protecciones programadas, es decir, es un “equipo tonto”, solo obedece pulsos de apertura y cierre.

UTR.- Procesa la información recibida de los equipos instalados en campo (restaurador, seccionador) y la envía a la UCM cuando sea requerida, así como también de ejecutar las órdenes transmitidas por la UCM. Recoge, analiza y almacena los datos recibidos de un proceso, transmite y recibe datos hacia y desde el centro de control bajo el protocolo dnp3.

UCM.- Esta estación es la parte medular de un sistema de telecontrol, ya que por medio de ésta se obtiene toda la información que envían las diferentes UTR'S instaladas en los equipos de automatismo telecontrolados, proporcionando al operador del telecontrol, un reflejo real del estado de los elementos telecontrolados instalados en las diferentes equipos de automatismo. Genera reportes de todas las condiciones anormales que ocurran en cualquier equipo.

Protocolo de comunicación DNP3.- Es el medio por el cual la UTR envía la información obtenida de los equipos a la UCM para luego ser procesada y desplegada en una pantalla. Estas funciones permiten llevar a cabo acciones dentro de la central de monitoreo como la supervisión y control remoto de los equipos, almacenamiento de datos etc.

Radio Modem.- Es el que transfiere los datos de manera inalámbrica a una distancia que puede llegar a decenas de kilómetros salvando obstáculos como montaña. La comunicación que se establece también se puede llamar datos de radio frecuencia

Antena.- Es el dispositivo utilizado para las transmisiones de datos que se dan entre la UTR y la UCM.

2. Fundamento Teórico

2.1 Protocolo DNP3

El protocolo de comunicación DNP3 (Distributed Network Protocol versión 3) fue creado por Harris Controls Division. En 1993 le transmitió los derechos a DNP3 User Group, el cual brinda soporte a protocolo desde entonces. DNP3 surgió como una posible solución al problema que existía entre la comunicación de IEDs (Intelligent Electronic Device) de diferentes compañías y fue diseñada específicamente para sistemas SCADA.

Anteriormente, cada compañía desarrollaba su propio protocolo cerrado de comunicaciones y los implantaba a sus dispositivos. A la hora de remplazarlos, estos debían ser del mismo fabricante o de lo contrario un convertidor de protocolos sería necesario. Al ser el DNP3 un protocolo abierto, de esta forma, se incrementa la interoperabilidad y se eliminan los problemas que los protocolos cerrados representan.

Las unidades terminales remotas están equipadas con una serie de sensores y actuadores; por lo tanto nos permite obtener información y esta enviada a la central por medio del protocolo de comunicación DNP3 para luego ser procesada y desplegada en una pantalla. Estas funciones permiten llevar a cabo acciones dentro de la central de monitoreo como la supervisión y control remoto de instalaciones y equipos, almacenamiento de datos etc.

La UTR (Unidad Terminal Remota) y la central de datos tienen la capacidad de generar e interpretar los mensajes, pero necesita de algún mecanismo para transmitirlos. El

dispositivo que realiza esta acción recibe el nombre de DCE (Data Communication Equipment). Un DCE puede ser un modem o cualquier dispositivo que permita inyectar la información a un medio de transmisión.

A cada dispositivo DNP3 conectado a una red debe asignarle una dirección única. Esta puede ir desde el 0 hasta el 65536. Lo que significa que en una red SCADA con DNP3 pueden conectarse un máximo de 65537 dispositivos. La manera en la cual un maestro solicita la información de los esclavos es de las siguientes formas: Polling: El maestro solicita cierta información a un esclavo determinado. Si el maestro no solicita nada, el esclavo no debe de mandar nada.

La desventaja de esta técnica es que se hace un mayor uso del ancho de banda de la red, además de que el maestro debe estar programado para estar solicitando la información cada cierto tiempo. Respuestas no solicitadas: El esclavo manda información acerca de un evento importante ocurrido sin que el maestro lo haya solicitado. Esto reduce considerablemente el uso del ancho de banda. Para lograr una comunicación solida es necesaria una combinación de las dos formas anteriores.

Arquitectura del protocolo.- DNP3 está compuesta de tres capas ya que está basado en el modelo EPA. A continuación se presenta una descripción de cada una de las capas incluyendo la capa física, la cual no está especificada por DNP3. El propósito de las siguientes descripciones no es el de explicar el protocolo, ya que este es muy extenso, sino dar las bases que se requieren para el buen entendimiento.

Capa física.- Especifica el medio y el método de transmisión de la información que se genera en la capa de enlace. De la capa física dependerán las estructuras de comunicación que se podrán implementar. Una capa física basada en Ethernet dará la posibilidad de crear una estructura de comunicación del tipo maestro con múltiples esclavos y una capa física basada en RS-232 quedaría limitada a estructuras del tipo maestro - esclavo.

Capa de enlace de datos.- La comunicación entre capas de enlace de datos es una comunicación balanceada porque cualquiera de ellas puede iniciar dicha comunicación, no importando si esta pertenece a una estación esclavo o una estación maestra. Por esta razón, a este nivel no se hablara de maestros o esclavos sino de primarios o secundarios. Un primario es aquella capa de enlace que inicia una transmisión y el secundario es el que la recibe y en algunos casos puede generar una respuesta.



Fig. 2.1 conector DB-9 hembra.

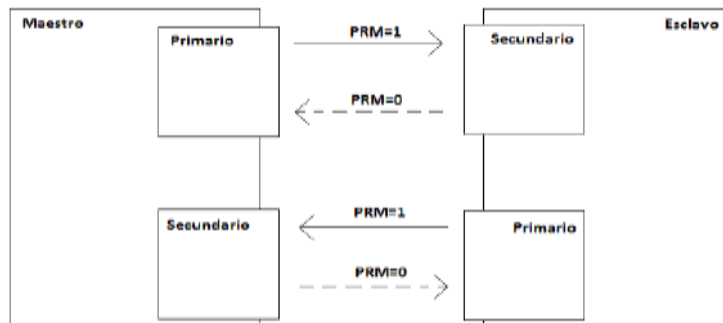


Fig. 2.2 Estaciones primarias y secundarias.

La unidad de datos con la que trabaja esta capa es la trama, cuyo tamaño máximo es de 292 bytes: inicio: constituido por dos bytes: 0x0564, largo: un solo byte que representa la longitud de la trama contando a partir del byte de control y sin contar los CRC, control: el byte de control contiene información sobre la condición de la capa de enlace que emitió el mensaje y sobre ciertas acciones que se deben llevar a cabo para mantener la sincronía y evitar que la comunicación no falle. Este byte será examinando con más detalle.

Dirección destino: dos bytes que contienen la dirección del dispositivo al que va dirigido el mensaje. En el caso de que la trama haya arribado, el dispositivo tendrá que verificar que la dirección de destino sea la suya. El orden de los bytes es invertido, es decir, primero se coloca el byte menos significativo y luego el más significativo (LSB, MSB). Por ejemplo, una dirección destino = 1 se vería en la trama de la siguiente manera: 0x0100.

Dirección remitente: Dos bytes que contienen la dirección del remitente. El orden de los bytes es el mismo que el de la dirección destino (LSB, MSB). Datos: El segmento de la pseudocapa de transporte es dividido en grupos de 16 bytes. Solo el último dato de la trama puede contener un número de bytes distinto. Por ejemplo, si el segmento consistía de 105 bytes, entonces se crearán 6 grupos de 16 bytes y un grupo de 9 bytes.

CRC (Cyclic Redundancy Check): cada CRC consta de dos bytes acomodados de manera similar a los bytes de dirección (LSB, MSB). Estos bytes son el resultado de la aplicación de un algoritmo a cada uno de los bloques de datos y a los bytes correspondientes a inicio, largo direcciones de remitente y destino juntos. El primer CRC corresponde a los bytes de inicio, largo, control y direcciones, el segundo CRC corresponde al primer bloque de datos, el tercer CRC al segundo bloque de datos y así sucesivamente.

Inicio	Largo	Control	Dirección destino	Dirección remitente	CRC	Datos	CRC	Datos	CRC	- -	Datos	CRC
--------	-------	---------	-------------------	---------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-----	-------	-----

Tabla 2.1 Estructura de una trama.

Cuando una trama es recibida, los valores CRC para cada bloque de datos y para los bytes de inicio, largo, control y direcciones son recalculados y comparados con los CRC recibidos. Si algún CRC recalculado llega a ser distinto al recibido la trama será descartada ya que contiene errores. Para reemplazar los segmentos, la capa hace uso del byte de control que contiene a FIR, FIN y SECUENCIA.

Pseudocapa de transporte.- Se encarga de tomar los fragmentos (unidad de datos de la capa de aplicación cuya extensión puede ser de hasta 2048 bytes), dividirlos en grupos de hasta 249 bytes (el protocolo DNP3 deja a libre elección el tamaño en el que se dividen los fragmentos) y agregarles un byte de control. A esta unidad de datos se le llama segmento y tiene una extensión máxima de 250 bytes.

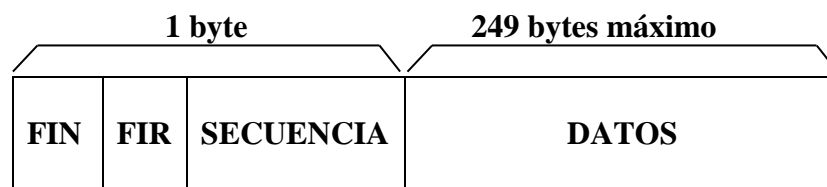


Fig. 2.3 Estructura de un segmento.

1. FIR y FIN: identifican al primer y último segmento que forman parte de un fragmento (ver figura 2.2). Secuencia: se utiliza para evitar que se repitan o se omitan segmentos al enviar una serie de estos. El primer segmento de la serie toma cualquier número entre 0 y 63 y se va incrementando en cada segmento enviado. Cuando se llega al 63, el siguiente número de secuencia será 0.

FIN	FIR	Descripción
0	0	No es el primer segmento ni el último.
0	1	Primer segmento de la serie.
1	0	Ultimo segmento de la serie.
1	1	La serie consta de un solo segmento.

Tabla 2.2 Significado de FIR Y FIN.

Capa de aplicación.- Esta capa es la que diferencia a todos los dispositivos y evidencia su funcionalidad. Puede estar implementada en diferentes niveles (interoperabilidad) y para diferentes tipos de dispositivos (maestros o esclavos). Su función es generar peticiones, recibirlas, procesarlas y generar respuestas. Esto lo hace mediante unidades de datos llamados fragmentos.

Dichos fragmentos deben ser procesables por sí mismos, es decir, que en un fragmento debe de estar disponible toda la información para que pueda ser procesado y no debe de requerir de otros fragmentos para llevar a cabo tal acción. Puede llegar a darse el caso de que se genere tanta información que no cabe en un fragmento. En este caso dicha información se divide en múltiples fragmentos, sin embargo, cada uno sigue siendo independiente [11].

2.2 Restauradores

Los restauradores son equipos autocontrolados, cuya característica principal es la de interrumpir sobrecorrientes de régimen transitorio y permanente utilizando recierres rápidos y lentos de acuerdo con las curvas de tiempo-corriente definidas en el relevador, con la finalidad de llevar a cabo una coordinación adecuada con otros dispositivos ubicados en el mismo circuito aéreo.

Los restauradores o interruptores de reconexión automática que suelen instalarse como parte de las redes de distribución de energía eléctrica. Su función principal es la de interrumpir el paso de electricidad y cerrar sobrecorrientes de régimen transitorio, también entendidas como circuitos de corriente alterna, por medio del uso de secuencias y operaciones de cierres y apertura rápida o lenta, todo esto con el objetivo de tener control y coordinación con el resto de dispositivos que conforman las redes eléctricas aéreas.

Este control y coordinación que se logra en la red al contar con un dispositivo como este es sumamente útil cuando se presentan fallas en las líneas de distribución, pues con este equipo es posible aislar la línea en la que se presenta el inconveniente en un punto muy cercano a la falla, para así realizar el proceso de reconexión correspondiente, interrumpiendo la distribución eléctrica el menor tiempo posible.

De igual forma, un restaurador también puede interrumpir una falla mínima o temporal con el fin de evitar que se convierta en una falla mayor o permanente. Estos equipos pueden ser telecontrolados por medio de un radio de frecuencia, GPRS y fibra óptica que se conecta al relevador del equipo, que cuenta con los puertos necesarios para dicha conexión y así ser controlado desde una estación maestra de CFE.

Los principios básicos de funcionamiento de un dispositivo de este tipo son los siguientes: cuando el equipo recibe energía eléctrica estable, su funcionamiento se limita a mantener el control y coordinación de la red, pero si la corriente recibida rebasa el umbral (valor de pickup), es decir, un nivel de energía superior al preestablecido, entonces ocurren diferentes operaciones de disparo rápido y retardado, dependiendo de la gravedad o tipo de falla (temporal o permanente).

Este tipo de dispositivos están conformados por un cuerpo o caja metálica en la que se montan los interruptores aislados que reciben la corriente eléctrica, los cuales están fabricados con resina cloalifática, material con gran longitud de fuga e ideal para ambientes con altos índices de contaminación. Estos interruptores con los que cuentan los restauradores tienen una serie de sensores eléctricos que son los encargados de recibir la corriente, medir su intensidad y así identificar cuando existe una falla o sobrecarga.

En su interior cuenta con una serie de bobinas, contactos y engranajes que se activan durante los diferentes procesos de operación del dispositivo al detectar una falla. Gracias a su estructura autosoportada y la relativa sencillez de sus componentes, instalar un restaurador en cualquier punto de la red eléctrica aérea, que suele ser en los postes o subestaciones, es muy sencillo.

Asimismo, también debido a su estructura y sencillez de operación, sus tiempos de acción son sumamente rápidos, pues requiere de lapsos muy cortos para completar sus diferentes fases: el inicio de la secuencia de operación, el total de acciones de apertura o cierre, el tiempo de reconexión, el tiempo de reposición y ejecutar de nuevo la secuencia de operación una vez que se ha recuperado la corriente mínima para operar.

De manera más específica, cuando se presenta una falla en la red eléctrica aérea, los interruptores reciben la energía y detectan que esta supera los niveles preestablecidos, entonces esta energía se traslada a una bobina (primera apertura rápida) que aplica fuerza sobre un engranaje que gira en una sola dirección, lo que provoca que los contactos móviles, compuestos por resortes tensionados, caigan, llenen de energía una segunda bobina y se produzca el primer cierre rápido.

Cuando se produce el primer cierre rápido en los restauradores, al mismo tiempo se inicia una secuencia de operación sobre los contactos móviles que provoca la reconexión de los contactos fijos y en consecuencia que se lleve a cabo también la reconexión de las líneas, pero al mismo tiempo, el dispositivo se prepara automáticamente en caso que se presente una nueva falla.

Este procedimiento es el que estos equipos llevan a cabo cuando se presenta una falla temporal en la red de distribución de energía eléctrica aérea. Cuando se trata de una falla permanente, el procedimiento es idéntico, con la excepción de que los procesos de apertura y cierre rápido se producen varias veces, según su programación, y se adicionan procedimientos de apertura y cierre transitorio o retardado.

La programación de este tipo de dispositivos varía en función de las necesidades y características de la red eléctrica. En todos los casos un restaurador opera por medio de secuencias de apertura y cierre, las cuales pueden sucederse en un máximo de 5 y 4 veces, respectivamente. El tiempo de reconexión es el intervalo que sucede entre la apertura y el cierre de los contactos; el tiempo de reposición es el lapso que transcurre entre el momento en que terminan los procesos de apertura y cierre y el regreso a su programación inicial.

Existen diferentes tipos de restauradores los trifásicos y monofásicos, llamados así por su mecanismo de trabajo, también están los de control hidráulico o electrónico y los de microprocesador, clasificados así por el tipo de controladores que utilizan, y también están los equipos de restauración de aislamiento sólido, con aceite o SF₆, clasificación basada en el tipo de interrupción que se aplica [12].

2.3 Unidad Central Maestra (UCM)

La unidad terminal maestra o también llamada computadora central, es el centro o cerebro de cada sistema SCADA; siendo el dispositivo que emite todas las ordenes, realiza la captura de los datos que genera el proceso, guarda la información, manda la información a los diversos equipos que conformen a SCADA, inclusive es la interfaz con las personas que se encuentran en cargadas en el proceso.

Una unidad terminal maestra (UCM) es comparable como tener una o más estaciones del operador junto con una red de área local conectada a un sistema de comunicación el cual consiste en un modem y un sistema de radio comunicación para así recibir y transmitir. De ser posible es recomendable que se utilice un sistema landline en lugar de un sistema de radio comunicación ya que para este caso el modem se unirá de manera directa al landline.

Normalmente no hay módulos de entrada/salida que se encuentran conectados de manera directa a la unidad central maestra, aunque se puede dar el caso de que una UTR se encuentre localizada relativamente cerca del cuarto de la UCM. Las características que deben presentar una UCM son: la interfaz del operador debe de desplegar el estado en que se encuentra cada UTR y poder habilitar el mando hacia el operador cuando se lo requiera, guarda la información de las UTR's, alarma de datos de la UTR.

La estación maestra debe de cumplir con dos objetivos principales: obtener los datos de campo de forma periódica de las UTR's y de las estaciones submaster, tener un control sobre los dispositivos remotos a través de la estación del operador. Existen distintas combinaciones de sistemas posibles en cuanto a la conexión física entre la estación maestra y los demás dispositivos que se controlaran por medio de ella.

En ocasiones suele ser recomendable preparar una estación submaster con la finalidad de controlar los sitios dentro de un área específica. La submaster tendrá funciones distintas en comparación con la unidad terminal maestra y son las siguientes: adquirir los datos de cada UTR que se encuentren en un aérea específico, desplegar los datos adquiridos en una estación del operador local, enviar datos hacia la unidad central maestra, servir de interfaz entre la unidad maestra y la UTR al tratar de enviar cualquier tipo de instrucción.

Existen tres funciones básicas que debe realizar una UCM y que le sirvan como distintivo para ser considerada como tal. El establecimiento de las comunicaciones; esto es configurar cada UTR, inicializar cada UTR dentro de los parámetros entrada/salida y por ultimo encargarse del control, transmisión y adquisición de los datos de cada UTR. Funcionamiento en el enlace de comunicaciones; en un arreglo amo-esclavo registre los datos que le envié cada UTR, sean procesados y sea enviada una respuesta hacia la UTR que corresponda.

Los diagnósticos; se encarga de proporcionar la información de diagnóstico exacta sobre un mal funcionamiento de una UTR y los posibles problemas; por si eso fuera poco, predecir problemas potenciales como por ejemplo las cargas excesivas de datos. Existen tres componentes dentro del software de la UCM que son el software del sistema operativo, el software del sistema SCADA y la aplicación del software SCADA.

El firmware necesario para un correcto funcionamiento es conocido como BIOS que actúa como interfaz entre el sistema operativo y el hardware de la computadora. Se pueden mencionar como ejemplos los sistemas MS-DOS, Windows, Windows NT y en os distintos sistemas UNIX. La UTM es la encargada de enviar toda la información a todas las UTR's que conformen el sistema y por lo regular utiliza el mismo medio y el mismo protocolo que la UTR utiliza para enviarle la información.

Las comunicaciones existentes son iniciadas por los programas dentro de la UTM el cual puede ser activado por las instrucciones de forma manual por parte del operador, este procedimiento es muy poco utilizado o por otros programas que conforman a la UTM y que comienzan la comunicación con las UTR's de manera automática, cabe mencionar que este método es el que se utiliza en un 99%.

La unidad terminal maestra no solo contiene una comunicación con cada UTR si no con elementos como copiadoras y CRT's que conforman la interfaz del operador y para lograrlo utiliza los mismo protocolos que emplea una computadora convencional ya que en muchos casos las UTM's son los responsables de enviar los datos que se generan a las computadoras que se encuentran en las distintas áreas que conforman la empresa.

2.4 Unidad Terminal Remota (UTR)

Se encuentra constituida por todo elemento que envíe cualquier tipo de información a la unidad central, por ende es parte del proceso productivo y su ubicación se encuentra por lo general dentro de la planta. La UTR son dispositivos que tiene como base microprocesadores e interfaces de entrada y salida, permitiéndonos obtener señales de forma independiente del o los procesos para así poder enviar la información generada a una sala de control utilizando para ello técnicas de transmisión de datos.

En la sala de control se haya el sistema SCADA, el cual nos permitirá poder visualizar las variables enviadas por la UTR en donde será procesada. La UTR es conectado al equipo de manera física y se encarga de leer los datos de estado tales como abierto o cerrado de una válvula o de un interruptor, lee las medidas de presión, voltaje, flujo o corriente. Gracias a estos dispositivos se pueden leer el estado de los datos digitales o medidas de los dato analógicos.

Un sistema puede estar conformado por varios UTR's siendo capaz de captar un mensaje que este diseccionado hacia él, decodificándolo, actuando y respondiendo si fuera necesario y esperar por un nuevo mensaje. La conexión existente entre un UTR y los dispositivos de campo es en la mayoría de las veces realizadas vía conductor eléctrico, la UTR se encarga de proveer la potencia para los sensores y los actuadores, siendo que algunas veces estos elementos vienen provistos.

Son un equipo de soporte si llegan a existir una falla en la alimentación de energía y es conocido como UPS (uninterruptible power supply). Un UTR, también puede recopilar información del “dispositivo maestro” y ejecutar los procesos que se encarga de controlar éste dispositivo. En la figura 2.6 se puede apreciar la forma en que se conecta un dispositivo UTR.

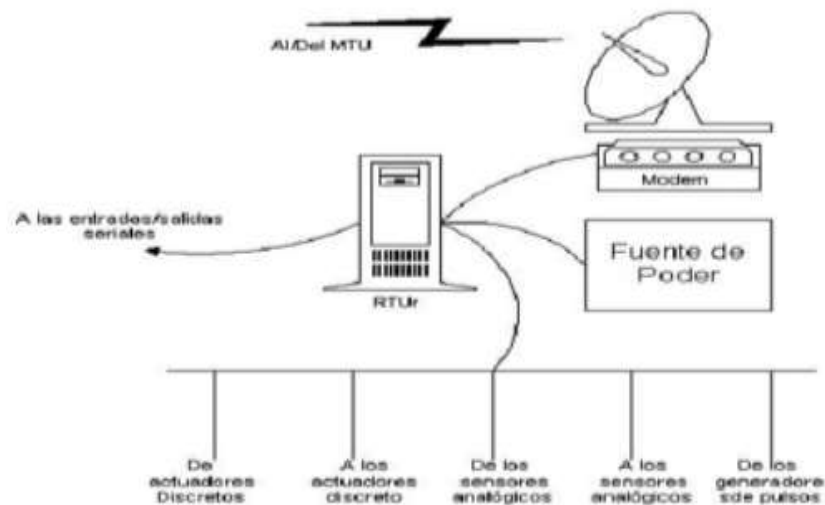


Fig. 2.4 Conexiones de un dispositivo UTR.

Una UTR por lo general debe de contar con módulos analógicos y digitales, pero se suele dar el caso en el que se emplean un módulo analógico mixto y un módulo digital dando como resultados que se tenga cuatro entradas analógicas (8 bits de resolución), dos entradas digitales, una salida digital y dos salidas analógicas (8 bits de resolución). La UTR debe ser bastante flexible para que en él se pueda tener o emplear distintas interfaces de comunicación.

Cabe mencionar que una UTR cuenta o se encuentran conectada a una fuente de poder la cual debe cumplir con ciertos requerimientos técnicos para un buen funcionamiento del equipo y entre los cuales destacamos que debe poder operar con un voltaje de 110/240 VAC $\pm 10\%$ a 50 Hz o con voltajes de 12/24/48 VDC $\pm 10\%$. Las baterías que debe tener son de plomo o de cadmio- níquel.

Se debe considerar que lo más conveniente es que sean recargables, contando con una duración de 20 horas de operación y un tiempo de recarga que no exceda las 12 horas. Existen otros parámetros que deben de ser monitoreados y transmitidos de forma constante hacia la estación maestra (UTM) y es lectura de la batería analógica y la alarma de la batería empleada para el voltaje sí este se pudiese encontrar fuera del rango considerado como normal. [13]

Las unidades terminales remotas, deberán ser capaces de procesar la información recibida de los equipos instalados en campo y enviarla a la estación central cuando sea requerida, así como también de ejecutar las órdenes transmitidas por la estación maestra. Recoger, analizar, almacenar los datos recibidos del proceso, preparar los datos para su transmisión al centro de control de acuerdo con prioridades y criterios de seguridad prefijados, recibir, verificar y ejecutar instrucciones del centro de control.

3. Desarrollo

3.1 Simulación de pruebas de comunicación de la ubicación actual de los equipos

Para la simulación de pruebas de comunicación de los equipos EPROSEC (equipos de protección y seccionamiento) Teopisca 4012, Chenalo 4022 – Pantelo 4012, Comitán 4050, Margaritas 4032, Schpoina 4010 y Schpoina 4020 que no se tienen telecontrolados, primero se obtuvieron sus coordenadas geográficas de los equipos (restauradores y seccionadores).

En la tabla 3.1 se observan las coordenadas geográficas de los equipos instalados actualmente en la zona de San Cristóbal de las Casas, Chiapas

	Circuito origen	Circuito destino	Tipo de equipo	Coord. Actual X,Y
1	TEP 4012	TEP 4012	RESTAURADOR	559290.8777, 1827521.8137
2	CHE 4022- PAN 4012	CHE 4022- PAN 4012	SECCIONADOR	547205.32, 1875552.05
3	CJT 4050	CJT 4050	RESTAURADOR	601741.6597, 1797424.6324
4	MAR 4032	MAR 4032	RESTAURADOR	609076, 1804958
5	SCH 4010	SCH 4010	RESTAURADOR	559504, 1798526
6	SCH 4020	SCH 4020	RESTAURADOR	566369.5398, 1809176.4294

Tabla 3.1 Ubicación actual de los equipos EPROSEC.

En la figura 3.1 se observa que el equipo actual R0001 del circuito TEP 4012 actual no tiene enlace de comunicación con el repetidor Laguna Chamula por que el nivel de Transmisión y recepción entre estos equipos es de 106.6 dBm (decibeles). Para que un equipo tenga enlace de comunicación debe estar en el rango de 50dBm a 90dBm.

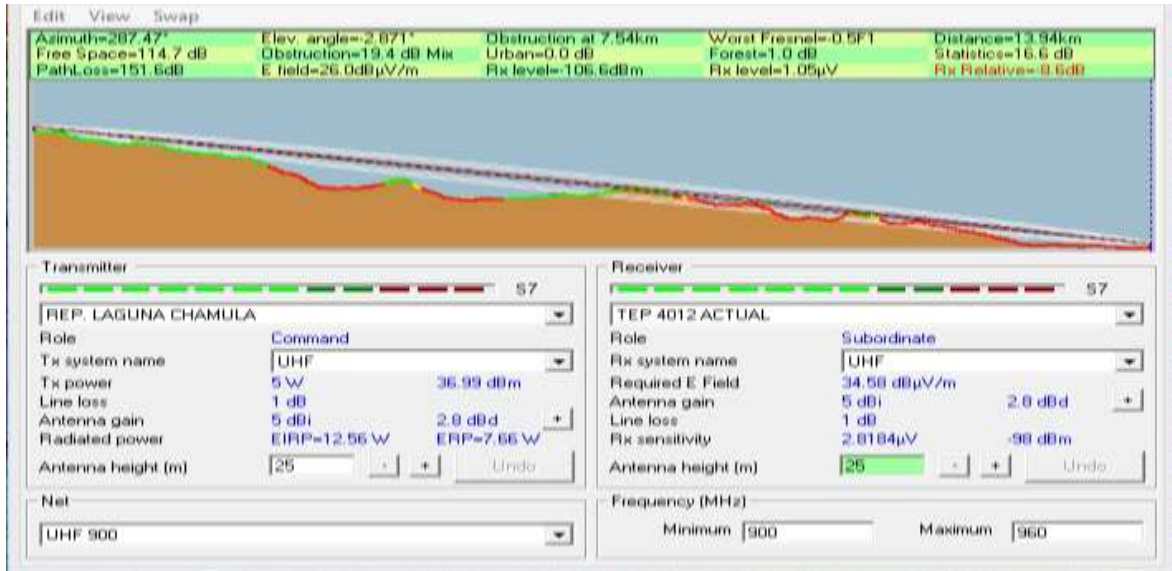


Fig. 3.1 Prueba de comunicación del equipo acual TEP 4012.

En la figura 3.2 se observa que el equipo CHE4022-PAN4012 actual no tiene enlace de comunicación con el Repetidor Jabalton por que tiene un nivel de transmisión y recepción de 100.0 dBm (decibeles).

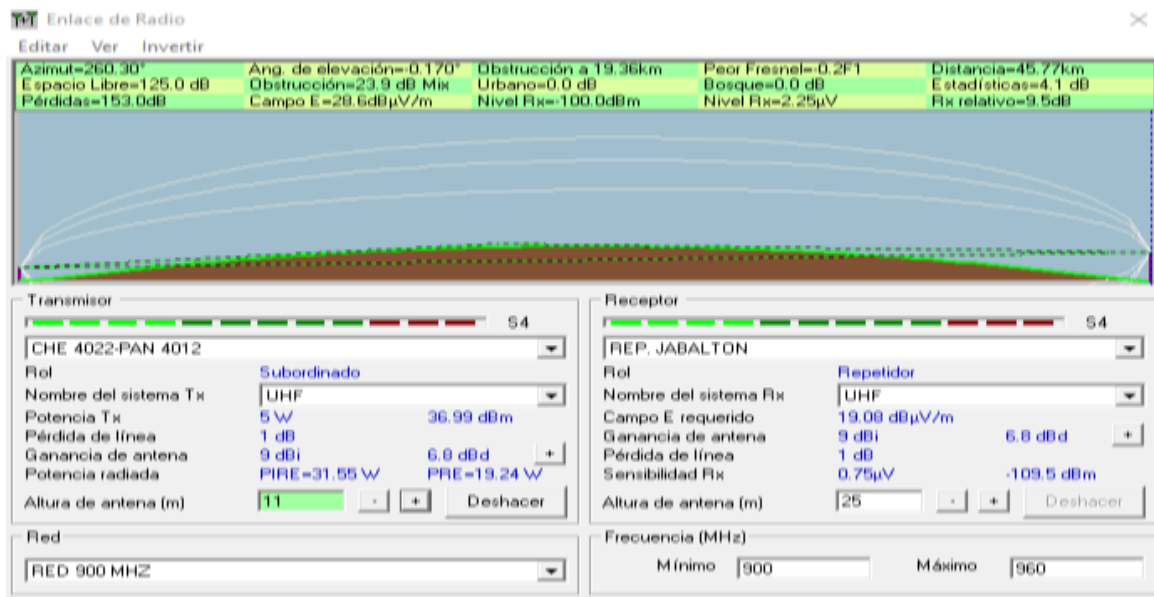


Fig. 3.2 Prueba de comunicación del equipo CHE4022-PAN4012.

En la figura 3.3 se observa que el equipo CJT 4050 actual si tiene enlace de comunicación con el repetidor Belisario Domínguez con un nivel de transmisión y recepción de 82.6 dBm (decibeles).

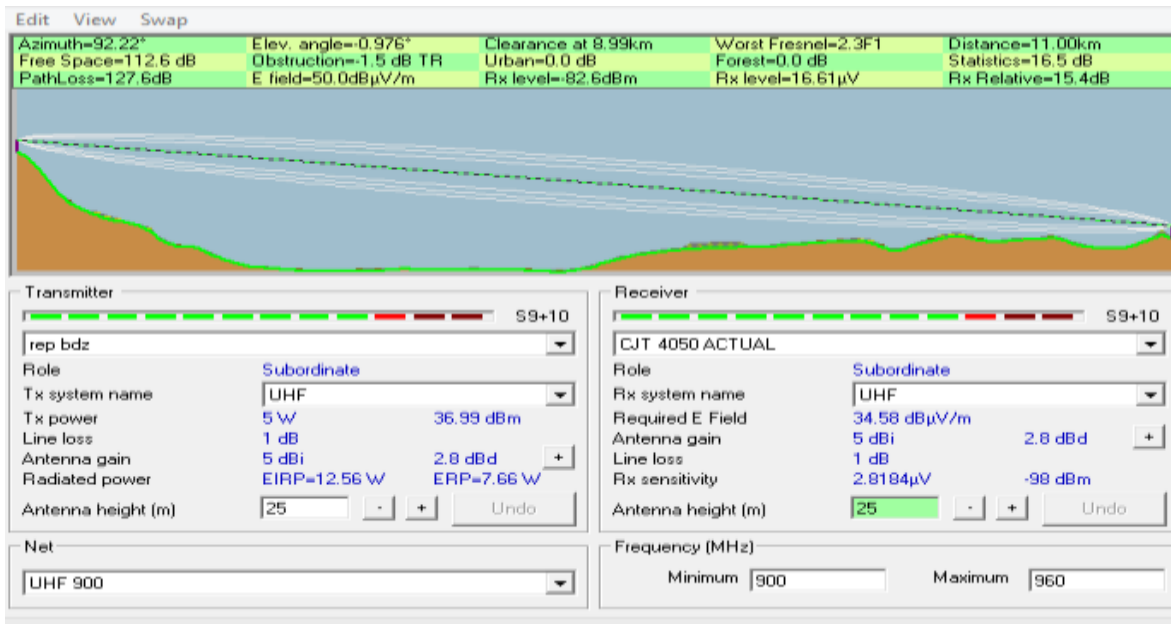


Fig. 3.3 Prueba de comunicación del equipo CJT 4050.

En la figura 3.4 se observa que el equipo MAR 4032 actual si tiene enlace de comunicación con el Repetidor Margaritas con un nivel de transmisión y recepción de 70. 5dBm (decibeles).

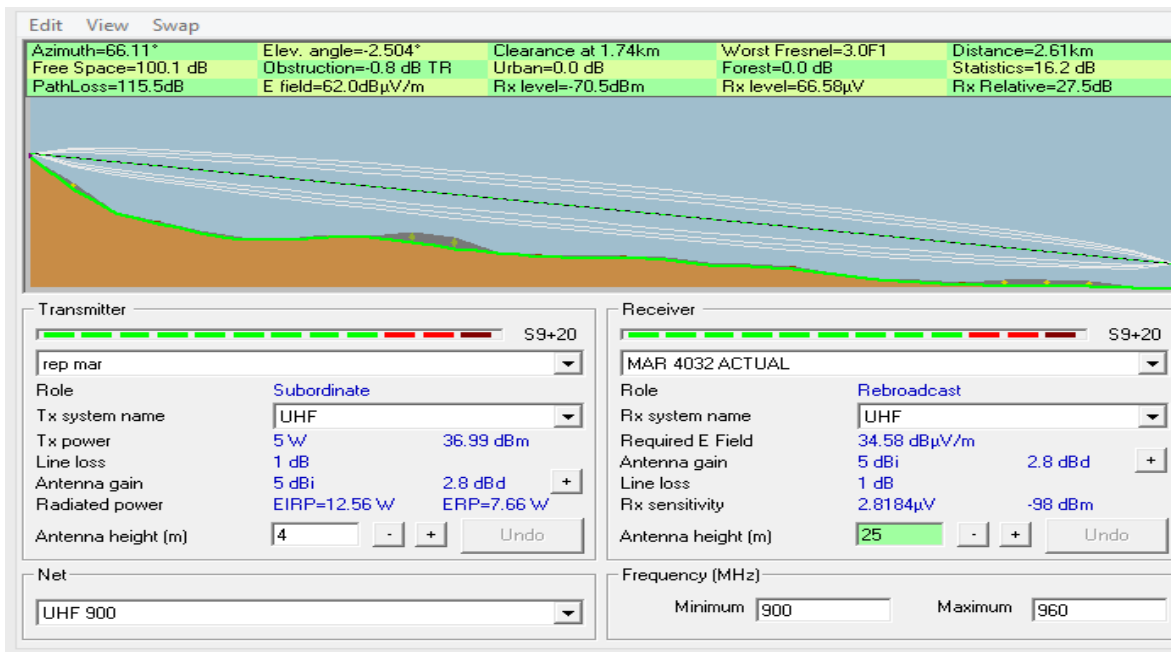


Fig. 3.4 Prueba de comunicación del equipo MAR 4032.

En la figura 3.5 se observa que el equipo SCH 4010 actual no tiene enlace de comunicación con el Repetidor flm por que tiene un nivel de transmisión y recepción de 102.5 dBm (decibeles).

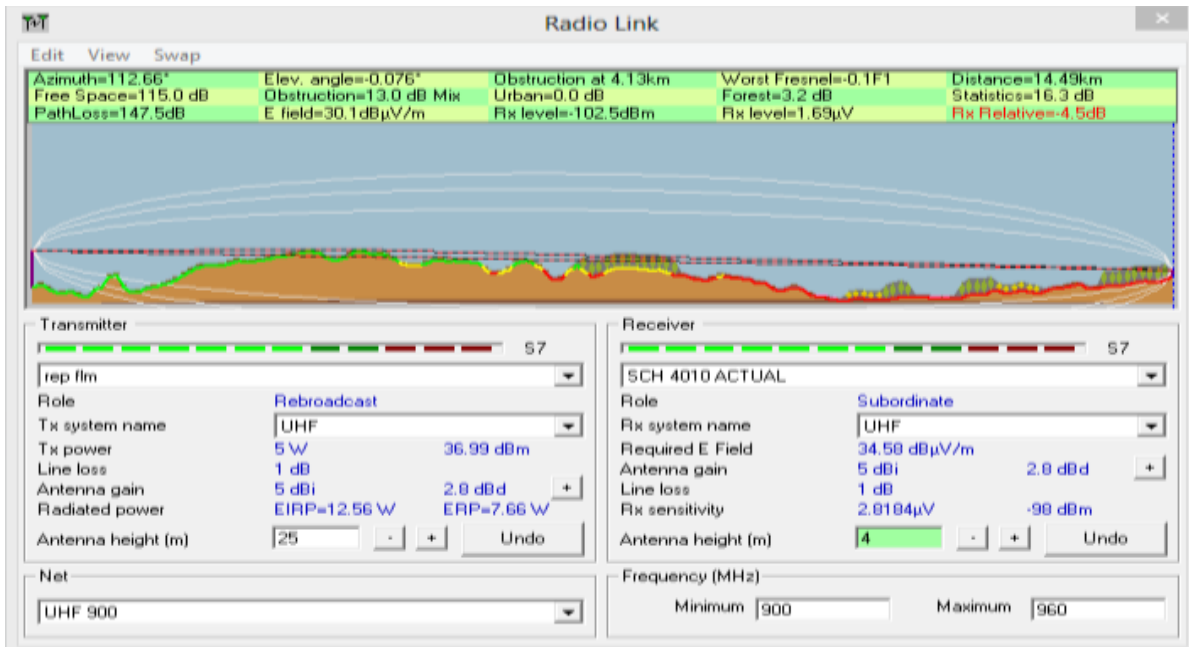


Fig. 3.5 Prueba de comunicación del equipo SCH 4010.

En la figura 3.6 se observa que el equipo SCH 4020 actual no tiene enlace de comunicación con el Repetidor FLM por que tiene un nivel de transmisión y recepción de 91.2 dBm (decibeles).

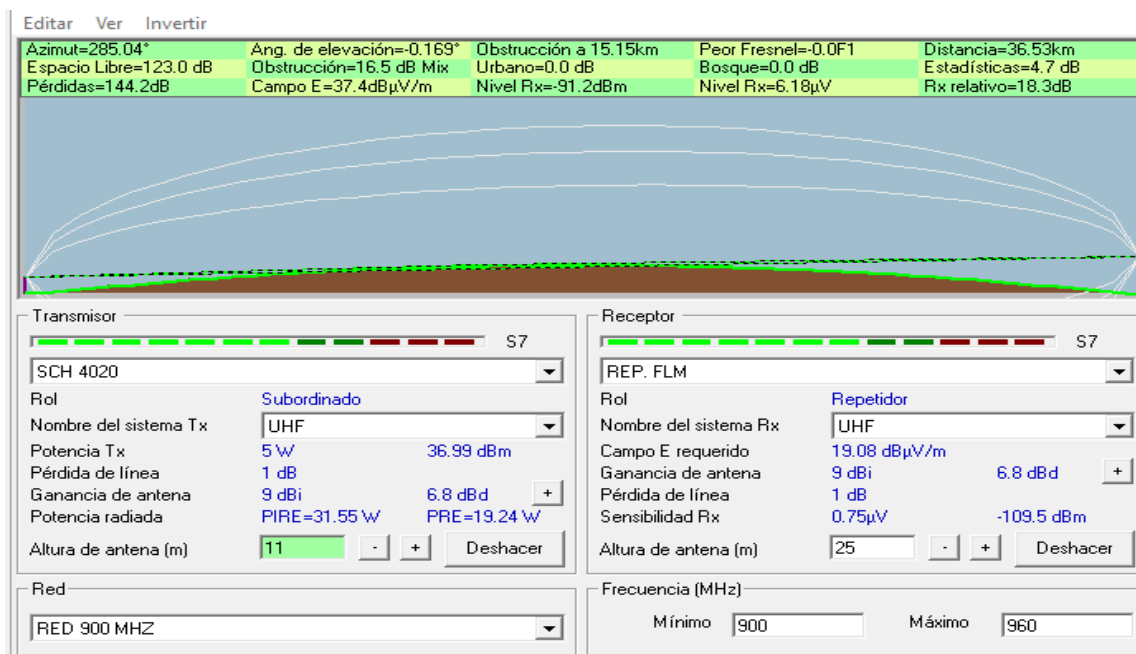


Fig. 3.6 Prueba de comunicación del equipo SCH 4020.

3.2 Estudio de posicionamiento de fallas SISNAE (Sistema Nacional Eléctrico)

Se realizó un estudio de fallas en los últimos ocho meses en cada uno de los circuitos donde están ubicados los equipos que no se tienen telecontrolados para que cuando se reubicaran en donde se tiene telecontrol no se dejaran instalados donde había la mayor incidencia de fallas.

Posicionamiento de fallas del circuito TEP 4012.- Se encontraron 10 fallas en el circuito TEP 4012 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo a un lugar que se tenga comunicación y que este alejado del lugar donde se da la mayor incidencia de fallas.

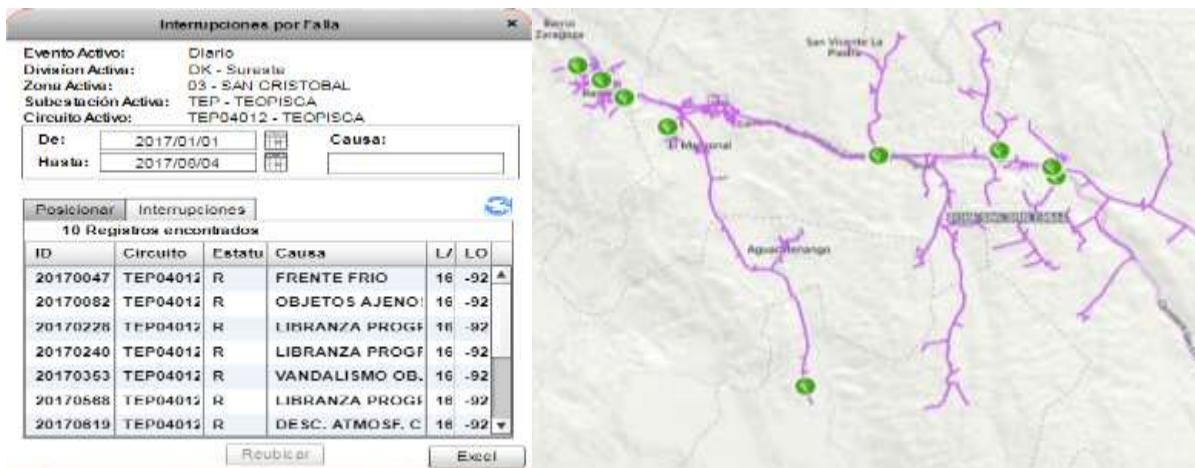


Fig. 3.7 Posicionamientos de fallas TEP 4012.

Posicionamiento de fallas del circuito CJT 4050.- Se encontraron 22 fallas en el circuito CJT 4050 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo antes del lugar de las incidencias de fallas.

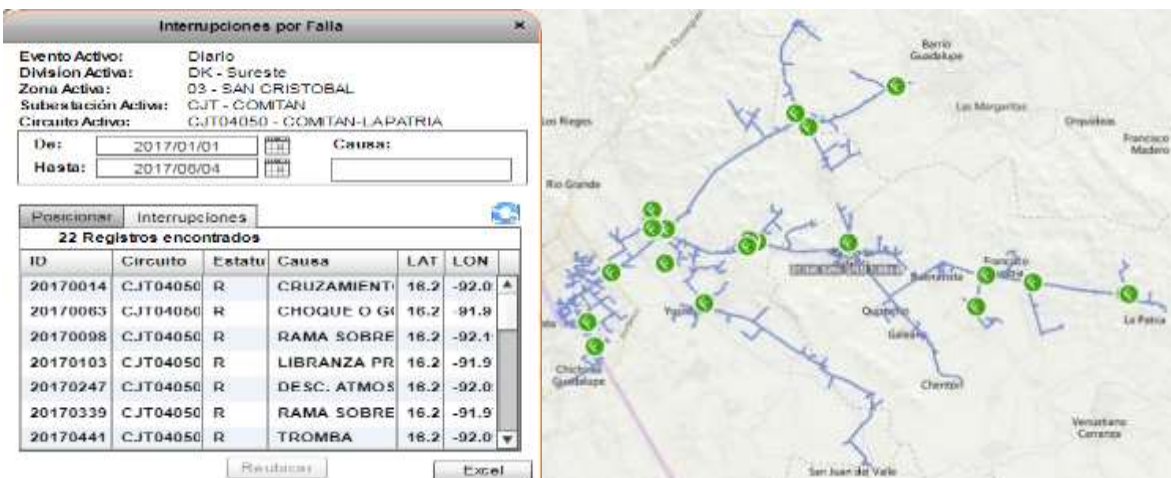


Fig. 3.8 Posicionamientos de fallas CJT 4050.

Posicionamiento de fallas del circuito MAR 4032.- Se encontraron 15 fallas en el circuito MAR 4032 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo antes del lugar de las incidencias de fallas.

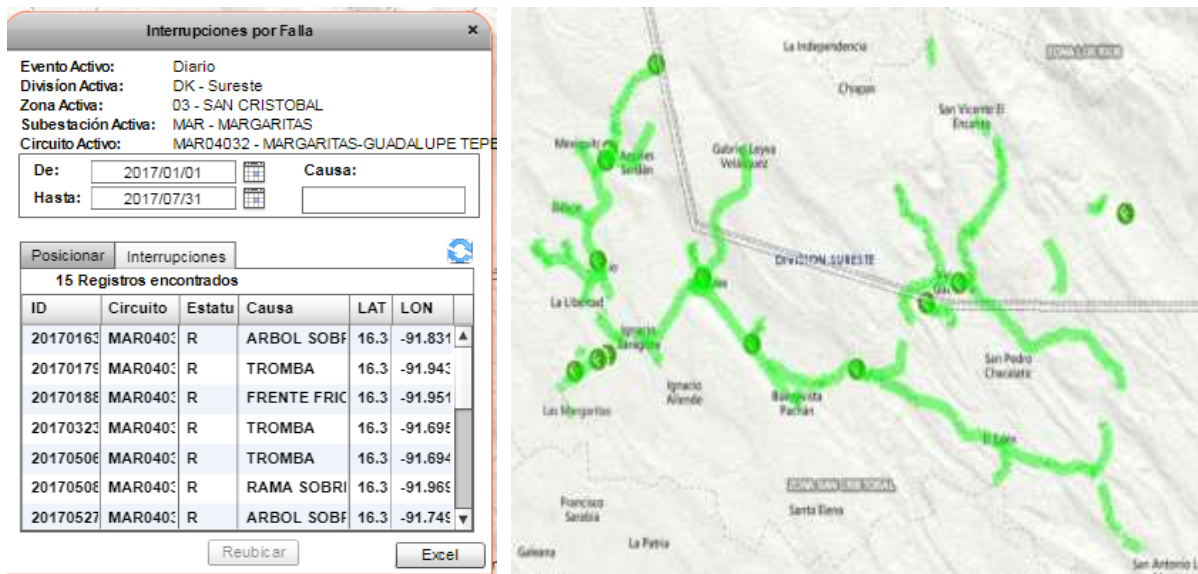


Fig. 3.9 Posicionamientos de fallas MAR 4032.

Posicionamiento de fallas del circuito SCH 4010.- Se encontraron 30 fallas en el circuito SCH 4010 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo a un lugar que se tenga comunicación y que este alejado del lugar donde se da la mayor incidencia de fallas.

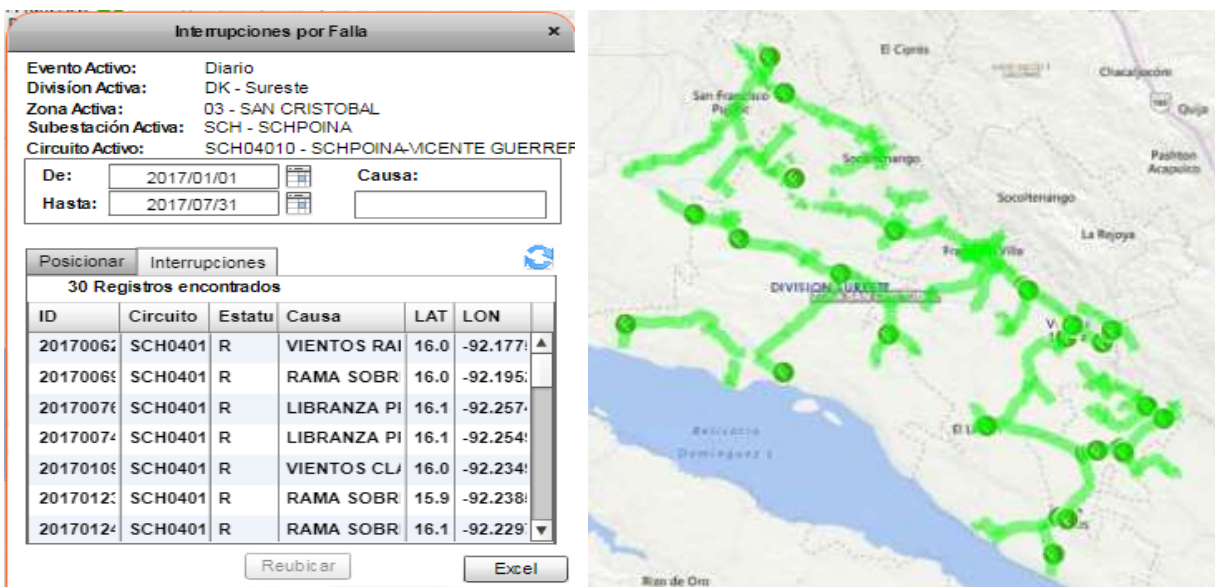


Fig. 3.10 Posicionamientos de fallas SCH 4010.

Posicionamiento de fallas del circuito SCH 4020.- Se encontraron 9 fallas en el circuito SCH 4020 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo a un lugar que se tenga comunicación y que este alejado del lugar donde se da la mayor incidencia de fallas.

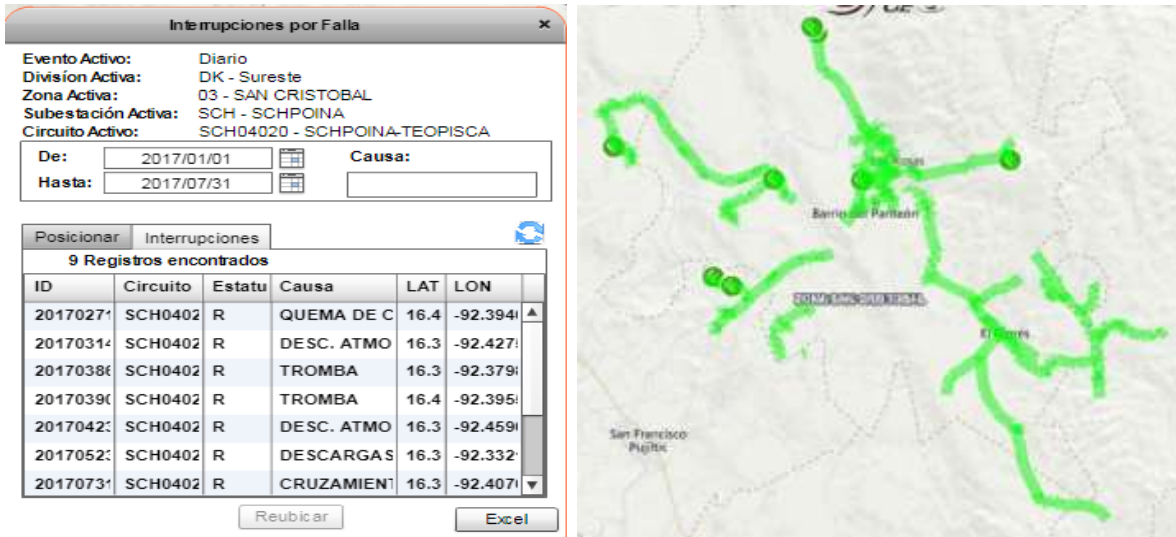


Fig. 3.11 Posicionamientos de fallas SCH 4020.

Posicionamiento de fallas del circuito CHE 4022-PAN 4012.- Se encontraron 2 fallas en el circuito CHE 4022-PAN 4012 antes de la ubicación actual del equipo restaurador por lo que se propone reubicarlo a un lugar que se tenga comunicación y que este alejado del lugar donde se da la mayor incidencia de fallas.

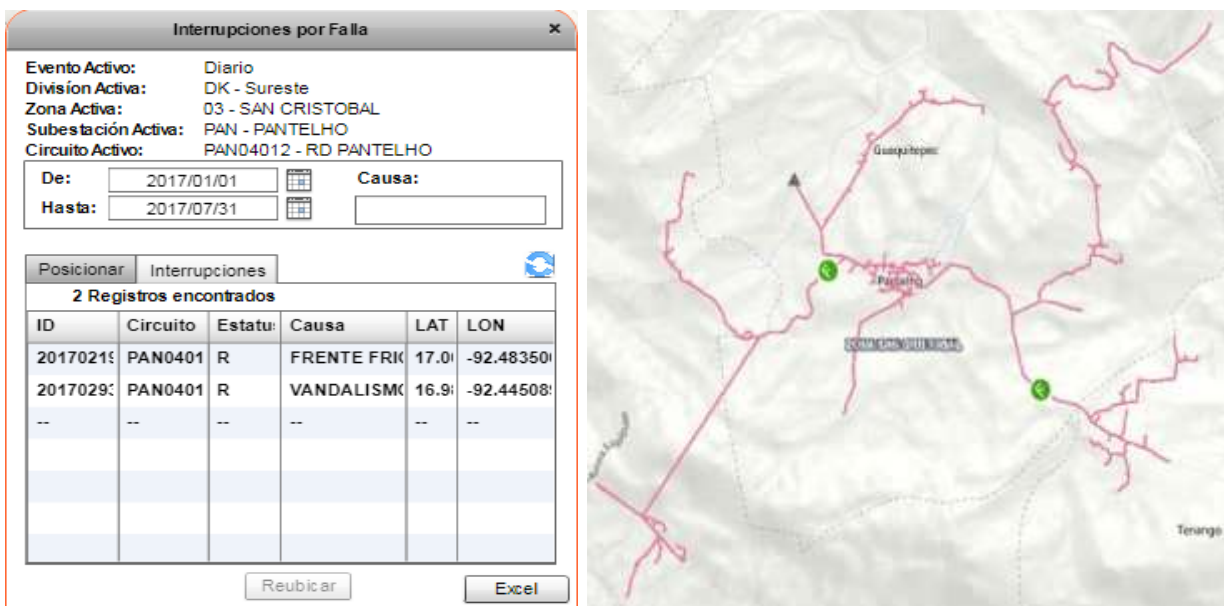


Fig. 3.12 Posicionamientos de fallas CHE4022-PAN4012.

3. 3 Simulación de pruebas de comunicación de los equipos reubicados

Para la reubicación de los equipos Teopisca 4012, Chenalo 4022 – Pantelo 4012, Comitán 4050, Margaritas 4032, Schpoina 4010 y Schpoina 4020 que no se tienen telecontrolados en la zona de San Cristóbal de las casas, Chiapas se realizaron varias simulaciones de pruebas de comunicación para encontrar una nueva ubicación donde se tuviera enlace de comunicación y estuviera alejado del historial de incidencias de fallas de cada uno de los equipos y para verificar que si tenían enlace de comunicación con los equipos en la ubicación propuesta se realizaron pruebas de campo.

Prueba de comunicación del equipo TEP 4012.- En la figura 3.13 se observa que el equipo TEP 4012 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor Laguna Chamula con un nivel de transmisión y recepción de 89dBm (decibeles).

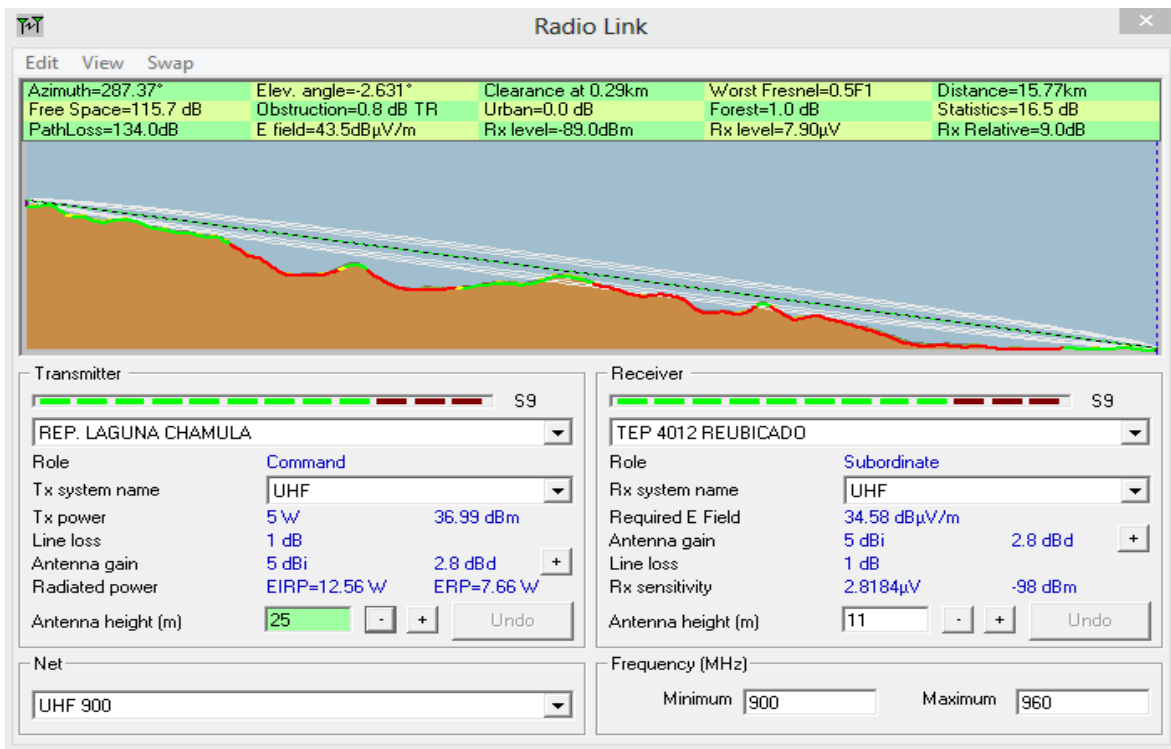


Fig. 3.13 Prueba de comunicación del equipo reubicado TEP 4012.

Prueba de comunicación del equipo CJT 4050.- En la figura 3.14 se observa que el equipo CJT 4050 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor Belisario Domínguez con un nivel de transmisión y recepción de 69.2dBm (decibeles).

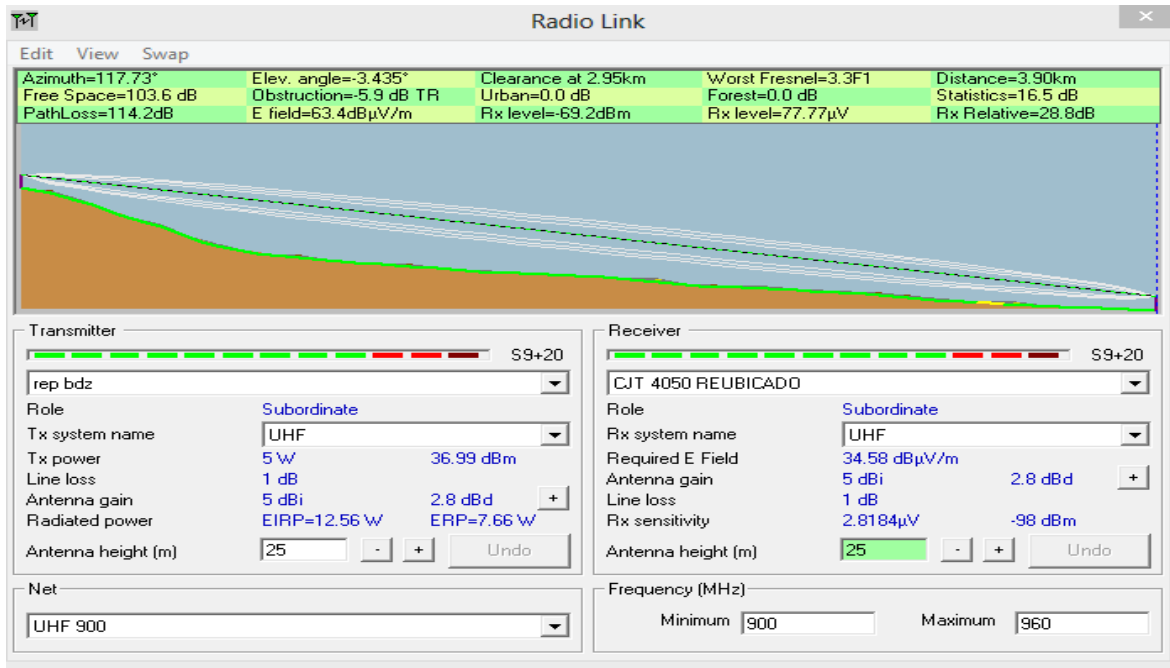


Fig. 3.14 Prueba de comunicación del equipo reubicado CJT4050.

Prueba de comunicación del equipo CHE4022-PAN4012.- En la figura 3.15 se observa que el equipo CHE4022-PAN4012 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor Jabalton con un nivel de transmisión y recepción de 79.6dBm (decibeles).

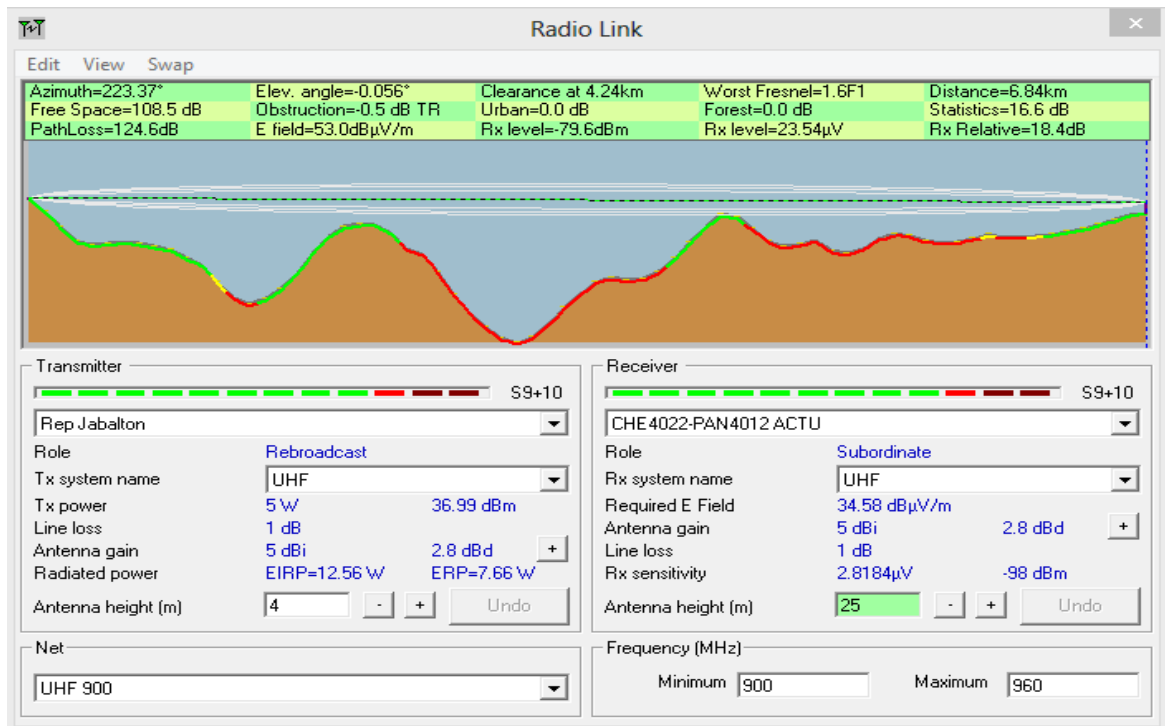


Fig. 3.15 Prueba de comunicación del equipo reubicado CHE4022-PAN4012.

Prueba de comunicación del equipo MAR 4032.- En la figura 3.16 se observa que el equipo MAR 4032 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor Mar con un nivel de transmisión y recepción de 83.8dBm (decibeles).

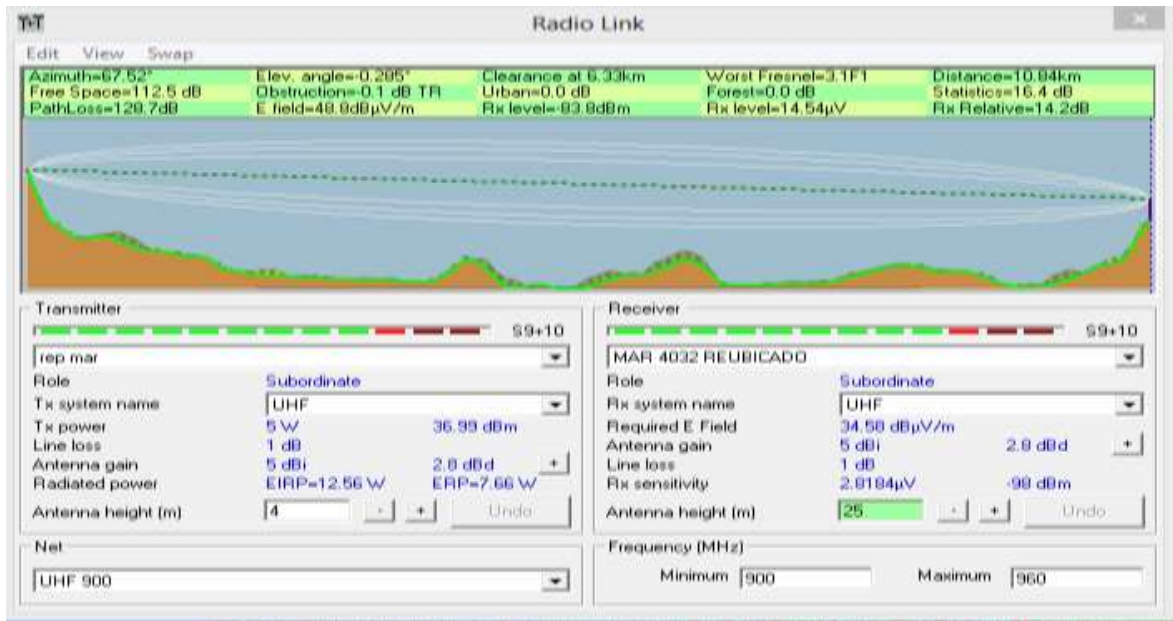


Fig. 3.16 Prueba de comunicación del equipo reubicado MAR 4012.

Prueba de comunicación del equipo SCH 4010.- En la figura 3.17 se observa que el equipo SCH 4010 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor FLM con un nivel de transmisión y recepción de 65.1dBm (decibeles).

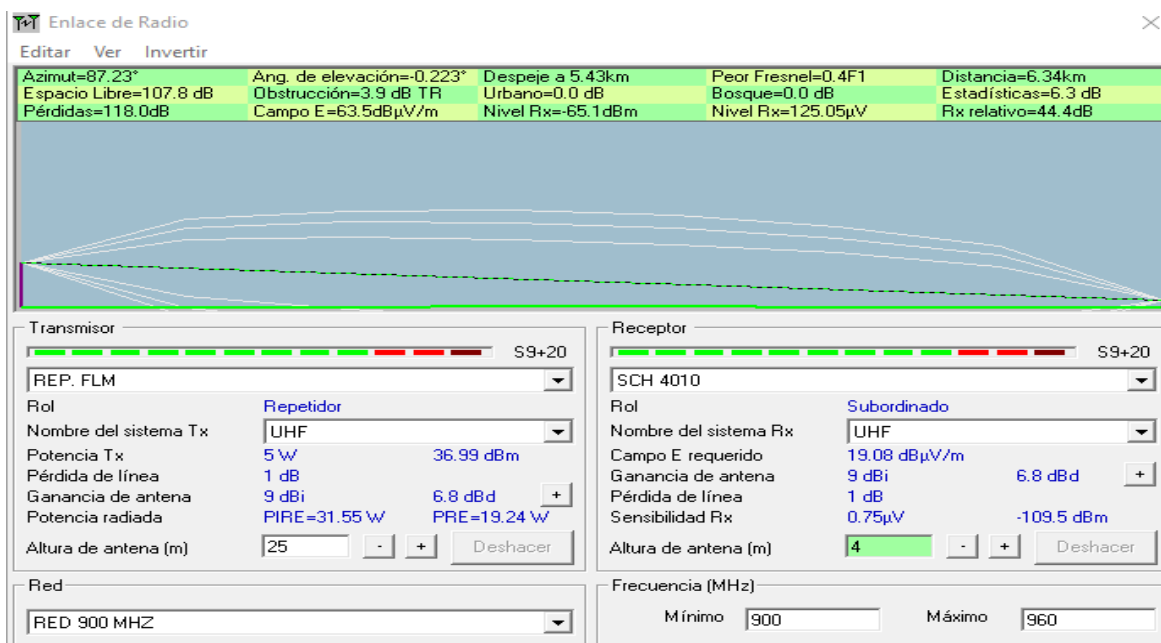


Fig. 3.17 Prueba de comunicación del equipo reubicado SCH4010.

Prueba de comunicación del equipo SCH 4020.- En la figura 3.18 se observa que el equipo SCH 4020 reubicado si tiene enlace de comunicación con el Repetidor FLM con un nivel de transmisión y recepción de 65.2dBm (decibeles).

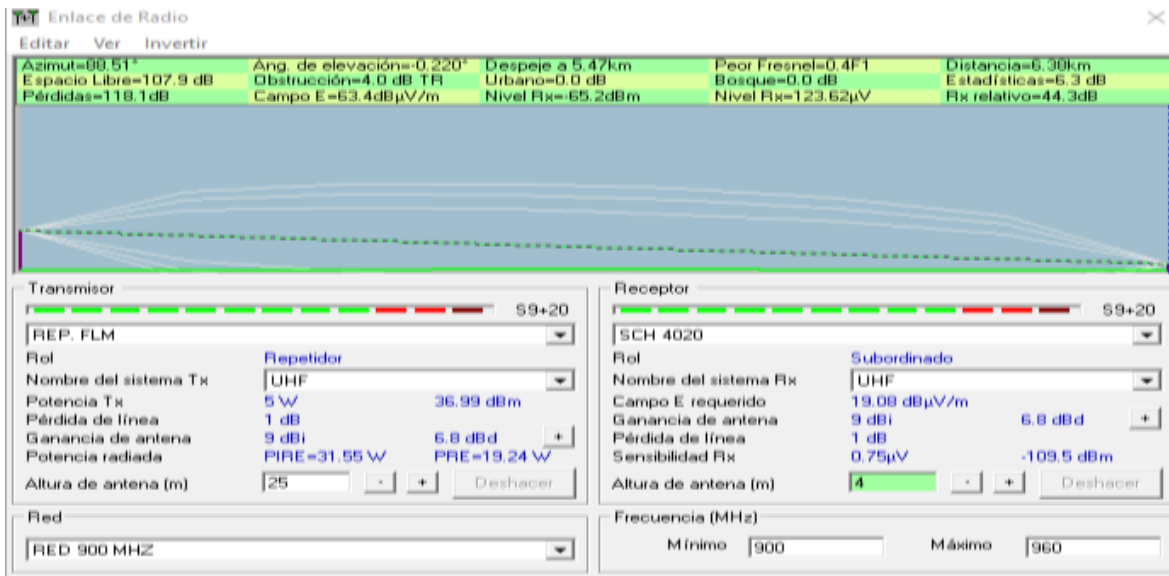


Fig. 3.18 Prueba de comunicación del equipo reubicado SCH4020.

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Reubicación de los equipos EPROSEC (Equipos de protección y seccionamiento)

En la tabla 4.1 se observa las coordenadas de los equipos reubicados.

	Circuito origen	Circuito destino	Tipo de equipo	Coord. Actual X,Y	Coord. reubicada X,Y
1	TEP 4012	TEP 4012	RESTAURADOR	559290.8777, 1827521.8137	557535.1468, 1828034.2387
2	CHE 4022- PAN 4012	CHE 4022- PAN 4012	SECCIONADOR	547205.32, 1875552.05	540120.33, 1871031.75
3	CJT 4050	CJT 4050	RESTAURADOR	601741.6597, 1797424.6324	594187.3041, 1796011.0869
4	MAR 4032	MAR 4032	RESTAURADOR	609076, 1804958	616700, 1808069
5	SCH 4010	SCH 4010	RESTAURADOR	559504, 1798526	559647.94, 1799630.27
6	SCH 4020	SCH 4020	RESTAURADOR	566369.5398, 1809176.4294	565923.2150, 1807734.9299

Tabla 4.1 Ubicación actual y reubicados de los equipos EPROSEC.

Reubicación del equipo TEP 4012.- En la figura 4.1 se observa la reubicación del equipo R0001 del circuito TEP 4012 que no se tenía telecontrolado. Con la reubicación del R0001 del TEP 4012 se podrá tener telecontrol del equipo y se podrá realizar transferencia de carga con el circuito SCH 4020 a través del telemando cuando ocurra una falla.

Se obtendrá un gran beneficio para los usuarios porque gracias a que se podrá realizar transferencia de carga entre los circuitos TEP 4012 y SCH 4020 cuando ocurra una falla en cualquiera de estos dos circuitos y por lo tanto será menor los tiempos de interrupción del servicio eléctrico

También impactara de manera económica para la empresa por que será mucho menor los tiempos de interrupción de la energía eléctrica y por lo consiguiente mejorara la calidad de la energía.

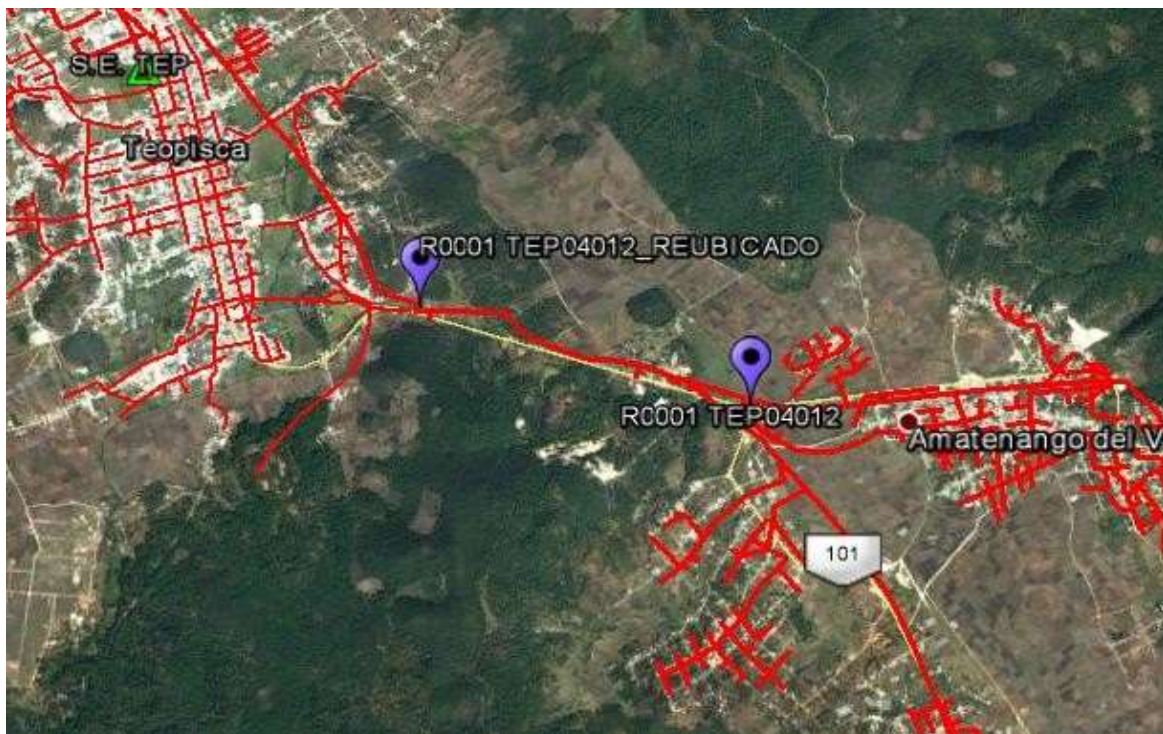


Fig. 4.1 *Reubicación del equipo TEP 4012.*

Reubicación del equipo CJT 4050.- En la figura 4.2 se observa la reubicación del equipo R001 del circuito CJT 4050 que no se tenía Telecontrolado. Con el movimiento del restaurador R001 se podrá dividir la carga urbana de la rural, respaldando el 43.8% de los usuarios con el 49% de la demanda total del circuito en caso de falla adelante del equipo propuesto, considerando que la mayor incidencia de fallas ha sido adelante de la ubicación propuesta.



Fig. 4.2 *Reubicación del equipo CJT 4050.*

Reubicación del equipo MAR 4032.- En la figura 4.3 se observa la reubicación del equipo R001 del circuito MAR 4032 que no se tenía Telecontrolado. Se reubico el R001 MAR 4032 ramal Guadalupe Tepeyac, del punto 1 al punto 2 esto para afectar la menor cantidad de usuarios ante una interrupción, considerando también que actualmente del R001 al Mar 4032 no se respalda ningún número importante de usuarios.



Fig. 4.3 *Reubicación del equipo MAR 4012.*

Reubicación del equipo CHE4022-PAN4012.- En la figura 4.4 se observa la reubicación del equipo S0001 del circuito CHE4022-PAN4012. Se reubicó el seccionador de enlace, ya que en el lugar actual no contaba con telecontrol, en el lugar a reubicar solo contaba con c.o.g. n.a., en ese punto se instaló el seccionador, el cual contara con línea de vista del repetidor y quedará telecontrolado.

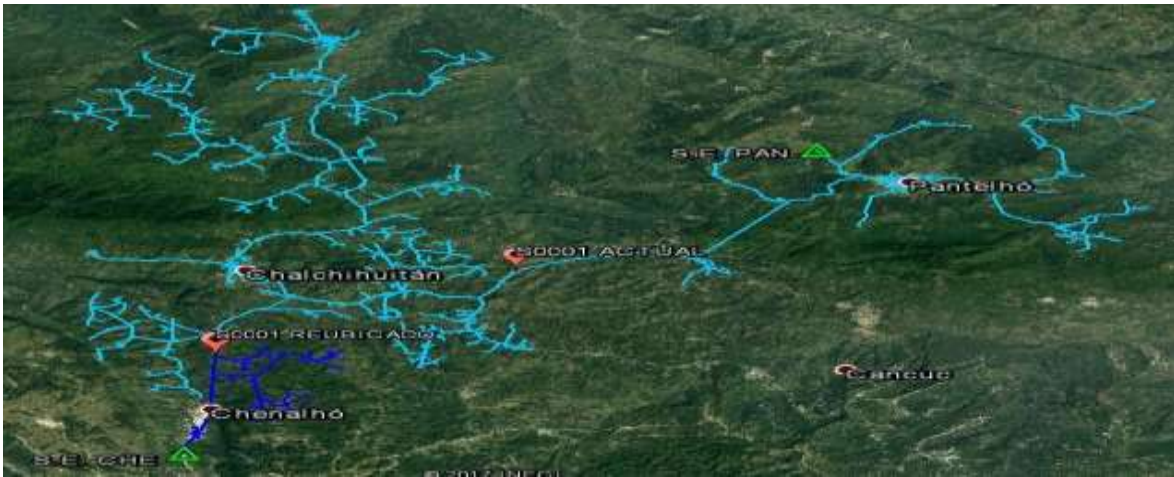


Fig. 4.4 Reubicación del equipo CHE4022-PAN4012.

Reubicación del equipo SCH 4010.- En la figura 4.5 se observa la reubicación del equipo R0001 del circuito SCH 4010 que no se tenía telecontrolado. Con la reubicación del R0001 del SCH 4010 se podrá tener telecontrol del equipo. Otro punto muy importante es que con la reubicación del R0001, carga importante del circuito, para el caso de fallas del restaurador hacia la subestación se podrá transferir la carga de la mesilla hacia el FLM 4010 con el enlace de los taxis.

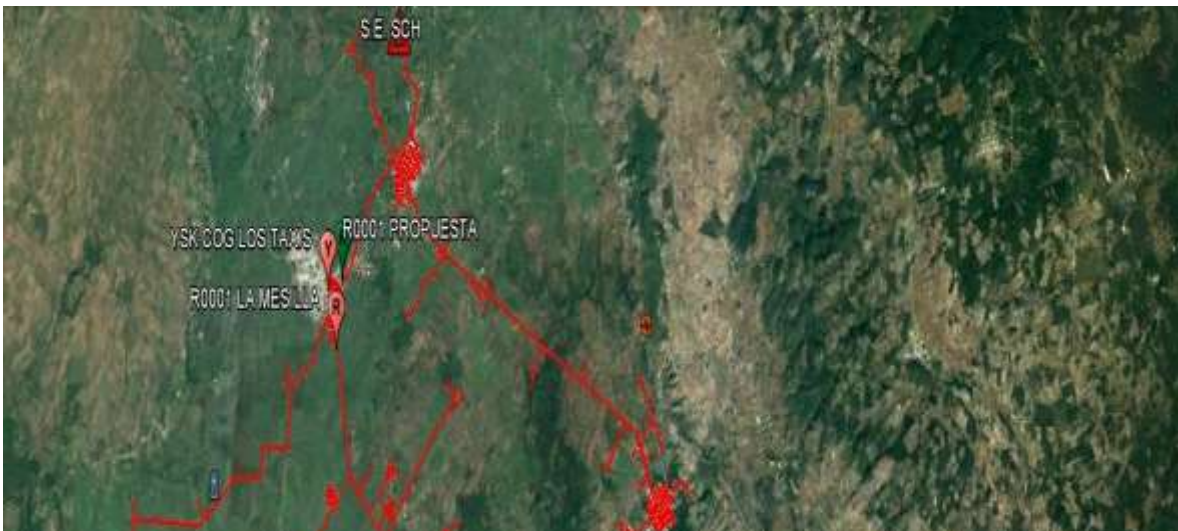


Fig. 4.5 Reubicación del equipo SCH 4010.

Reubicación del equipo SCH 4020.- En la figura 4.6 se observa la reubicación del equipo R0001 del circuito SCH 4020 que no se tenía telecontrolado. Se reubico el R0001 ramal villa las rosas (sin telecontrol) hacia la troncal del circuito (telecontrolado) con la finalidad de poder transferir la carga al TEP 4012, ante fallas atrás del restaurador e instalando protección CCF3D para protección del ramal Villa las Rosas.



Fig. 4.6 Reubicación del equipo SCH 4020.

4.2 Conclusiones

La automatización de los equipos de red eléctrica (restauradores y seccionadores) combina cada equipo de distribución involucrado, con el equipamiento de telecontrol y de comunicaciones para poder comunicarlos y hacerlos actuar de manera inteligente y nos permite supervisar, monitorear los puntos de un circuito eléctrico de distribución, como son parámetros de voltaje, corriente.

Gracias a la automatización de las redes eléctricas se reducirán los costos, tiempo y mano de obra porque las cuadrillas de CFE ya no tendrán que trasladarse hasta el lugar donde se encuentra el restaurador o seccionador para abrir o cerrar un circuito de forma manual en caso de falla y por lo tanto se tendrá un ahorro en combustibles y por lo consiguiente evitaremos contaminar nuestro medio ambiente.

Los mayores beneficiados con este proyecto serán los usuarios y la empresa porque tendrán menos tiempo de interrupción del servicio eléctrico en caso de falla ya que se podrá realizar transferencia de carga de un circuito a otro de forma remota por medio del telecontrol siempre y cuando el circuito al que se le transferirá la carga esté preparado para aguantar la demanda que se le transferirá.

La automatización modernizará la infraestructura eléctrica de la zona San Cristóbal, Chiapas, el servicio eléctrico será más eficiente y la calidad en el servicio mejorará notablemente. Otro punto a destacar en este proyecto es la seguridad de los trabajadores y las personas que laboren en las redes de distribución de CFE porque se podrá aislar más rápidamente una falla de forma remota por medio de los seccionamientos telecontrolados, y por lo tanto los trabajadores ya no tendrán que hacerlo de forma manual.

Referencias Bibliográficas

- [1] Carolina Estefan, Gabriel país, Gabriel Portas, “Automatización en Redes de Distribución” Tesis de fin de estudios, Universidad de la Republica, Abril 2013.
- [2] Manual Sensa. “Introducción a los sistemas SCADA” Torreón, Coahuila, 23 Abril 2008, pág. 2-10.
- [3] Manual Sensa. “Puntos de seccionamiento” Torreón, Coahuila, 23 Abril 2008, pág. 11.
- [4] Luis Eduardo Chavarria Meza, “SCADA SISTEM’S Y TELEMETRY”Atlantic Interntional University, Mexico, 13 Octubre 2017.
- [5] Tenorio Huertas José Javier, “Implementacion de un Esquema de Protecciones de Sobrecorrientes entre Relevador-Restaurador con Automatismo y Comunicación en un Sistema de Distribucion” Tesis para maestria, Instituto Politecnico Nacional, Mexico, D.F. 2007.
- [6] Carolina Estefan, Gabriel país, Gabriel Portas, “Automatización en Redes de Distribución” Tesis de fin de estudios, Universidad de la Republica, Abril 2013.
- [7] Chávez Mosqueda Gerardo, “Propuesta de Automatización de una Subestación Eléctrica de Distribución, Tesis para título, Universidad Autónoma Nacional de México, Octubre 2013.
- [8] Samuel Valle, “Principios y aplicaciones de equipos de telecomunicaciones para subestaciones eléctricas” Seminario de CFE, División Centro Occidente CFE, Morelia, agosto de 2017.

[9] Ricardo Mota Palomino, “Distribución con redes eléctricas inteligentes” artículos técnicos, septiembre, 2012.

[10] Sady Jhairo Castillo Centurion, “Diseño de un sistema de automatización del sistema de protección y control de redes de distribución eléctrica ante un tsunami en la ciudad de Chimbote” Tesis para título, Universidad Señor de Sipán, Perú, 2015.

[11] José Luis Silva Perales, “Diseño y Construcción de un Sistema de Alarmas utilizando el Protocolo DNP3” Tesis para título, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.

[12] <http://www.altatecnologia.com.mx>, “información básica sobre los restauradores” blog, agosto, 2017.

[13] Alejandra Cedillo Martínez, Estudio para la aplicación de prácticas del laboratorio de procesos automatizados e integrados por computadora (LPAIC), Tesis para título, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F, 2008.

Anexos

Anexo A: Tipos de Antenas y Funcionamiento

Características de las antenas.- Una antena es un dispositivo hecho para transmitir (radiar) y recibir ondas de radio (electromagnéticas). Existen varias características importantes de una antena que deben de ser consideradas al momento de elegir una específica para su aplicación: Patrón de radiación, ganancia, directividad, polarización. En los siguientes temas se aplicarán cada uno de estos.

Patrones de Radiación.- El patrón de radiación de una antena se puede representar como una gráfica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta. Los patrones de radiación usualmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth. El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba. Al combinar

Ganancia.- La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBm, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

Directividad.- La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. Es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica.

Polarización.- Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal (incluye vertical, horizontal y oblicua) y circular (que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda). No olvide que tomar en cuenta la polaridad de la antena es muy importante si se quiere obtener el máximo rendimiento de esta. La antena transmisora debe de tener la misma polaridad de la antena receptora para máximo rendimiento.

Antenas Dipolo.- Todas las antenas de dipolo tienen un patrón de radiación generalizado. Primero el patrón de elevación muestra que una antena de dipolo es mejor utilizada para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena. Es sensible a cualquier movimiento fuera de la posición perfectamente vertical. Se puede mover alrededor de 45 grados de la verticalidad antes que el desempeño de la antena se degrade más de la mitad. Otras antenas de dipolo pueden tener diferentes cantidades de variación vertical antes que sea notable la degradación.

Antenas Dipolo Multi-Elemento.- Las antenas multi-elemento tipo dipolo cuentan con algunas de las características generales del dipolo simple. Cuentan con un patrón de elevación y azimuth similar al de la antena dipolo simple. La diferencia más clara entre ambas es la direccionalidad de la antena en el plano de elevación, y el incremento en ganancia debido a la utilización de múltiples elementos.

Antenas Yagi.- La antena Yagi o antena Yagi-Uda es una antena direccional inventada por Shintaro Uda de la Universidad Imperial de Tohoku. Estas se componen de un arreglo de elementos independientes de antena, donde solo uno de ellos transmite las ondas de radio. El número de elementos (específicamente, el número de elementos directores) determina la ganancia y directividad. Las antenas Yagi no son tan direccionales como las antenas parabólicas, pero son más directivas que las antenas panel.

Antenas Parabólicas.- Las antenas parabólicas usan características físicas así como antenas de elementos múltiples para alcanzar muy alta ganancia y direccionalidad. Estas antenas usan un plato reflector con la forma de una parábola para enfocar las ondas de radio recibidas por la antena a un punto focal. La parábola también funciona para capturar la energía radiada por la antena y enfocarla en un haz estrecho al transmitir.

Antena de Ranura.- Las antenas de ranura cuentan con características de radiación muy similares a las de los dipolos, tales como los patrones de elevación y azimuth, pero su construcción consiste solo de una ranura estrecha en un plano. Así como las antenas microstrip mencionadas abajo, las antenas de ranura proveen poca ganancia, y no cuentan con alta direccionalidad, como evidencian sus patrones de radiación y su simplicidad al de los dipolos

Antenas Microstrip.- Estas antenas pueden ser hechas para emular cualquiera de los diferentes tipos de antenas antes mencionados. Las antenas microstrip ofrecen varios detalles que deben de ser considerados. Debido a que son manufacturadas con pistas en circuito impreso, pueden ser muy pequeñas y livianas. Esto tiene como costo no poder manejar mucha potencia como es el caso de otras antenas, además están hechas para rangos de frecuencia muy específicos.