

Universidad Tecnológica Nacional

Proyecto Final

Sistema de supervisión, control y adquisición de
datos en Cooperativa de Electricidad y otros
servicios públicos La Paz Ltda.

Autor:

- *Soto Torres Karen Milagros*

Director:

- *Dachary Alejandro*

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos
para acceder al título de Ingeniero Electrónico
en la*

Facultad Regional Paraná

Fecha Julio 2023

Declaración de autoría:

Yo/nosotros declaro/declaramos que el Proyecto Final “Sistema de supervisión, control y adquisición de datos en Cooperativa de Electricidad y otros servicios públicos La Paz Ltda.” y el trabajo realizado son propio/s. Declaro/declaramos:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pre-grado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, el mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firma:

•

Fecha:

Agradecimientos:

Quiero agradecer principalmente a mi docente director Alejandro Dachary por impulsarme a realizar este proyecto final, no dudarlo ni un instante cuando le conté la idea y en alentarme a rendir la última materia que me faltaba. También agradecer a la Cooperativa de Electricidad de La Paz que me permitieron realizar ahí el proyecto final, a todo el personal y a los ingenieros.

Asimismo agradecer a la UTN por la formación de todos estos años, tanto a los docentes como no docentes y mis compañeros a lo largo de toda la carrera.

A mi familia por haber estado todos estos años a mi lado, en cada viaje a la ciudad de Paraná para estudiar, en cada materia, en general, ¡Gracias!

Soto Torres Karen Milagros

Universidad Tecnológica Nacional

Abstract

Facultad Regional Paraná

Ingeniero en Electrónica

**Sistema de supervisión, control y adquisición de
datos en Cooperativa de Electricidad y otros
servicios públicos La Paz Ltda.**

Soto Torres Karen Milagros

Abstract:

I developed the supervision, control and data acquisition system from the linking of the equipment: network analyzers, reclosers (medium voltage systems) and energy meters with a monitoring center. For this I carried out a survey of equipment and facilities, the protocol used by each device, the communication ports they have and the configuration of each one. I also collected and studied the topographic profile of both the company's premises and the transformer stations and the jumps for each point-to-point link. In some cases I proposed communication alternatives and the necessary works that were required.

Based on all this, I proposed an engineering solution where Ubiquiti brand antennas and GPRS modems were used for linking, RS-232 to Ethernet converters (single and double ports), I programmed and chose a SCADA from Equinox company.

As a result, I obtained a graphical interface which can be seen in the technical office of the company and can also be seen on any device with an internet connection. In this interface, network engineers can view voltage, current, power factor, and power data. They also have the possibility to operate (open-close) the reclosers from a distance.

Keywords:

Communication, Graphic interface, open-close

Resumen:

Desarrollé el sistema de supervisión, control y adquisición de datos a partir de la vinculación de los equipos: analizadores de red, reconectores (sistemas de media tensión) y medidores de energía con un centro de monitoreo. Para ello realicé un relevamiento de equipos e instalaciones, el protocolo que utiliza cada dispositivo, los puertos de comunicaciones que tienen y la configuración de cada uno. También relevé y estudié el perfil topográfico tanto de los predios de la empresa como las estaciones transformadoras y los saltos para cada enlace punto a punto. En algunos casos planteé alternativas de comunicación y las obras necesarias que se requerían.

En base a todo esto, planteé una solución de ingeniería donde se utilizaron antenas de la marca Ubiquiti y módems GPRS para la vinculación, conversores de RS-232 a Ethernet (puertos simples y dobles), programé y elegí un SCADA de la empresa Equinox.

Como resultado obtuve una interfaz gráfica la cual se puede observar en la oficina técnica de la empresa y también puede verse en cualquier dispositivo con conexión a internet. En esta interfaz los ingenieros del área de redes pueden observar los datos de tensión, corriente, factor de potencia y potencia. Además tienen la posibilidad de maniobrar (abrir- cerrar) los reconectores a distancia.

Palabras Clave:

Comunicación, interfaz gráfica, abrir-cerrar

Índice:

Capítulo 1: Introducción	1
Capítulo 2: Desarrollo	3
2.1 Relevamiento de la empresa	3
2.2 Investigación y relevamiento de dispositivos a comunicar	7
2.2.2 Reconnectadores	7
2.2.2.1 Reconnectador Cooper	7
2.2.2.2 Reconnectadores ABB	8
2.2.3 Analizadores de red	9
2.2.4 Medidores CirSet Circutor	11
2.3 Configuración de Protocolos de Comunicación para la Vinculación de Equipos	12
2.3.1 Protocolo Modbus	12
2.3.2 Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet	13
2.3.3 Protocolo DNP3	13
2.4 Configuración de Puertos de Comunicación para la Vinculación de Equipos	15
2.4.1 Puerto de Comunicación RS-232	15
2.4.2 Puerto de comunicación RS-485	16
2.4.3 Puerto de comunicación Ethernet	17
2.5 Análisis, pruebas y experiencias en la comunicación y vinculación de los dispositivos	19
2.5.1 Comunicación de analizador de redes y medidores	19
2.5.2 Equinox: “EQUINOX Control Expert”	22
2.5.4 Investigación y análisis de Convertidores y Mikrotik	26
2.5.5 Mikrotik de fibra a Ethernet	28
2.5.3 Vinculación entre sala de máquinas y oficina técnica	29
2.5.6 Comunicación de Reconnectadores Cooper	30
2.5.7 Comunicación de Reconnectadores ABB	33
2.5.7.1 Reconnectadores ABB PDC2000	33
2.5.7.2 Reconnectadores ABB PDC600	34
2.5.8 Perfil topográfico	35
2.5.8.1 Enlace Central- ET Piloto Ávila	36
2.5.8.2 Enlace ET Piloto Ávila- Seccionador 33022	38
2.5.8.3 Enlace ET Tacuara - ET Central	38
2.5.9 Montaje de gabinete	41
2.5.10 Red interna	42
2.5.11 Pruebas maniobras de reconnectadores	43
2.6 Problemas y soluciones implementadas	45
2.6.1 Tendido subterráneo	45

2.6.2 Módems	46
2.6.3 Verificación de puertos	49
2.6.4 Cambio de placa de Fibra óptica	52
2.6.5 Regulador reductor de tensión	53
2.7 Seguridad y control de acceso	55
2.8 Servidor de respaldo	57
2.9 Análisis del funcionamiento	57
2.10 Arquitectura y desarrollo del sistema	60
2.11 Diseño Completo	63
2.11.1 Prestaciones	65
Capítulo 3: Resultados	69
3.1 Mejoras a futuro	73
3.2 Aspectos legales	74
Capítulo 4: Análisis de Costos	75
Capítulo 5: Discusión y Conclusión	77
Capítulo 6: Literatura Citada	78
Capítulo 7: Anexo	79

Lista de Figuras:

Fig. 1 Área de concesión de Cooperativa de electricidad La Paz [1]	3
Fig. 2 Estaciones transformadoras. [1]	4
Fig. 3- Estaciones transformadoras, seccionador y punto de compra.	5
Fig. 4- Diagrama en bloque general	6
Fig. 5- Reconectador Cooper [2]	8
Fig. 6- Reconectador ABB [3]	9
Fig. 7- Analizador de red	10
Fig. 8- Medidor Cirset. [4]	11
Fig. 9- Protocolo Modbus [5]	12
Fig. 10- Protocolo DNP3 [6]	14
Fig. 11- Conectores DB9-DB25 [6]	15
Fig. 12- Patch directo y cruzado. [7]	18
Fig. 13- Equipos de medición	19
Fig. 14- Configuración Modbus Poll	20
Fig. 15- Ejemplo del Manual del analizador de redes [8]	20
Fig. 16- Resultados Modbus Poll	21
Fig. 17- Conexión CirSet	21
Fig. 18- Diseño de pantalla SCADA CELP 33/13,2	23
Fig. 19- Diseño de pantalla Central	23
Fig. 20- Árbol de elementos general	25
Fig. 21- Mikrotik	26
Fig. 22- Conversor Etherpower [9]	26
Fig. 23- Consola cmd, comando ping	27
Fig. 24- Software para programar el conversor	27
Fig. 25- Mikronet	28
Fig. 26- Mikrotiks hEXS y RB260GSP	28
Fig. 27- WinBox	29
Fig. 28- Patchera Sala de Máquinas	30
Fig. 29- Menú Workbench	31
Fig. 30- Configuración Workbench	31
Fig. 31- Grupos Equinox	32
Fig. 32- Pinout Cooper	32
Fig. 33- Radzio Modbus Master Simulator	33
Fig. 34- Configuración ABB	34
Fig. 35- Menú ABB RER615	34
Fig. 36- Antenas de la empresa	35
Fig. 37- Enlace Central- ET Piloto Ávila	36
Fig. 38- Salto Cooperativa- Morenera	37
Fig. 39- Vinculación Morenera- Piloto Ávila	37
Fig. 40- Vinculación ET Piloto Ávila- Seccionador 33022	38
Fig. 41- ET Tacuara - ET Central	39
Fig. 42- Predio Repetidora de VHF	39
Fig. 43- Rack en predio repetidora de VHF	40
Fig. 44- Mikrotik en Servidor de Internet	40
Fig. 45- Interior de gabinete	41
Fig. 46- Gabinete vista lateral/ posterior.	42
Fig. 47- Caracteres estándares [6]	43
Fig. 48- Equinox comando secuenciales	43
Fig. 49- Equinox set de comandos	44
Fig. 50- Tendido subterráneo	45

Fig. 51- Gabinete en ET Piloto Ávila	46
Fig. 52- Vínculo Repetidora de VHF- La T	47
Fig. 53- Módem instalado en Reconectador Cooper	48
Fig. 54- Topología de módems [10]	48
Fig. 55- Módems GPRS	49
Fig. 56- Configuración Putty	49
Fig. 57- Programa Hércules	50
Fig. 58- Port Cheker	51
Fig. 59- Modulo EQUINOX	51
Fig. 60- Rack sala de Máquinas	52
Fig. 61- Comunicación conversor de FO- DB25. Conversor DB9- Ethernet	53
Fig. 62- Regulador de tensión	54
Fig. 63- SCADA en funcionamiento	55
Fig. 64- TXT seguridad	56
Fig. 65- Inicialización del software	58
Fig. 66- Alarmas	59
Fig. 67- Diagrama de flujo del proyecto	60
Fig. 68- Comunicación ET Tacuara	61
Fig. 69- Columna en Piloto Ávila	62
Fig. 70- Diagrama completo	63
Fig. 71- Pantalla de inicio	66
Fig. 72- Pantalla salidas urbanas	66
Fig. 73- Pantalla de Equipos	67
Fig. 74- Pantalla CELP 33/13,2	67
Fig. 75- Pantalla de reconectador	68
Fig. 76- Pantalla historiador	68
Fig. 77- Antenas vinculadas	69
Fig. 78- Central- Morenera	70
Fig. 79- Piloto Ávila- Morenera	70
Fig. 80- Predio de la repetidora de VHF de la empresa- Tacuara.	71
Fig. 81- Pianetti- ET Piloto Ávila	71
Fig. 82- Software del controlador de temperatura	72
Fig. 83- Sistema SCADA con alarma	72
Fig. 84- Pantalla de Equipos de protección- Estado y operación	73
Fig. 85- Mejoras- Enlace Cooperativa- La Morenera	74

Lista de Tablas

Tabla 1- Comparación RS-232/ RS-485	16
Tabla 2- Formato por cada byte en modo RTU	21
Tabla 3- Costos	75

Lista de Abreviaciones y Símbolos

SCADA: supervisión, control y adquisición de datos

UTP: Unshielded Twisted Pair

kV: kilovolt

ET: Estación Transformadora

UPS: Uninterruptable Power Supply

PoE: procedimiento operativo estandarizado

HMI: Interfaz Hombre-Máquina

EIA: Electronic Industries Alliance

OSI: Open Systems Interconnection

ASCII: American Standard Code for Information Interchange

RTU: Remote Terminal Unit

TCP: Protocolo de Control de Transmisión

CPU: Unidad Central de Procesamiento

PC: personal computer

PCD: Panel de control

Dedicado a:

De manera especial lo quiero dedicar a Dios y a mi familia, quienes han sido mi soporte incondicional en cada etapa de mi formación académica. Su amor, aliento y comprensión han sido mi mayor fortaleza a lo largo de estos años académicos.

También quiero dedicárselo a mis amigos y seres queridos, quienes han estado a mi lado brindándome su apoyo moral y motivándome a seguir adelante con cada palabra, mensajes, incluso en los momentos más desafiantes.

Capítulo 1: Introducción

Este tema de proyecto final surgió como una necesidad evidente luego de que realicé las prácticas profesionales supervisadas en la Cooperativa de Electricidad de La Paz, donde percibí la necesidad de contar con los datos de medición en tiempo real, permitiendo de esta manera observar el estado del sistema de subtransmisión y distribución on line. En particular, observé que la falta de registros actualizados de cada equipo estaba afectando el desempeño de la empresa, ya que para obtener esta información era necesario desplazarse a cada unidad, algunas de las cuales se encontraban a varios kilómetros de la empresa. Así mismo, identifiqué la necesidad de realizar la comunicación para reducir las penalizaciones por mal factor de potencia, ya que la empresa no contaba con el informe del factor de potencia diario y, por lo tanto, era multada con cifras millonarias. A través de este trabajo busqué proponer soluciones de ingeniería para los problemas mencionados (falta de registros on line, valores fuera de los rangos normalizados , evitar multas, mejorar los niveles de calidad de servicio, mejorar los niveles de calidad de producto) permitiendo comunicar los equipos de protección, analizadores de redes y medidores.

Para llegar al objetivo principal (SCADA) uno de los puntos que deberé analizar será el enlace entre los equipos para conseguir la adquisición, supervisión y control de los mismos. Los datos recopilados de los reconectadores y registradores se pueden utilizar para detectar problemas en la red de energía eléctrica y tomar medidas antes de que se produzcan interrupciones prolongadas del suministro de energía. También tiene como objetivo reducir el tiempo de corte del servicio, al monitorear y controlar la red eléctrica en tiempo real, se pueden identificar problemas rápidamente. Esto ayuda a reducir el tiempo de indisponibilidad en el sistema y mejorar la calidad del servicio de energía eléctrica, cuando sea una falla general no va a ser necesario que los usuarios avisen que se encuentran sin servicio.

Esta adquisición de datos también mejora la eficiencia del sistema, la recopilación y análisis de datos de los equipos ya que permite identificar áreas de la red eléctrica que están sobrecargadas, por ejemplo las salidas en media tensión urbanas o que tienen una baja eficiencia energética. Esto permite a los ingenieros tomar medidas para mejorar la eficiencia del sistema y reducir los costos de operación.

Otro objetivo es evitar futuras multas por problema de calidad de servicio y calidad de producto, por ejemplo, mal factor de potencia. Además se va a poder dar un mejor servicio al usuario, ya que al cortarse la electricidad los ingenieros del área técnica de redes van a poder ver y maniobrar los equipos en tiempo real disminuyendo los tiempos de restitución o restringiendo las áreas en falla afectadas.

Este sistema va a permitir a los ingenieros del área técnica de redes de la cooperativa monitorear las condiciones de seguridad en la red eléctrica y tomar medidas para evitar situaciones peligrosas, por ejemplo en días de tormenta no es necesario que el operario se dirija hasta la estación transformadora para alguna maniobra en algún equipo.

Se podrá ahorrar tiempo y recursos, ya que actualmente la obtención de datos se hace solamente una vez al mes y yendo hasta el lugar, con este sistema se puede realizar esta descarga desde la oficina técnica.

Las estaciones transformadoras (33/13,2 kV) se encuentran ubicadas en zonas urbanas y rurales. Planteé la idea de poder comunicar estos equipos para obtener información al instante de los valores registrados.

En el mercado existen opciones de comunicaciones de SCADA parecidos, pero todos dependen de un proveedor y son con un canon mensual, con este sistema la empresa no tendría que estar pagando todos los meses y no dependería de terceros, es decir, es independiente de cualquier empresa.

El alcance del proyecto será el desarrollo de la solución de ingeniería y la puesta en funcionamiento de la vinculación de todos los equipos de las estaciones transformadoras y punto de compra de energía de la Cooperativa de electricidad de La Paz. Se leerá de cada dispositivo los parámetros de tensiones, corrientes, potencia y factor de potencia, se programará el SCADA con el número de registro correspondiente de cada dato obtenido del mapa del protocolo (Modbus, DNP3) proporcionado de cada uno. Además se mostrarán alarmas en caso que haya valores fuera del rango establecido. Estos se verán reflejados en una interfaz gráfica, con una pantalla propia diseñada acorde a la distribución tanto urbana como rural, otra pantalla para las salidas en media tensión urbanas y una individual para cada equipo, a la cual tendrán acceso los ingenieros y guardias del área de redes.

El proyecto también estará formado por un sistema de control compuesto de un servidor, dispositivos de control, convertidores y redes de comunicación. Crearé una red de comunicación dedicada a este proyecto, para mayor seguridad será una red fuera del sistema administrativo de la empresa. Como producto final de la aplicación obtendré la vinculación de 25 equipos (entre reconectores, medidores y registradores), 18 reconectores, 6 registradores y 2 medidores.

Tendré en cuenta en base al relevamiento realizado durante el proyecto ingenieril que en algunas ET que deberé realizar el cableado de redes en forma subterránea.

El proyecto contempla que los distintos convertidores y/o módems se pondrán dentro de los gabinetes de cada equipo. Para las antenas usaré gabinetes, los cuales en su interior contarán con un switch en caso que sea necesario, los PoE de las antenas, un UPS o un regulador reductor de tensión que se conectará a las baterías de los equipos.

Capítulo 2: Desarrollo

Antes de la realización del proyecto final de carrera, llevé a cabo la práctica supervisada en el establecimiento de la Cooperativa de Electricidad y otros servicios públicos La Paz Ltda. Estas prácticas se desarrollaron tanto en la oficina técnica como en sala de máquinas. Durante este período de prácticas, adquirí una amplia experiencia y conocimiento sobre el funcionamiento y las operaciones de la cooperativa.

Esta experiencia previa fue fundamental para el desarrollo del proyecto final de carrera, ya que proporcionó un contexto real en el cual aplicar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos en el transcurso de los estudios. Además, me permitió identificar áreas de mejora y posibles enfoques ingenieril innovadores que podrían ser implementados en el proyecto final.

2.1 Relevamiento de la empresa

La Cooperativa de Electricidad y otros servicios públicos La Paz Ltda. ofrece un servicio mixto ya que comprende áreas urbanas y rurales.

El sistema de distribución de la CELP se desarrolla a través de los 3200 km² del área de concesión según contrato firmado con el estado provincial.

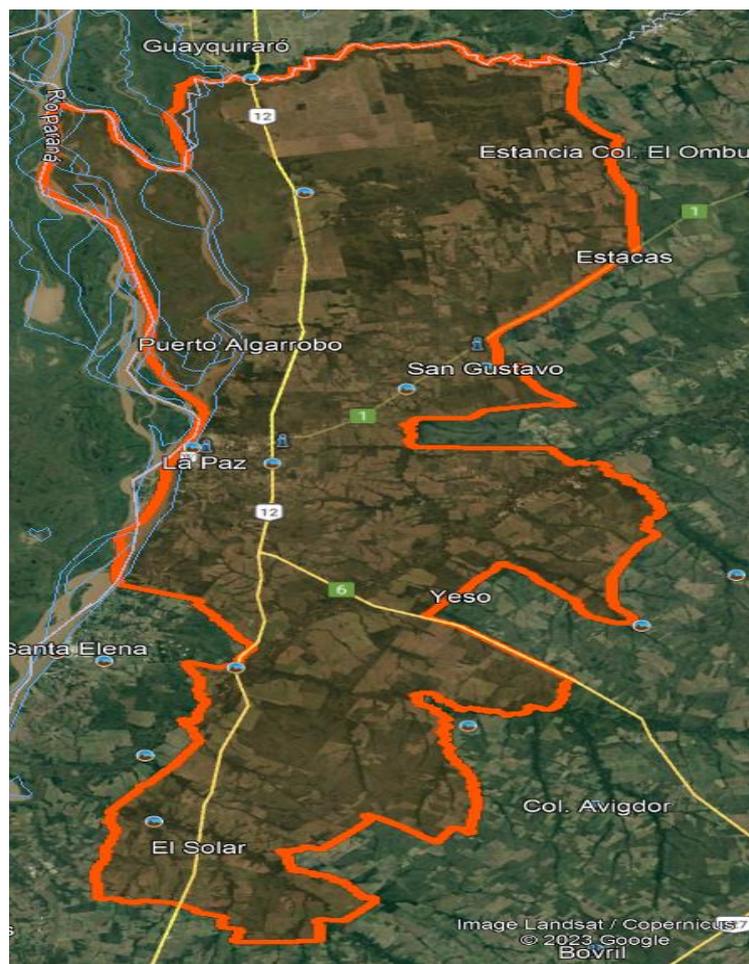


Fig. 1 Área de concesión de Cooperativa de electricidad La Paz [1]

Se localizan 5 estaciones transformadoras de 33/13,2 kV encargadas de alimentar los sistemas de distribución. De estas estaciones transformadoras 3 están localizadas en la zona rural, encargadas de brindar servicio a los más de 1000 usuarios rurales localizados en el departamento.

Actualmente el servicio se ha ampliado, llegando a tener más de 1.200 km de líneas que abastecen a La Paz, San Gustavo, El Solar, Estacas Paso Telégrafo, Tacuaras. Ombú, Yeso y Alcaraz cubriendo parte de lo que es ahora el Departamento Federal.

A continuación, detallo brevemente algunas características técnicas de los sistemas operados por la cooperativa:

Estaciones Transformadoras (33/13,2 kV):

ET	Potencia instalada
ET Piloto Ávila	7,5 MVA
ET Tacuara	2,6 MVA
ET Central	15 MVA
ET La T	1,25 MVA
ET Quebracho	1,6 MVA



Fig. 2 Estaciones transformadoras. [1]

La figura a continuación proporciona una representación visual clara de la disposición espacial inicial de las estaciones transformadoras, el seccionador y el punto de compra, resaltando la distancia relativa entre ellos. Esta imagen servirá como referencia visual durante el desarrollo y la implementación del sistema SCADA, facilitando la configuración y la correcta interconexión de los componentes para luego comparar con la implementación de las soluciones ingenieriles realizadas.

No existía ninguna vinculación entre estas estaciones transformadoras. Solamente Fibra óptica entre la central y el predio de la repetidora de VHF, también desde sala de máquinas hasta la central.

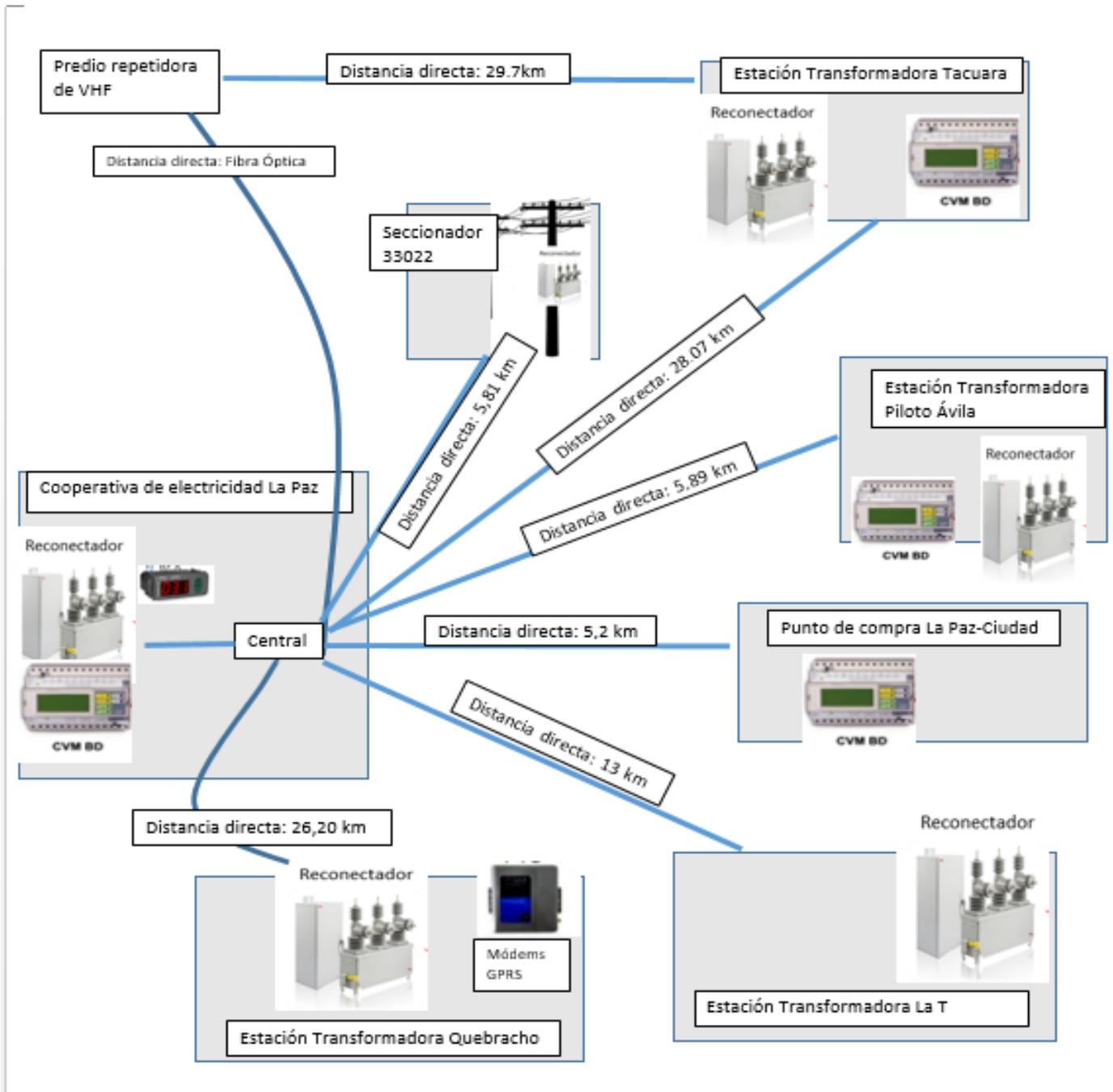


Fig. 3- Estaciones transformadoras, seccionador y punto de compra.

SCADA:

SCADA proviene de las siglas Supervisory Control and Data Acquisitions, es decir, sistema de supervisión de control y adquisición de datos, es un sistema de control industrial compuesto por computadoras, dispositivos de control y redes de comunicaciones.

El principal componente de este sistema es la red de comunicación, con canales de comunicación bidireccionales alámbricos e inalámbricos. En este proyecto utilicé otros medios además de comunicación como cables de fibra óptica y cables de par trenzados.

El sistema controla los procesos para los dispositivos locales y los equipos remotos se ubican a varios km del centro de control. Monitorea, recopila y procesa los datos en tiempo real, mediante protocolos de automatización. Consigue interactuar directamente con los dispositivos. Graba secuencialmente en un archivo o base de datos acontecimientos que se producen en un proceso productivo los cuales se pueden descargar y ver según la fecha. Puede crear paneles de alarma en fallas de máquinas por problemas de funcionamiento. Gestionar el mantenimiento con las magnitudes obtenidas. Permite el control de calidad mediante los datos adquiridos.

Diagrama en bloque:



Fig. 4- Diagrama en bloque general

Se observa de la figura anterior que el sistema se encuentra dividido en estos tres bloques, primero se leen los datos desde los dispositivos de control en este caso los reconvertidores, medidores y analizadores de red, para esto se utilizan los mapas de registro de cada equipo empleando convertidores de RS-232 a USB o Ethernet. Luego se realizará la comunicación de cada instrumento, se deberá realizar un análisis del perfil topográfico para el radio enlace. Posteriormente se transmitirán todos estos datos al centro de control que se encontrará ubicado en la oficina técnica de la empresa. Esta supervisión de datos después de ser procesados y guardados se mostrarán en la pantalla HMI donde se monitorearán los valores como por ejemplo tensión, corriente, factor de potencia además se va a poder enviar telemando de apertura y cierre en caso que sea necesario realizar una maniobra. Estos valores se podrán visualizar tanto en la computadora de la oficina técnica o vía web en cualquier dispositivo con acceso a internet.

El centro de control está formado por un CPU, monitor, Mikrotik, Switch y una ONU. Al mikrotik llegan los datos recopilados de los dispositivos, en este también se configura el firewall y se define los puertos de las IP públicas, mediante la ONU se obtiene el acceso a internet, para hacer una red totalmente independiente de la Cooperativa se asignó, desde el servicio de internet de la empresa una IP como usuario.

En este sistema la conexión física se realiza a través de interfaces series normalizadas por la EIA, tal como RS-232, RS-422 o RS-485. Estas normas especifican solamente las características eléctricas del soporte físico de comunicación, pero nada dicen del software necesario para manipular la información que circula sobre el soporte.²

2.2 Investigación y relevamiento de dispositivos a comunicar

Para la realización de la vinculación de analizadores de red, reconectores (equipos de protección para líneas de media tensión) y medidores de energía con un centro de monitoreo, fue necesario realizar una exhaustiva investigación acerca de los distintos tipos de convertidores y módems disponibles en el mercado y sus correspondientes puertos de comunicación. Realicé un relevamiento de todos los equipos y estaciones transformadoras de la empresa. Llevé a cabo un análisis detallado de cada equipo y su mapa de comunicación, a fin de determinar el protocolo adecuado para lograr una comunicación óptima. Entre los protocolos utilizados se encuentran: Modbus, DNP3 y TCP IP, que se comunican a través de puertos RS-485, RS-232 o RJ45. Además realicé los cables y fichas correspondientes para cada puerto de comunicación, ya sea RS-232 o RJ45, asegurando una conexión estable y confiable. Este proceso fue fundamental para garantizar que los equipos pudieran enviar información en tiempo real al centro de monitoreo, lo que permitiría una supervisión eficiente y una toma de decisiones más precisa.

2.2.2 Reconectores

Los reconectores son una solución de protección completa para redes aéreas de media tensión, es un interruptor con reconexión automática o manual. Son capaces de detectar una sobrecorriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para reenergizar la línea o abrir en caso que la falla sea permanente.

La Cooperativa cuenta con reconectores de marca: ABB, Cooper, Schneider, y Neopis. El gabinete de control, se instala a poca altura para facilitar el acceso, es donde se aloja al Panel de Control del operador y a la unidad de microelectrónica. Dicho gabinete cumple con las funciones de protección, control y monitoreo del reconnector.

2.2.2.1 Reconnector Cooper

Los reconectores Cooper que hay en la empresa son modelo F6 Y F5. Estos modelos son diferentes en la parte de comunicación. Una de las ventajas que poseen los F6 son sus variados protocolos de comunicación los cuales son: Modbus, DNP3, 2179, IEC870-5-101. También estos equipos más modernos tienen puertos opcionales de comunicación Ethernet y RS-485 en el tablero posterior, los

cuales para su primera configuración es necesario conectarse por el puerto frontal. Además el software de los F6 tienen un menú de configuración Workbench que permite personalizar los puntos de control y de estado del hardware, los puntos de comunicación serie, las teclas de función del tablero delantero y los LED indicadores de estado.



Fig. 5- Reconector Cooper [2]

2.2.2.2 Reconectores ABB

Los reconvertadores ABB tienen protocolos Modbus ASCII o RTU, DNP3 y IEC 60870-5-101, al igual que los otros reconvertadores en el menú de configuración se puede elegir con qué protocolo establecer la comunicación.

Los ABB PCD2000 (Power Control Device) tienen un puerto RS-232 situado en la parte frontal para comunicaciones locales. Se requiere un cable serial con adaptador null modem para conexión a una PC. El cable debe tener un conector macho DB9 en el extremo del PCD y un conector hembra DB9 en el extremo de la PC. A través de la interfaz del panel frontal del PCD, el usuario puede cambiar varios parámetros operativos. Los parámetros que directa o indirectamente configuran el funcionamiento del controlador Modbus.

El puerto posterior del PCD se usa para conexión al SCADA y se debe ajustar el protocolo a Modbus o DNP3. Por defecto es protocolo Modbus.



Fig. 6- Reconectador ABB [3]

2.2.3 Analizadores de red

Los analizadores de red son dispositivos que se utilizan para medir y registrar las magnitudes y características de la energía eléctrica que fluye en una red de distribución. Estos dispositivos miden tanto la tensión, como la corriente, el factor de potencia y eventos (cortes, microcortes, etc) que registran estos valores en intervalos regulares de tiempo para poder analizar el comportamiento de la red eléctrica a lo largo del tiempo. No precisan un mantenimiento especial.

Estos analizadores de red pueden ser de dos tipos: fijos o portátiles. Los fijos se instalan en un lugar específico de la red eléctrica, miden y registran la energía eléctrica que fluye a través de esa sección de la red, ejemplo en estaciones transformadoras y punto de compra, estos registradores son los que se comunicarán. Los portátiles se pueden mover de un lugar a otro, se utilizan para medir y registrar la energía eléctrica en diferentes puntos de la red eléctrica, por ejemplo subestaciones transformadoras, usuarios particulares, cargas especiales, etc. Estos equipos disponen de una memoria interna que permite el almacenamiento de los datos principales de la red eléctrica. Estos dispositivos pueden comunicarse utilizando el protocolo Modbus, dentro de este protocolo se utiliza el modo RTU (Remote terminal unit). Cada 8-byte en un mensaje contiene 4-bits caracteres hexadecimales.



Fig. 7- Analizador de red

Para lograr una eficiente comunicación entre estos dispositivos y un centro de monitoreo, es necesario implementar protocolos de comunicación adecuados. Los protocolos son un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información. Al aplicar estas reglas y normas en el proceso de comunicación, se garantiza la integridad y la correcta secuencia de los datos transmitidos, lo que asegura que todos los nodos de una red informática emitan y reciban datos organizados de la misma forma. Básicamente, un protocolo de comunicaciones es similar a la gramática de un idioma: asegura que lo que se comunica es comprensible y que se pueden identificar los errores. Además, estos protocolos definen la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como posibles métodos de recuperación de errores. Entre las variables que determinan los protocolos de comunicación están el tipo de chequeo de error a ser utilizado, el tipo de compresión, cómo se indicará que se ha terminado de enviar un mensaje por el dispositivo transmisor y como el dispositivo receptor indicará que el mensaje ha sido recibido.

Estos protocolos son un conjunto de normas y procedimientos que permiten que dos entidades intercambien información de manera organizada y secuencial. De esta manera, se garantiza la integridad y correcta secuencia de los datos transmitidos entre los nodos de una red informática.

En este trabajo, el uso de los protocolos Modbus, DNP3 o TCP IP, por medio de puertos RS-485, RS-232 o RJ45, permite una eficiente comunicación entre los dispositivos de protección y medición al centro de monitoreo en la empresa.

Cada protocolo define aspectos clave como la velocidad de transmisión y la estructura de la trama. La longitud de la trama puede variar según el protocolo utilizado, y a menudo se incluyen bits especiales como los de inicio y final de la trama.

Para entender mejor cómo funcionan los protocolos de comunicación, es útil conocer el modelo OSI. Este modelo es un estándar que regula la comunicación entre diferentes sistemas y consta de siete capas distintas. Cada capa tiene un propósito específico en el proceso de comunicación, desde la capa física que define las características eléctricas y mecánicas de la conexión hasta la capa de aplicación que permite a las aplicaciones comunicarse entre sí. Al entender el modelo OSI, se puede comprender mejor cómo funcionan los protocolos de comunicación y cómo interactúan los diferentes dispositivos en una red.

2.2.4 Medidores CirSet Circutor

CirSET es un medidor de energía de marca Circutor, posee la característica de ser estático trifásico para la medida de valores eléctricos como tensión, corriente, potencia, energía activa y energía reactiva. Posee un puerto óptico de comunicaciones, así como también un bloque de comunicación RS-232-RS-485, el cual es opcional según la versión del equipo. Se puede disponer de hasta dos canales totalmente independientes con velocidades de 9600 hasta 38400 baudios. También poseen un bloque de comunicación Ethernet para poder conectarlo a una red y acceder directamente al registrador mediante acceso IP. En este caso se lo comunicó mediante el puerto de Ethernet. Con la comunicación RS-232 el registrador se conecta directamente con la computadora para su descarga o configuración.

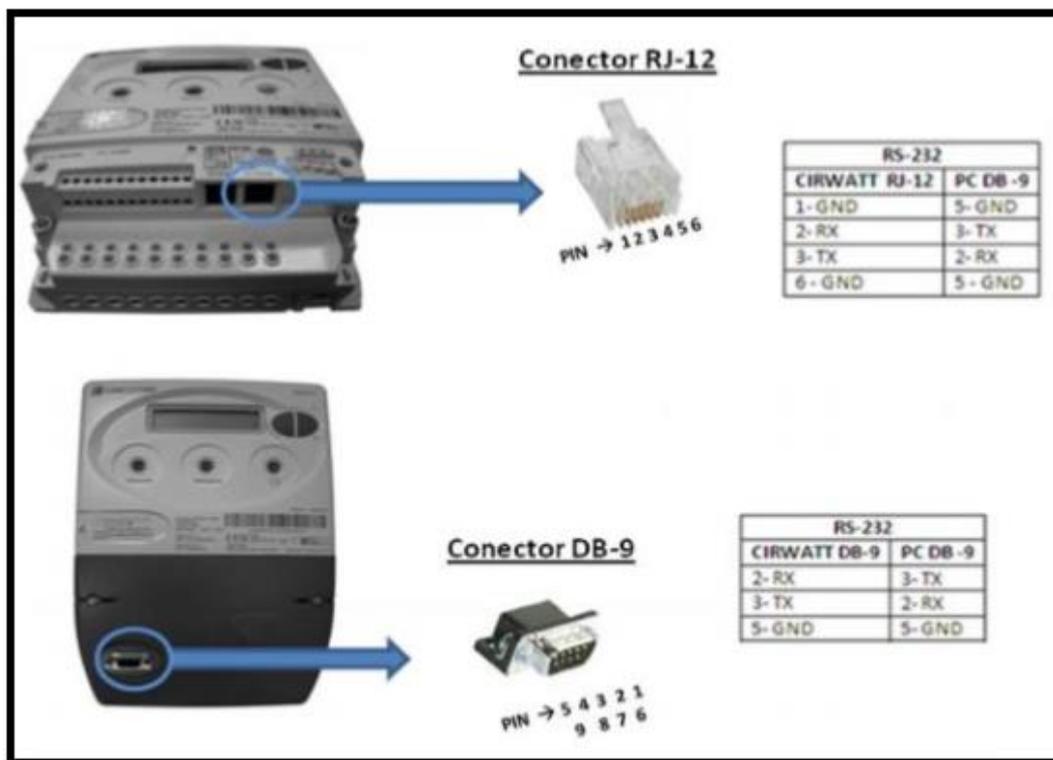


Fig. 8- Medidor Cirset. [4]

2.3 Configuración de Protocolos de Comunicación para la Vinculación de Equipos

2.3.1 Protocolo Modbus

Modbus es un protocolo de comunicaciones, situado en el nivel 2 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor. Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar en la industria, es el que tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. En este caso, todos los analizadores de red tienen protocolo Modbus, en los reconectores se puede optar por algunos protocolos o ambos y se los configura con el número de esclavo, velocidad del puerto, entre otras configuraciones.

El protocolo establece cómo los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son: es público, su implementación es fácil y requiere poco desarrollo, maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). Principales Características:

- Control de acceso al medio tipo Maestro/Esclavo.
- El protocolo específico: formato de trama, secuencias y control de errores.
- Existen tres variantes en el formato: ASCII, RTU y TCP.
- Sólo especifica la capa de enlace del modelo ISO/OSI.
- A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.
- La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.

ASCII, RTU, TCP:

ASCII y RTU se manejan de manera serial, últimamente son más utilizadas las versiones Modbus TCP IP, los equipos más nuevos vienen con esta configuración. Con Modbus/ASCII, los mensajes están en formato ASCII legible. El formato Modbus/RTU utiliza codificación binaria que hace que el mensaje sea ilegible durante el monitoreo, pero reduce el tamaño de cada mensaje, lo que permite un mayor intercambio de datos en el mismo lapso de tiempo.1

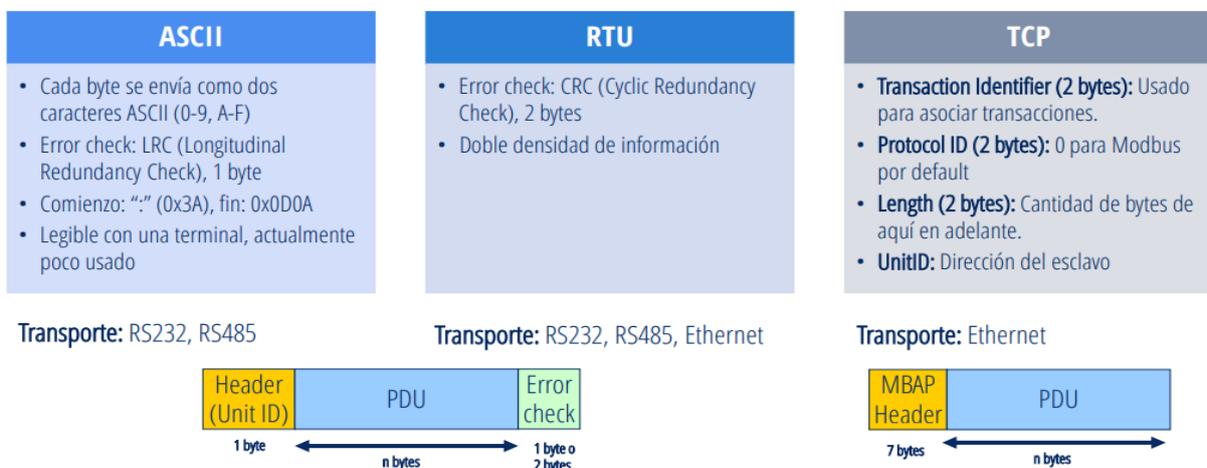


Fig. 9- Protocolo Modbus [5]

Funciones Modbus implementadas en los analizadores de red:

FUNCIÓN 01	Lectura del estado de los relés
FUNCIÓN 03 y 04	Lectura de n Words (16 bits- 2 bytes). Es la función que se utiliza para la lectura de los parámetros eléctrico que está midiendo el registrador. Todos los parámetros eléctrico son longs de 32 bits es por esto que para leer cada dato se necesitan dos words
FUNCIÓN 05	Escritura del relé

2.3.2 Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet

TCP/IP identifica los protocolos que se utilizan en las redes y describe el conjunto de guías y reglas generales que hacen posible que un equipo sea capaz de intercambiar información en una red. TCP/IP es una combinación de dos protocolos individuales. IP opera en la Capa 3 y es un servicio no orientado a conexión que proporciona una entrega de máximo esfuerzo a través de una red.

TCP opera en la Capa 4 del modelo OSI y es un servicio orientado a conexión que suministra control de flujo y confiabilidad. Al unir estos protocolos, se suministra una gama de servicios más amplia.

El Protocolo de Control de Transmisión (TCP) permite establecer una conexión e intercambiar datos. Con TCP garantiza la entrega de datos, es decir, que los datos no se pierdan durante la transmisión y también garantiza que los paquetes sean entregados en el mismo orden en el cual fueron enviados. Este protocolo es el encargado de establecer y permitir la conexión entre dos hosts y asegurar el intercambio de datos entre ellos.

El Protocolo de Internet (IP) utiliza direcciones que son series de cuatro números octetos (byte) con un formato de punto decimal

El modelo TCP/IP tiene cuatro capas: la capa de aplicación, la capa de transporte, la capa de Internet y la capa de acceso de red.

2.3.3 Protocolo DNP3

Fue creado como protocolo para equipos de industria, DNP3 es un protocolo de tres capas o niveles según el modelo OSI. A diferencia de Modbus permite la fragmentación de los datos.

La estructuración en capas o niveles, sigue el siguiente esquema:

Los mensajes a nivel de aplicación son denominados fragmentos. El tamaño máximo de un fragmento está establecido en 1024 bytes. Los mensajes a nivel de transporte son denominados segmentos.

Los mensajes a nivel de enlace son denominados tramas. El tamaño máximo de una trama DNP3 es de 292 bytes.

Cuando se transmiten datos, estos sufren las siguientes transformaciones al pasar por las diferentes capas:

Los datos se encapsulan en fragmentos a nivel de aplicación.

El nivel de transporte es el encargado de adaptar los Fragmentos para poder encapsularlos en segmentos, para lo cual, secciona el mensaje del nivel de aplicación si es necesario, y les agrega la cabecera de transporte, formando de este modo los segmentos.

En el nivel de enlace, los segmentos recibidos del nivel de transporte son empaquetados en tramas, para lo cual se les añade a estos una cabecera de enlace, y además, cada 16 bytes un CRC de 2 bytes.

Cuando se reciben datos, las transformaciones se suceden de la siguiente forma:

El nivel de enlace se encarga de extraer de las tramas recibidas los segmentos que son pasados al nivel de transporte.

El nivel de transporte lee la cabecera de los segmentos recibidos del nivel de enlace, y con la información obtenida extrae y compone los fragmentos que serán pasados al nivel de aplicación.

En el nivel de aplicación los fragmentos son analizados y los datos son procesados según el modelo de objetos definido por las especificaciones del estándar.

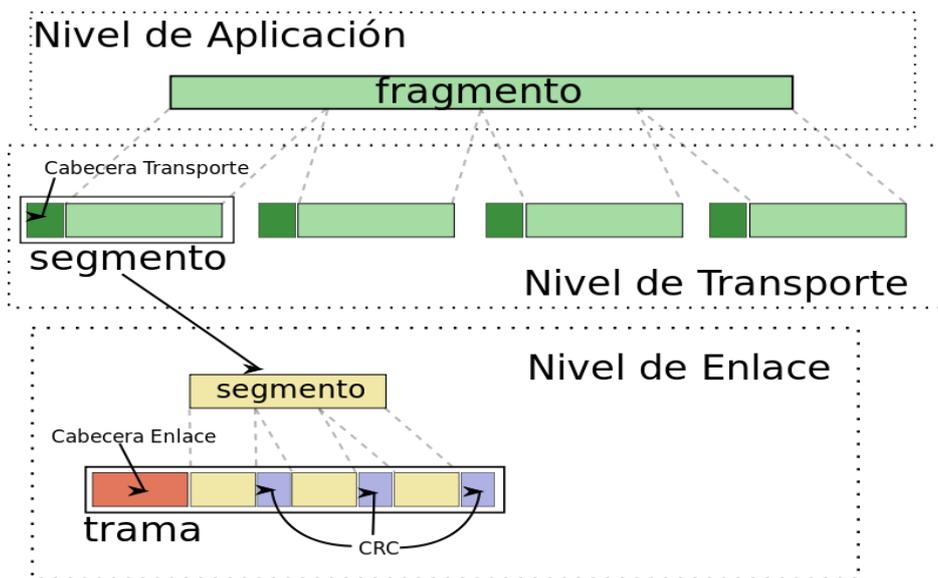


Fig. 10- Protocolo DNP3 [6]

2.4 Configuración de Puertos de Comunicación para la Vinculación de Equipos

2.4.1 Puerto de Comunicación RS-232

Permite la comunicación de un dispositivo con respecto a otro empleando un terminal de comunicación determinado. Una de las características principales es que no permite la creación de redes. El protocolo puede trabajarse de manera asíncrona o síncrona y tipos de canal simplex, half dúplex o full dúplex.

Se desarrolló para la comunicación serial de dispositivos. Es sencillo y sigue siendo ampliamente utilizado en las industrias, varios equipos tienen este puerto de comunicación entre otros. Además de las líneas de transmisión y recepción de datos (RX y TX), el puerto RS-232 también puede incluir líneas adicionales para el control de flujo, como las señales de control de hardware (RTS, CTS, DTR, DSR) y señales de control de software (XON/XOFF).

El puerto RS-232 está limitado por la distancia de conexión y velocidad. También está limitado a la conexión punto a punto entre PC y los dispositivos informáticos como modem, en este caso equipo y convertidor o equipos.

Se utilizan conectores de tipo DB25, sin embargo, es común observar dispositivos con puertos de tipo DB9, de 9 pines debido a su menor costo. Para este proyecto utilicé y armé conectores DB9, ya que la mayoría de los equipos tienen este puerto, solamente un convertidor tenía el conector DB25.



Fig. 11- Conectores DB9-DB25 [6]

2.4.2 Puerto de comunicación RS-485

La comunicación RS-485 es un estándar de comunicación de datos que permite la transmisión de datos en serie en largas distancias a alta velocidad. Es comúnmente utilizado en sistemas de automatización industrial y control de procesos, así como en sistemas de seguridad y monitoreo.

A diferencia de la comunicación RS-232, que solo permite la comunicación entre dos dispositivos a corta distancia, la comunicación RS-485 permite la comunicación de múltiples dispositivos en un solo bus de comunicación, con una longitud de cableado de hasta 1,200 metros y una velocidad de transmisión de hasta 10 Mbps.

La comunicación RS-485 utiliza un par trenzado de cables para la transmisión de datos, lo que lo hace menos susceptible a interferencias electromagnéticas y ruido en la línea. Además, permite la transmisión de datos en modo half-duplex o full-duplex, lo que significa que los dispositivos conectados al bus pueden enviar y recibir datos al mismo tiempo o en secuencia. En este caso, establecí la conexión de algunos reconectores ABB a través de los módems mediante esta comunicación.

La comunicación serie RS-485 y RS-232 se utilizan hace varios años y siguen siendo muy utilizados en las empresas y la industria. La ampliación de las capacidades del estándar RS-232 fue determinante para el desarrollo del protocolo RS-485. La siguiente tabla ofrece una visión general de los dos estándares.

Tabla 1- Comparación RS-232/RS-485

	RS-232	RS-485
Tipo de comunicación	Dúplex	Semi-dúplex
Número de dispositivos	1 transmisor y 1 receptor	Hasta 32 transmisores y 43 receptores
Transmisión máxima de datos	19,2 Kbps a 15 metros	10 Mbps a 15 metros
Longitud máxima del cable	Aproximadamente 15,25 metros a 19,2 Kbps	Aproximadamente 1220 metros a 100 Kbps
Corriente de salida	500mA	250mA
Voltaje mínimo de entrada	+/- 3V	0,2V diferencial

2.4.3 Puerto de comunicación Ethernet

En este tipo de comunicaciones se puede crear una red interna con conexiones vía IP. Se pueden conectar tantos equipos como se desee dentro de una misma red de comunicaciones.

Para la comunicación de algunos de los reconfiguradores elegí este tipo de configuración, para configurar su IP los conecté directamente a una computadora con un cable de Ethernet directo, una vez que se encontraba configurado hice la instalación correspondiente para la vinculación al sistema SCADA.

Un patch es un cable que se utiliza para conectar dispositivos de red, en este caso computadoras, ONU, switches, mikrotik, conversores y módems, para permitir la transferencia de datos y la comunicación entre ellos. Hay dos tipos principales de cables de red: el cable directo y el cable cruzado.

La principal diferencia entre un cable de red directo y un cable de red cruzado es la forma en que se conectan los pines de los extremos del cable. En un cable de red directo, los pines en cada extremo del cable están conectados de la misma manera, es decir, el pin 1 en un extremo del cable está conectado al pin 1 en el otro extremo del cable, el pin 2 en un extremo del cable está conectado al pin 2 en el otro extremo del cable, y así sucesivamente.

En un cable de red cruzado, sin embargo, los pines en cada extremo del cable están conectados de manera diferente. El pin 1 en un extremo del cable está conectado al pin 3 en el otro extremo del cable, el pin 2 en un extremo del cable está conectado al pin 6 en el otro extremo del cable, el pin 3 en un extremo del cable está conectado al pin 1 en el otro extremo del cable, y así sucesivamente.

Utilicé una crimpeadora para realizar las conexiones de los cables de red a los conectores RJ45, luego con el tester de red verifiqué cada cable para asegurarme de evitar posibles fallos en el futuro.

En su mayoría realicé el cable de red directo el cual usé para conectar dispositivos de red diferentes al servidor, las antenas, al switch y router. En este caso, se necesita un cable de red directo para que los pines del cable coincidan y puedan comunicarse entre sí. En un cable directo, ambos extremos terminan con el mismo estándar, es decir, ambos extremos con el estándar EIA/TIA 568-A o ambos extremos con el estándar EIA/TIA 568-B.

Cable de red cruzado: se utiliza para conectar dos dispositivos similares, como dos computadoras o dos switches, directamente entre sí, sin la necesidad de un router o switch. En este caso, se necesita un cable de red cruzado para que los pines en cada extremo del cable estén conectados de manera diferente y puedan comunicarse entre sí. Algunos dispositivos, como computadoras y switches, tienen la capacidad de detectar automáticamente si se está utilizando un cable de red directo o cruzado, y ajustar su configuración en consecuencia, por lo que en muchos casos no es necesario utilizar un cable de red cruzado. En el cable cruzado, ambos extremos terminan con un estándar diferente, es decir, en un extremo usa el estándar EIA/TIA 568-A y al otro extremo usa el estándar EIA/TIA 568-B.

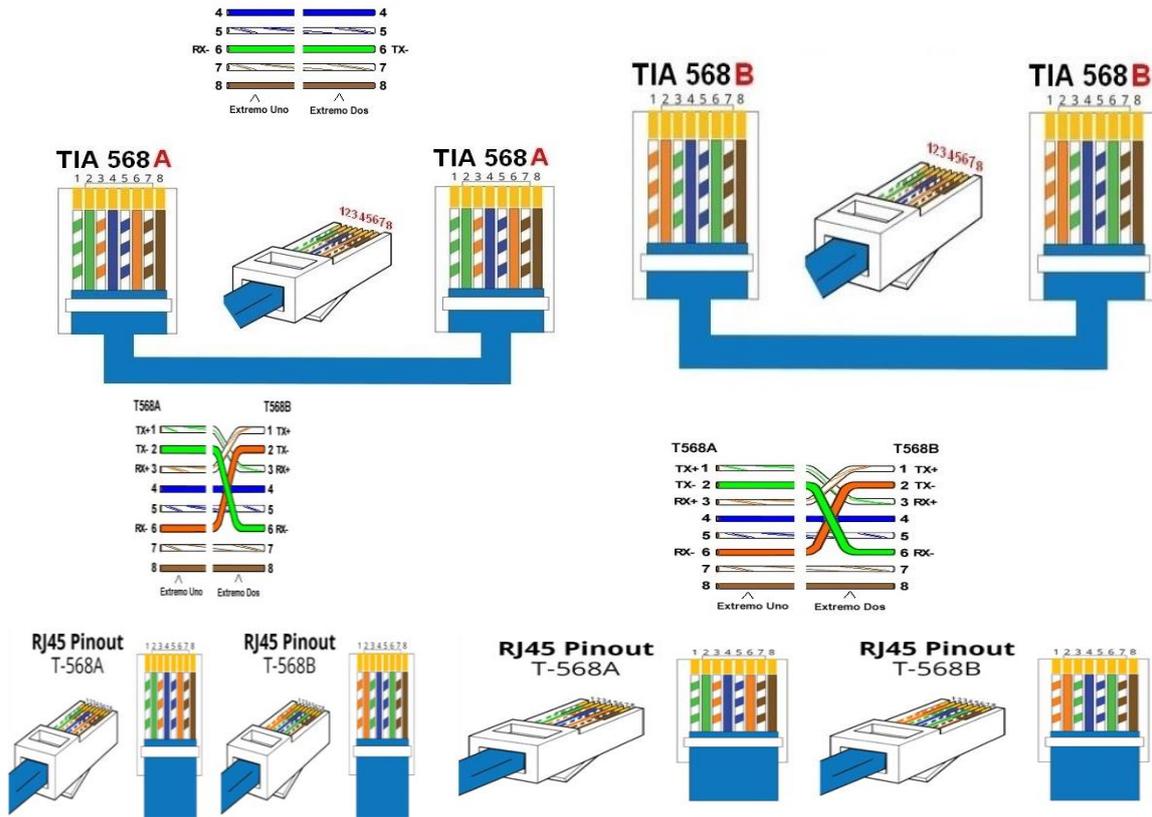


Fig. 12- Patch directo y cruzado. [7]

2.5 Análisis, pruebas y experiencias en la comunicación y vinculación de los dispositivos

2.5.1 Comunicación de analizador de redes y medidores

Comencé probando la comunicación y configuración de los analizadores de redes serie CVM-DBM y medidores ambos de marca circutor.

Las primeras pruebas las realicé en el analizador de redes, inicialmente configuré el equipo con los siguientes datos 01/ 9600/ 8 BITS/ N/ 1 bit, que hacen referencia a: ID del equipo, velocidad, bit de stop, de paridad y datos. Esto lo hice manualmente en el dispositivo a través de su menú. Leí los datos del equipo utilizando un conversor de RS-232 a USB.

En la siguiente imagen se observan los equipos de medición asociados al bloque de medición, el cual está compuesto por un analizador de redes y un medidor.



Fig. 13- Equipos de medición

Una vez conectado a la PC el analizador de redes y con el programa Modbus POLL configurado con los valores anteriores, pregunté y verifiqué que la respuesta del equipo coincidiera con el ejemplo del manual.

Como se puede observar en el programa definí el tipo de conexión, el número de puerto, la velocidad de comunicación, bit de stop, de paridad y datos. También establecí si era Modbus ASCII o RTU.

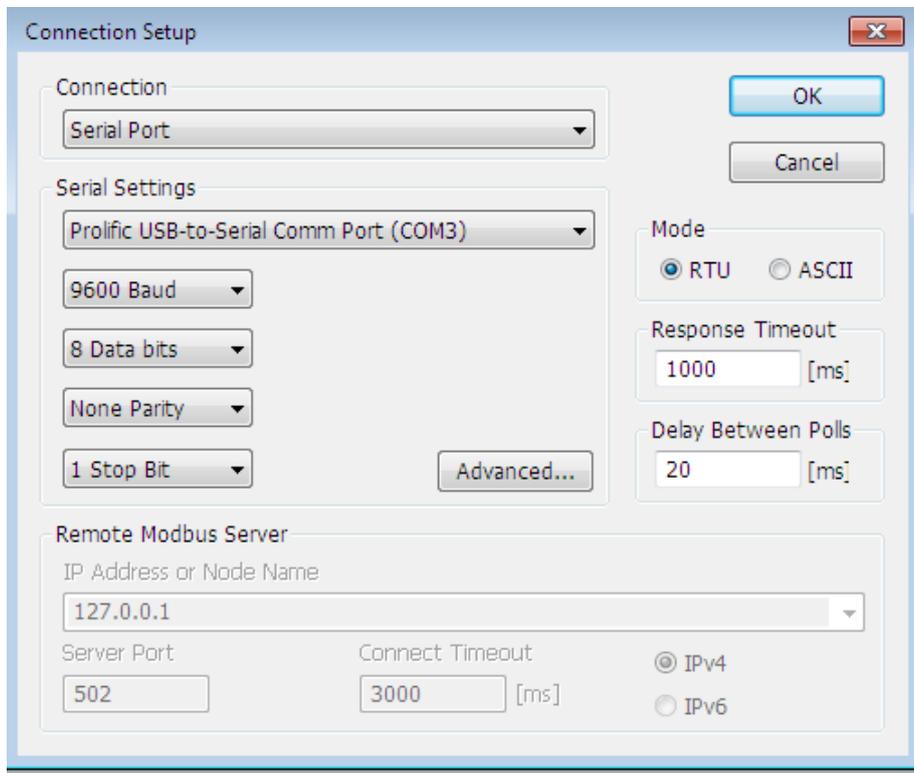


Fig. 14- Configuración Modbus Poll

Ejemplo del manual del equipo:

PREGUNTA		RESPUESTA	
EJEMPLO			
	0A 03 00 24 00 10 05 76	0A	Número del periférico que responde, 10 en decimal
0A	Número de periférico, 10 en decimal	03	Función de lectura - la que se ha utilizado en la pregunta
03	Función de lectura	20	Número de bytes recibidos.
00 24	Registro en el cual se desea que comience la lectura	00 00 00 D4	Vav III (registro 24Hex) con valor en decimal 212 V
00 10	Número de registros a leer	00 00 23 28	mA av III en decimal 9000 mA
05 76	CRC	00 00 0F A0	W III en decimal 4000 W
		00 00 00 00	varL III en decimal 0 varL
		00 00 00 00	varC III en decimal 0 varC
		00 00 00 60	PF en decimal 96 PF
		00 00 01 F4	Hz en decimal 50 x 10 -> 50 Hz
		00 00 0F A0	VA III en decimal 4000 mA
		B7 B8	Carácter CRC

Fig. 15- Ejemplo del Manual del analizador de redes [8]

Se observa que coincide con el ejemplo del manual, los registros que dan ceros son la lectura de los valores que no se encuentran conectados.

2.5.2 Equinox: “EQUINOX Control Expert”

Para el SCADA comencé probando algunos softwares, por ejemplo el de Circutor, pero al no tener la licencia cada 45 minutos se desconectaba, además no me dejaba integrar al sistema otro equipo o convertidor que no sea de esa marca. También empecé a programar un software con Visual Studio pero por parte de la empresa me recomendaron que sea un software industrial con soporte técnico a futuro. Luego de seguir buscando y comparando utilicé el programa Equinox cuya licencia estaba en la empresa, fue adquirida hace unos años con la compra de varios equipos a la empresa de Myeel.

Equinox Control Expert es un sistema HMI/SCADA basado en web desarrollado en Argentina. Con este software iba a poder vincular equipos de distintas marcas y protocolos, centralizar los datos que estos dispositivos recopilan, comandar equipos a distancia desde la central, presentar la información en lista o gráfica de manera clara, poder establecer alarmas y eventos. Además, podía diseñar las pantallas de operación. Todo esto satisface las necesidades que se requieren para el sistema.

Este programa consta con 3 módulos principales:

Equinox Core: en él se recopila la información del estado actual del proceso interrogando secuencialmente a los dispositivos de adquisición de datos conectados.

Equinox Configurator: en este módulo se definen los parámetros del sistema, como canales de comunicación y dispositivos conectados, usuarios, alarmas, comandos, límites, pantallas de usuarios, periodo de interrogación, entre otros.

Equinox Web: es la interfaz hombre máquina HMI del sistema. En este módulo se tiene acceso a las pantallas, valores adquiridos, listado de alarmas y eventos, vistas gráficas e históricas.

Una vez instalado se conecta la llave de protección del sistema en cualquier puerto USB de la computadora en donde correrá el software, esta llave también ya estaba en la empresa. Es importante que esta llave se encuentre conectada sino el sistema no funciona.

Para el diseño de las pantallas utilicé el software de edición Inkscape, que es un editor de gráficos vectoriales SVG libre y de multiplataforma. Los símbolos en el sistema son una agrupación de elementos gráficos que representa de forma pictórica un elemento, variable, parámetro o magnitud. En este caso los símbolos representarán los valores adquiridos y los estados de operación de los equipos. Los mismos pueden ser modificados dinámicamente de acuerdo a la condición actual del elemento que representan.

Los símbolos que use en el proyecto son:

Tipo measure que son representaciones numéricas de los registros de entrada o salida del sistema y se utilizan para la esquematización de los valores de los equipos. Tipo Status este símbolo toma un número finito de estados, siendo dos las posibilidades, estos estados digitales de un bit de longitud pueden tomar los valores “0” o “1”, se utilizan para la representación de la condición de los equipos abierto o cerrado.

A continuación se pueden observar cómo se diseñaron los diagramas unifilares con cada equipo, señalando las estaciones transformadoras, cada transformador, seccionadores de la línea de 33kV y de las salidas, alimentadores tanto rural como urbano. A cada pantalla también le agregué el logo de la empresa.

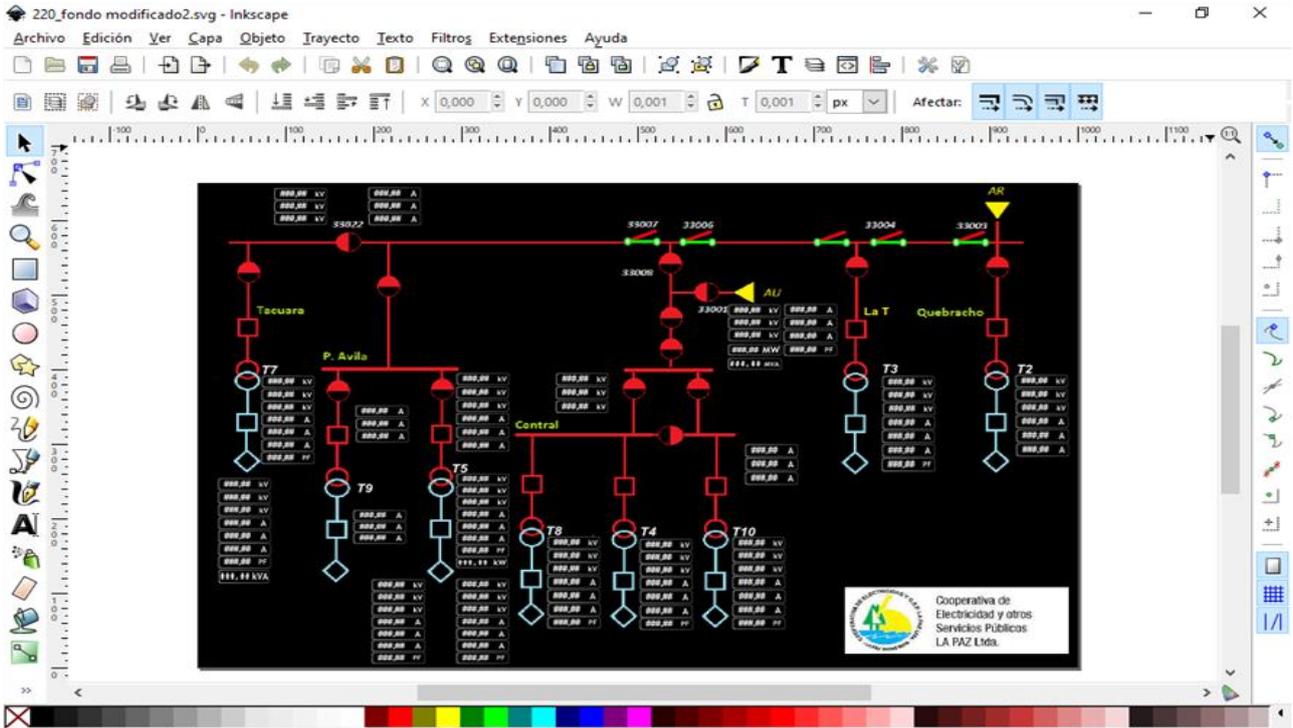


Fig. 18- Diseño de pantalla SCADA CELP 33/13,2

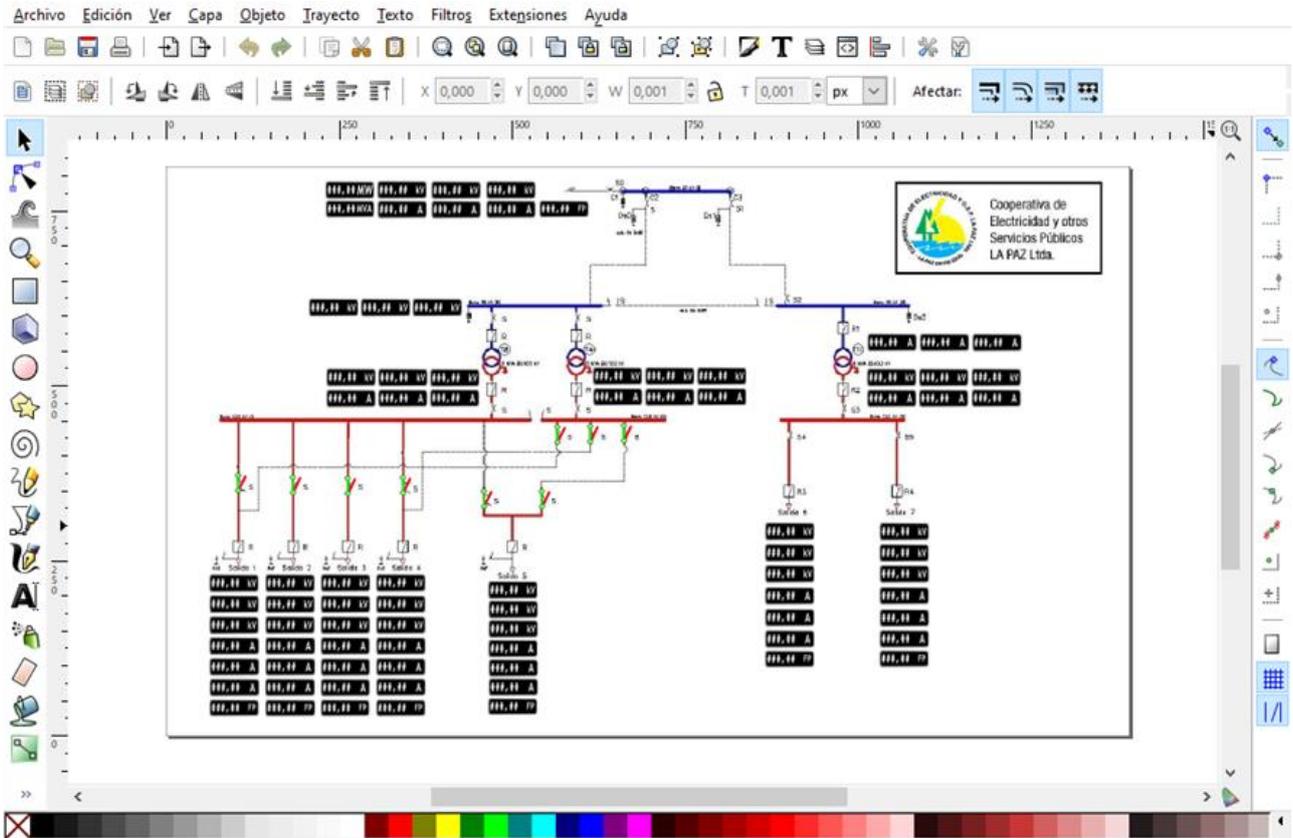


Fig. 19- Diseño de pantalla Central

Luego que diseñé la pantalla, cargué en el módulo Equinox Configurator en donde le asigno un usuario y contraseña. Después en el módulo de Equinox web con el usuario que le asigné se ingresa a la ventana del SCADA. Allí definí cada símbolo con su nombre.

En el módulo Equinox Configurator aparecerán creados cada símbolo los cuales se editan y configuran. Una vez creados estos puntos se puede modificar su nombre, subnombre, definir el tipo (digital o analógico), subtipo cuyos valores pueden ser Tipo digital input/ Digital Output. Se configuran las funciones en las cuales se hacen el pasaje de cuentas a unidades de ingeniería, en este proyecto algunos valores de tensión o corriente los multipliqué por determinados factores para que representen los valores eléctricos adecuados, por ejemplo la tensión de la fase de salida uno está multiplicada por 0,1. Otro ejemplo es el factor de potencia que tuve que realizar una función que cuando es capacitivo muestra 1, si no se salía de rango.

También se pueden definir:

Los límites: es decir, a partir de que valores los puntos analógicos generarán alarmas.

Grupo de alarma: se le asigna a este punto un determinado grupo de alarmas, por ejemplo factor de potencia, corriente, tensión.

Se define el índice que es el número de registro del dispositivo, el cual se encuentra en cada mapa de comunicación de cada equipo.

La acción que es lo que ocurre al hacer click sobre el punto, éstas pueden ser:

Bloqueado: al hacer click sobre el punto solamente se mostrará la información, esta configuración la utilicé para los valores.

Comando: Con esta acción se puede ejecutar un telemando, esta acción se utiliza en la apertura y cierre de los reconectores.

Link: permite acceder a otras pantallas, se utiliza en la pantalla de equipos generales, en la cual se puede seleccionar cada uno e ir viendo específicamente un dispositivo y en él poder realizar la maniobra.

Dependiendo de la configuración de acción se selecciona el destino, por ejemplo si se selecciona acción link en destino se elige la pantalla de ese link.

Además se establece en qué estación estará ese dispositivo. En la sección del módulo “Estaciones” se pueden definir. Al definir estas estaciones sirve para clasificar o agrupar a los dispositivos de acuerdo a su ubicación, modelo, marca o su función. Por ejemplo se define “Salidas Urbanas” y “SCADA CELP 33/13,2” y dentro de estas se agrupan los equipos.

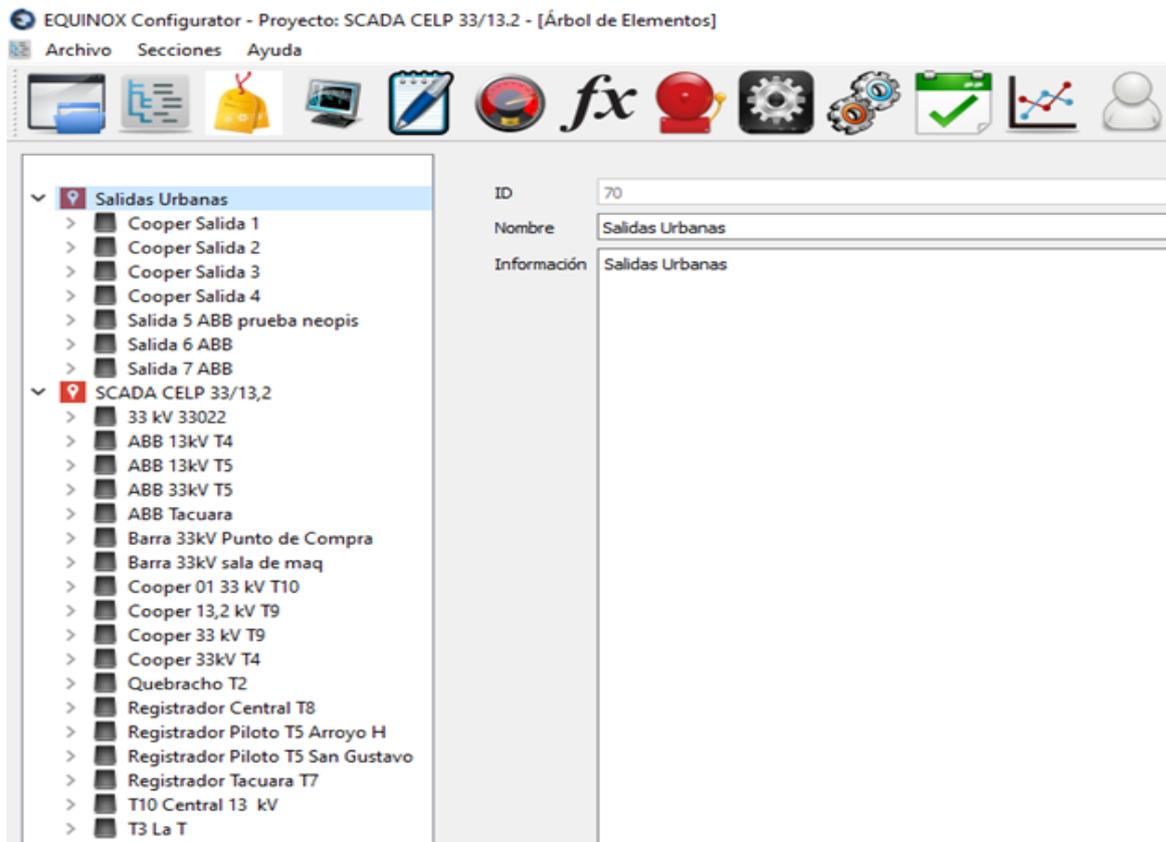


Fig. 20- Árbol de elementos general

Como se puede observar a cada estación se le pueden vincular varios dispositivos, es decir, un elemento capaz de tomar muestras de información del que se desea obtener un conjunto de señales analógicas para condicionarlas, digitalizarlas y transmitir las para su posterior jerarquización por el sistema SCADA. Luego se define el canal de comunicación y el grupo de escaneo. El canal de comunicación es el elemento que define el medio de transmisión entre el sistema SCADA y los dispositivos definidos, los cuales están comunicados mediante antenas, modems, fibra óptica y cable UTP. En este proyecto no hay ningún canal compartido.

En el grupo de escaneo se lee desde un dispositivo a intervalos regulares, en esta sección se define el tiempo en el cual se vuelve a realizar la encuesta en el equipo. Un mismo grupo de escaneo puede ser compartido con varios dispositivos, por ejemplo los Cooper F6 comparten el mismo grupo de escaneo. Al igual que los Cooper F5 comparten el mismo grupo, lo mismo para los registradores, no es necesario definir más de una vez el grupo de escaneo

2.5.4 Investigación y análisis de Conversores y Mikrotik

Para la conversión de los datos de los puertos de RS-232 a Ethernet comencé probando con unos mikrotik que había en la empresa en desuso, no obstante, tras llevar a cabo diversas pruebas y evaluaciones, determiné que estos dispositivos no cumplían con los requisitos necesarios para garantizar una conversión de señal adecuada y estable. Por consiguiente, decidí descartar esta opción y buscar una solución más apropiada. En la siguiente imagen se observa el mikrotik, no había mucha información sobre estos ya que se encontraban sin su gabinete, los tuve que reiniciar porque tenían usuario y contraseña anteriormente preestablecidas:



Fig. 21- Mikrotik

Seguí investigando qué conversor utilizar de RS-232 a Ethernet y luego de evaluar varias opciones en relación precio calidad llegué a la conclusión de que el conversor de la empresa Etherpower era la mejor alternativa. Comencé probando los conversores de puerto simples, estos están compuestos por un puerto RS-232 y la salida de Ethernet. Después de comprobar su correcto funcionamiento y ver que tenían una comunicación estable, opté por uno de dos puertos lo que permitió una mayor versatilidad en la conexión de dispositivos, una mayor eficiencia en el uso de recursos y demás complementos. Esto permitió lograr que los equipos se comuniquen al SCADA con un puerto y con el otro puerto poder comunicarse al software propietario. Estos están compuestos por dos puertos Ethernet, lo que hace que lleven un cable extra de RS-232 DB9 a Ethernet.



Fig. 22- Conversor Etherpower [9]

Este convertor soporta un rango de temperatura entre -40°C y +85°C. Los convertidores vinieron con su software ezVSP para la programación y definición de puertos virtuales, en el cual les configuré la IP dentro del rango de la red, cada puerto con su respectiva velocidad y además el programa para hacer los puertos virtuales. Probé utilizar otros programas de puertos virtuales como el VSPE y también funcionaba.

Una vez configurados estos convertidores hice una prueba para su verificación y transmisión de datos. Otra forma de verificar la conexión fue realizando un ping a la dirección IP del convertidor con la consola cmd como se observa a continuación:

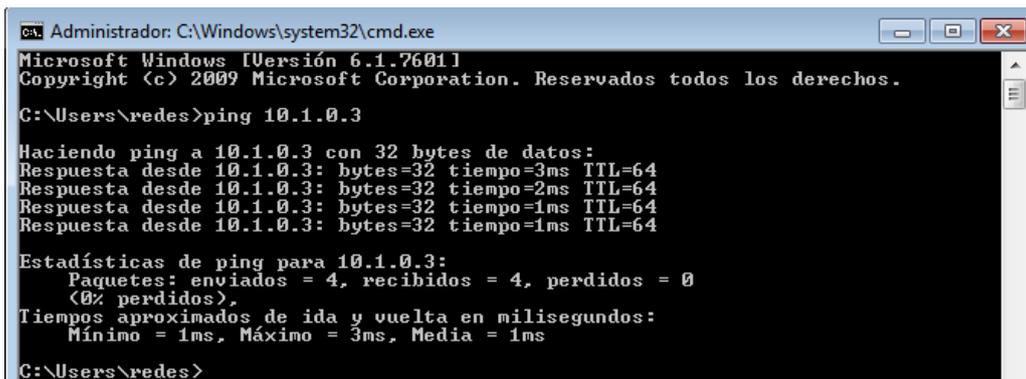


Fig. 23- Consola cmd, comando ping

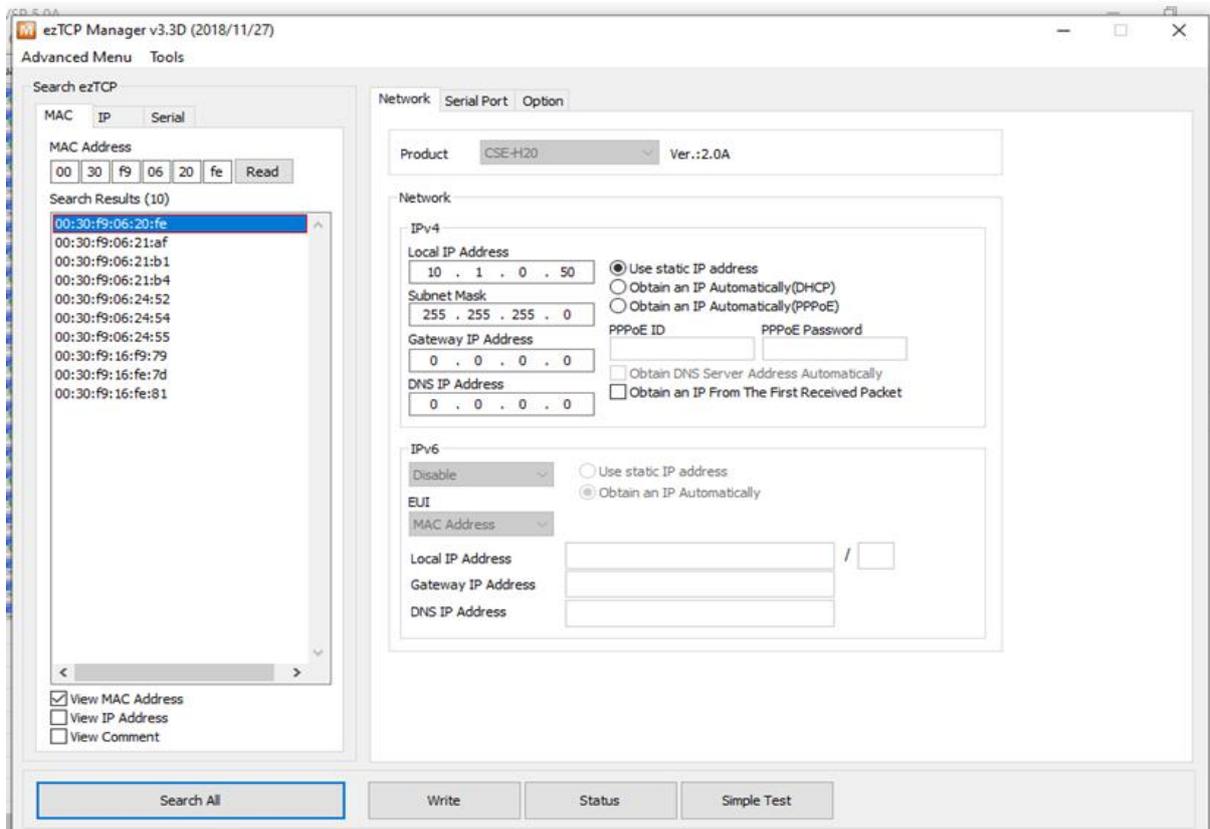


Fig. 24- Software para programar el convertor

2.5.5 Mikrotik de fibra a Ethernet

Para armar la red utilicé cuatro mikrotik, tres RB260GSP y uno hEX S. Uno en sala de máquinas, otro en el servidor del predio de la repetidora de VHF de la empresa que se conecta al mikrotik que está en el servidor de internet de la empresa.

El Mikrotik hEXS lo instalé en el rack de la oficina técnica, con este mikrotik pude definir puertos, direcciones IP. Con estos mikrotik se puede recibir la información mediante Ethernet y enviarla mediante fibra óptica o viceversa.

En el inicio del proyecto inicié probando con el conversor de mikronet este conversor es un conversor de fibra óptica a Ethernet, pero no tiene las mismas prestaciones que el mikrotik.



Fig. 25- Mikronet

En la oficina técnica instalé un rack para el cual saqué las medidas y pedí presupuesto a los proveedores. Una vez instalado coloqué un mikrotik routerboard modelo hEXS que en él se configura el firewall y los puertos de las IP públicas. Tiene un puerto SFP y salida PoE en el último puerto. En el puerto de fibra óptica se conecta la fibra que viene de sala de máquinas.

A continuación se pueden observar los dos modelos mikrotik



Fig. 26- Mikrotiks hEXS y RB260GSP

La configuración de administración de estos equipos la realicé mediante la aplicación de Windows llamada “WinBox”. Las características de MikroTik incluyen Firewall & Nat, Hotspot, Ruteo, Limitador de ancho de banda, servidor DNS, Protocolo de túnel punto a punto, servidor DHCP y otras configuraciones. Para más seguridad establecí un usuario y contraseña para cada mikrotik.

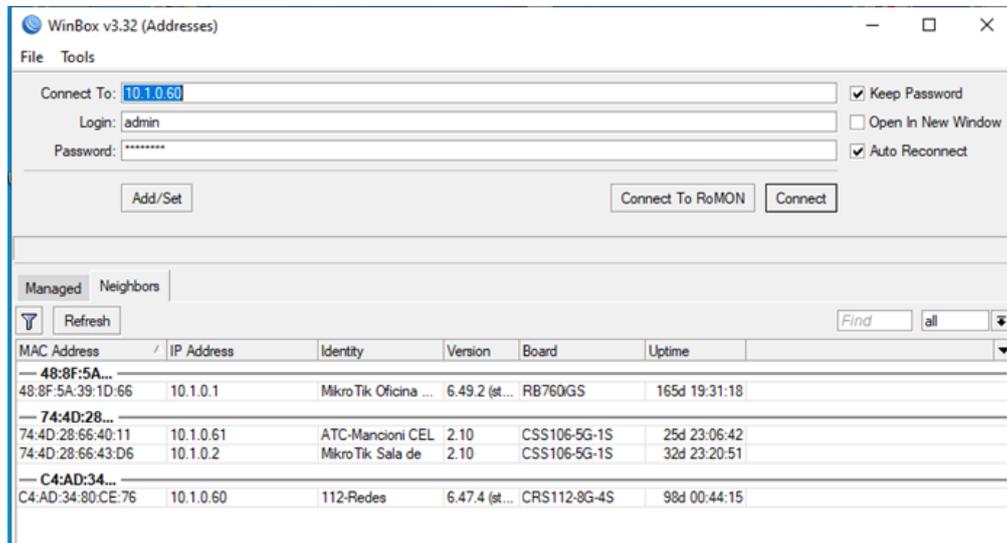


Fig. 27- WinBox

2.5.3 Vinculación entre sala de máquinas y oficina técnica

La vinculación la realicé utilizando la infraestructura de fibra óptica que ya se encontraba en el lugar, que había realizado en las pps, esta conexión va desde la Sala de Máquinas a la Oficina Técnica. En ambos extremos hay una patchera que es un componente clave en esta configuración, ya que proporciona la interconexión de los cables de fibra óptica, permitiendo el enrutamiento de las señales ópticas. Con un láser medí que la fibra óptica esté en correcto estado para su utilización y no haya atenuación o quiebres de la misma. Además en el mismo gabinete en sala de máquinas se encuentra un mikrotik en el que se conecta al switch de 24 puertos mediante un puerto de Ethernet y a la patchera mediante el módulo de fibra SFP. La patchera se encarga de recibir y gestionar los cables de fibra óptica, proporcionando una conexión confiable y ordenada entre los dispositivos Mikrotik y los cables de fibra.

En sala de máquinas cada módulo de los reconectores está separado por 1,50 metros y cada gabinete se encuentra a un metro de altura, en base a esto calculé la cantidad de metros de caño por el cual iba a pasar el cable Ethernet por dentro de este. Al cable lo canalicé para evitar que quede en el suelo y se dañe, así mismo se disminuyen las tareas de mantenimiento en el lugar y dota a la instalación de mejor organización. En cada base de los gabinetes de los equipos instalé cajas y bastidores con dos jacks para la comunicación de cada equipo y otro puerto RJ45 por las dudas para la comunicación de una PC, sin necesidad de comunicarse al puerto frontal del equipo.

En la Oficina Técnica, instalé una patchera similar para recibir los cables de fibra óptica provenientes de la Sala de Máquinas. El Mikrotik ubicado en la Oficina Técnica se conecta a la patchera a través de su puerto SFP, este convierte las señales ópticas en señales eléctricas, permitiendo la comunicación con los dispositivos de red en esta ubicación. La patchera en la Oficina Técnica asegura una correcta interconexión entre los dispositivos Mikrotik y los cables de fibra óptica.

Para todos los materiales utilizado llevé a cabo un proceso de solicitud de presupuesto a distintos proveedores, una vez recibidas las proforma de pedidos de los proveedores, procedí a evaluar detalladamente cada propuesta, teniendo en cuenta aspectos como la calidad de los materiales, los plazos de entrega, las condiciones de pago y si la empresa era cliente habitual de este proveedor. Realicé un análisis comparativo de los presupuestos para seleccionar la opción más adecuada en términos de relación costo-beneficio y cumplimiento de los requisitos del proyecto.



Fig. 28- Patchera Sala de Máquinas

2.5.6 Comunicación de Reconectores Cooper

Para la comunicación de los reconectores tuve que aprender el funcionamiento, investigar el material que había en la empresa, leer los manuales y comprender el uso del software tanto para la comunicación y programación

Los COOPER F6 tienen la ventaja que aparte del manual, en su software trae el mapa de protocolo, se pueden configurar y verificar ahí los datos para la comunicación. Este equipo tiene cuatro protocolos de comunicaciones Modbus, IEC870-5-101, 2179 y DNP, para esto es necesario que el usuario se comunique primero con el software del programa por el puerto frontal y ahí seleccione que protocolo usar. Una vez realizadas las configuraciones si ya se puede comunicar con el convertor a través de su puerto de comunicación o su puerto de Ethernet.

El control F5 dispone de tres protocolos, estos son: Cooper Power System 2179, DNP3.0, nivel 3 y Accesorio protocolo S-Comm. Configuré estos equipos para comunicarlos por DNP3. A diferencia del F6 no tienen el menú Workbench para la comprobación de los registros.

Se puede observar en el menú en Workbench de los reconectores F6 algunos datos del equipo cuando está online.

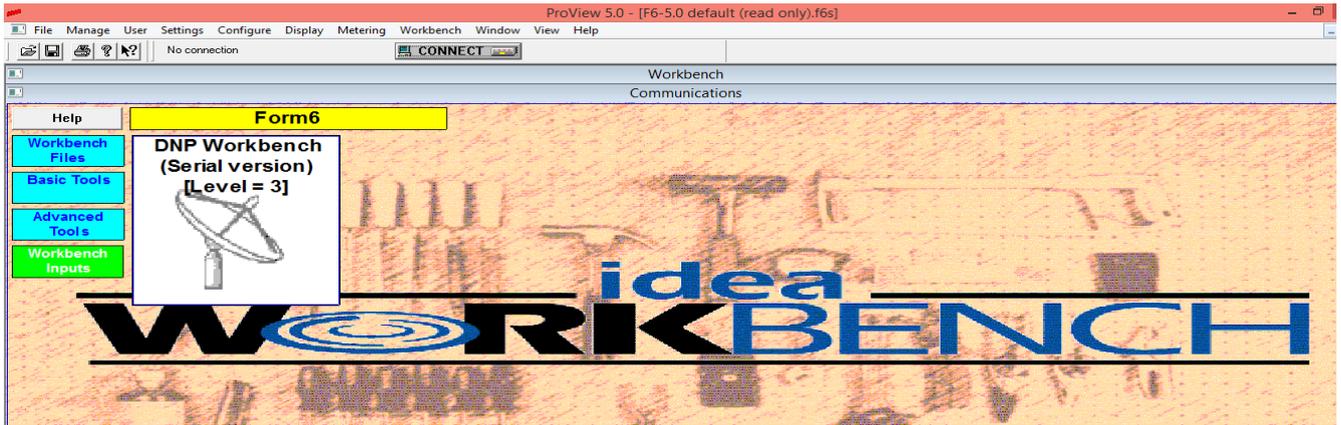


Fig. 29- Menú Workbench

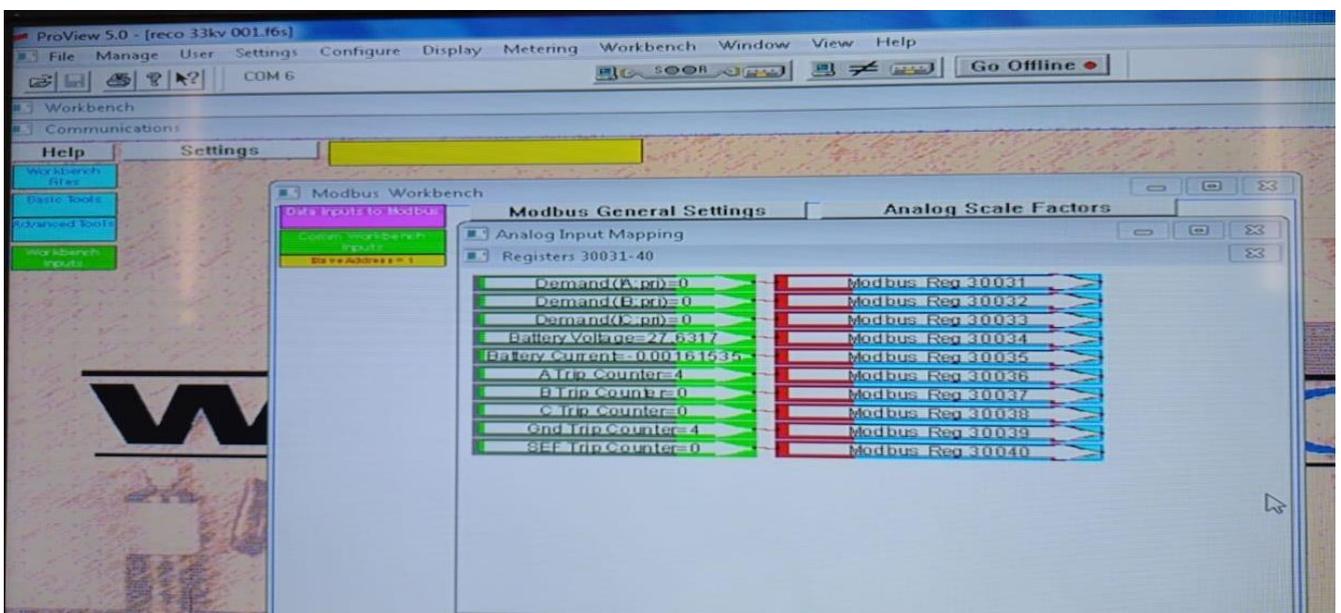


Fig. 30- Configuración Workbench

En base a los datos de cada equipo en el sistema Equinox cargué cada registro que se va a leer. A continuación se muestra la configuración para un cooper F5, donde se define el nombre del grupo, el protocolo con el cual se va a establecer la comunicación, el tipo y subtipo de dato, offset rango que en este caso es 0, también se define el rango en el cual se va a leer esos registros y el tiempo en el que se van a estar actualizando.

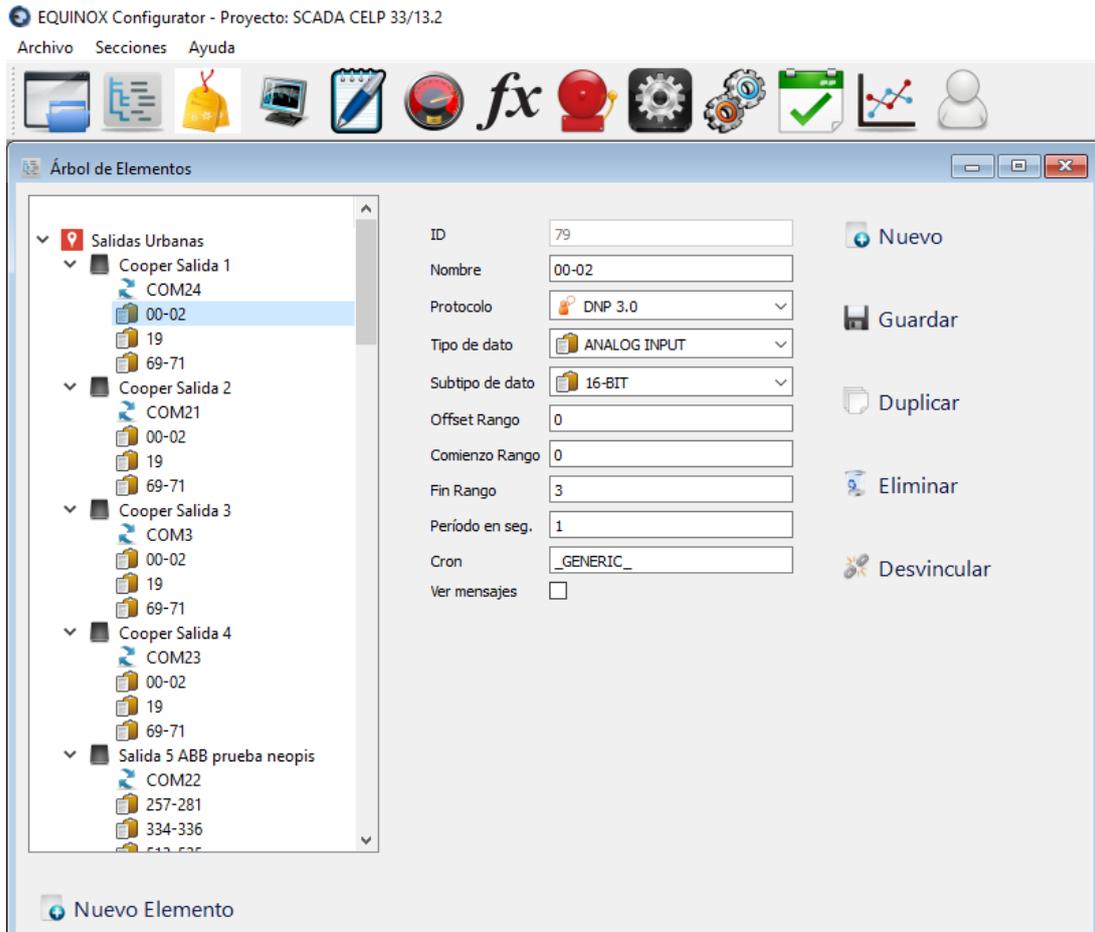


Fig. 31- Grupos Equinox

Realicé el pinout correspondiente de los cables para la conexión entre los equipos, los convertidores y los módems, posibilitando con esto la transmisión de datos. Para los reconectores debí investigar y probar que configuración de los cables era adecuada para la comunicación al SCADA. Esto fue porque no se contaba con esa información y el cable que se utiliza para la comunicación frontal no se podía utilizar para la comunicación al sistema SCADA ya que daba error.

Panel posterior: NULL MODEM H-H

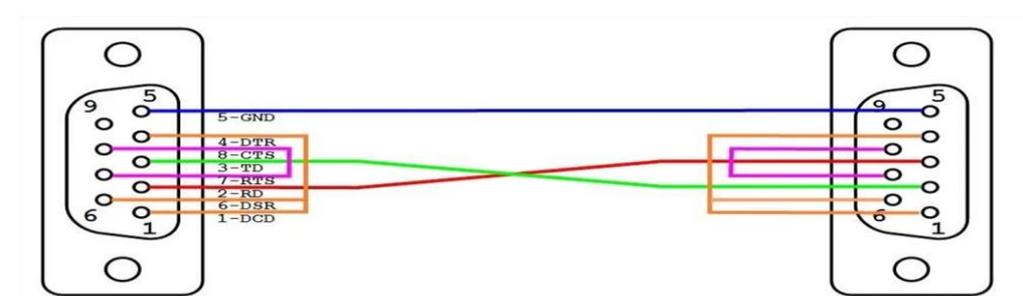


Fig. 32- Pinout Cooper

Para la comprobación de los registros de los reconectores con protocolo Modbus o TCP/IP, utilicé también el programa RMMS donde hice las configuraciones correspondientes dependiendo el protocolo elegido.

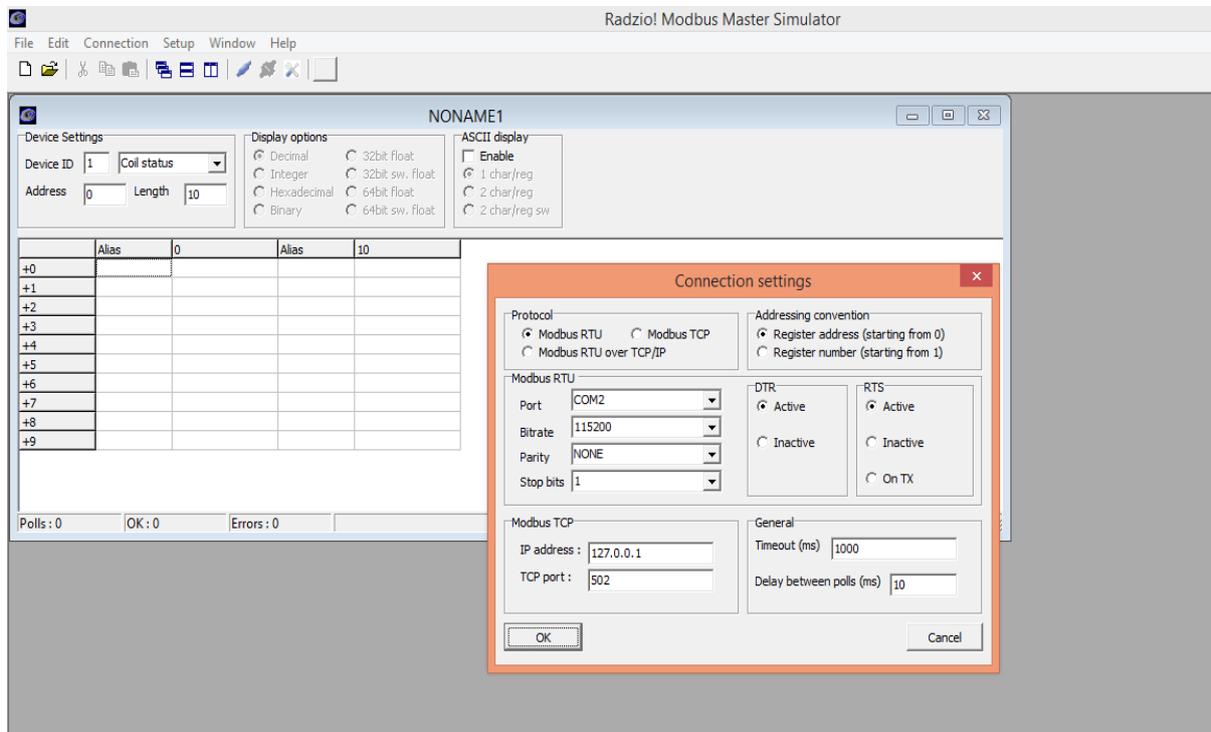


Fig. 33- Radzio Modbus Master Simulator

2.5.7 Comunicación de Reconectores ABB

2.5.7.1 Reconectores ABB PDC2000

Este equipo consta con los protocolos de comunicación DNP 3.0, Modbus RTU, Modbus ASCII e IEC60870-5-101. Tiene un puerto posterior aislado doble RS-232 y RS-485 (activo únicamente uno a la vez) para conectar al SCADA. Al igual que los otros reconectores se define la IP en el conversor y se asocia mediante el puerto virtual creado en el software. A continuación se observa el menú de configuración de comunicación del equipo. Estos equipos están conectados mediante Modbus RTU por el puerto RS-232, solamente uno está comunicado con el puerto RS-485 ya que el módem al cual lo vinculé tenía un puerto RS-232 y otro RS-485. Entonces utilicé en el modem el puerto RS-232 para la vinculación del puerto frontal y el puerto RS-485 para el sistema. Para hacer esta conexión de RS-232 o RS-485 tuve que cambiar unas clavijas en la placa de comunicación para elegir uno u otro.

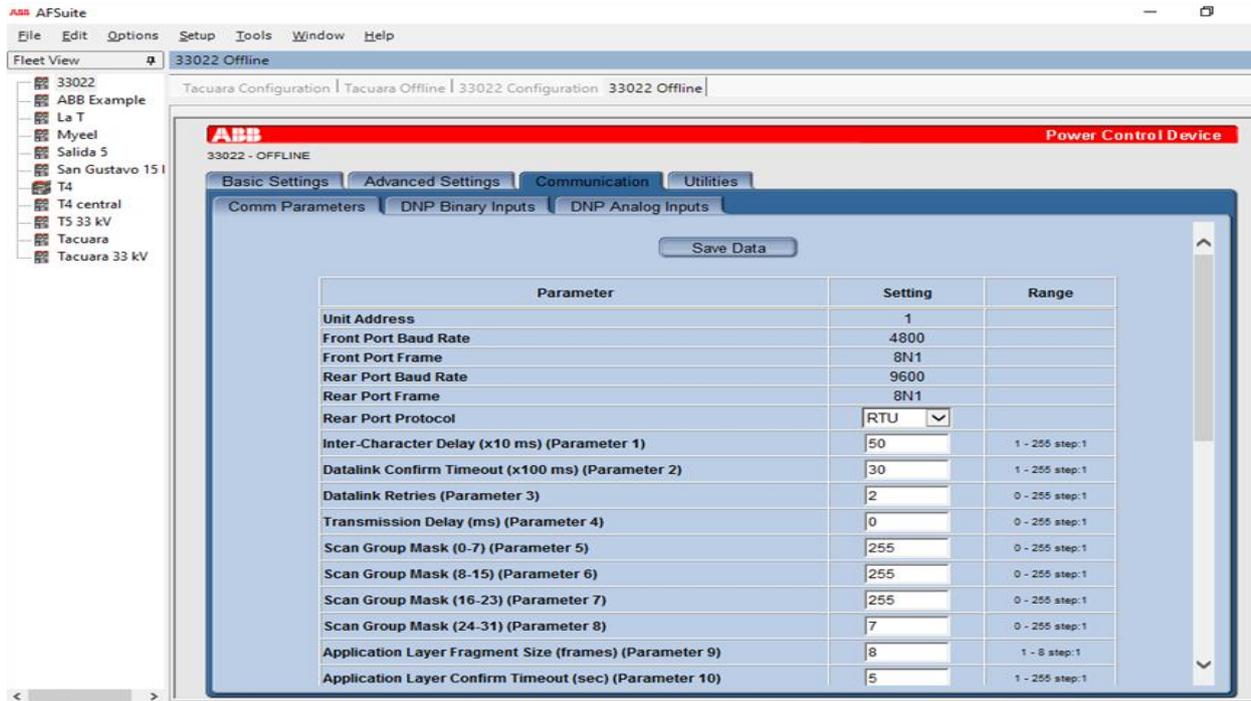


Fig. 34- Configuración ABB

2.5.7.2 Reconectores ABB PDC600

Para estos reconectores la vinculación al sistema puede ser mediante Modbus y es posible a través de la interfaz de comunicación en serie, a través de la Interfaz Ethernet, o sobre ambas interfaces simultáneamente.

Se puede acceder a los parámetros de configuración del enlace serie con la herramienta de configuración de parámetros en PCM600, WHMI o mediante la ruta LHMI. A estos dispositivos los comuniqué mediante Ethernet desde el cual, mediante la IP que le designé se puede acceder al SCADA y a la página.



Fig. 35- Menú ABB RER615

2.5.8 Perfil topográfico

Para cada enlace estudié el mejor perfil topográfico, también la posibilidad de hacer algunos saltos ya que por obstáculos en la línea de visión no fue posible comunicar los equipos desde la torre de la empresa.

La empresa cuenta con algunas estructuras para soporte de antenas, utilicé google earth para ubicar las coordenadas de cada estación transformadora y tramos, las cuales se pueden observar en las siguientes imágenes:



Fig. 36- Antenas de la empresa

Utilicé antenas direccionales para implementar enlace de punto a punto. En la que la señal se dirige a un único punto receptor que se conoce.

Llevé a cabo una investigación para saber si las prestaciones de esta marca de antenas era la adecuada para esta vinculación. Comencé probando con la marca Ubiquiti y realicé los cálculos para los enlaces con la aplicación que se encuentra en la página del proveedor Ubiquiti, una vez realizado estos análisis configuré cada antena. Corroboré el cálculo en las estaciones transformadoras, esto lo hice mediante el escaneo de espectro con una antena en el lugar. Usando un hidroelevador simulaba la altura en la cual estaría ubicada la antena y así verificaba que el enlace funcionará o no. Escaneé con una antena apuntando al tramo de la empresa y observé si en la encuesta del sitio aparecían algunas antenas del sector de internet que apuntan para ese lado de la ciudad. Para la orientación de las antenas subí personalmente mediante el hidroelevador.

Realicé los estudios de Línea de Vista con el software del proveedor en la página airLink.

2.5.8.1 Enlace Central- ET Piloto Ávila

Inicié los cálculos haciendo la vinculación desde la central a la estación transformadora Piloto Ávila.

En la siguiente imagen se puede observar como da error al hacer el cálculo desde la antena de la Cooperativa ubicada a 35 metros de altura a la estación transformadora Piloto Ávila,

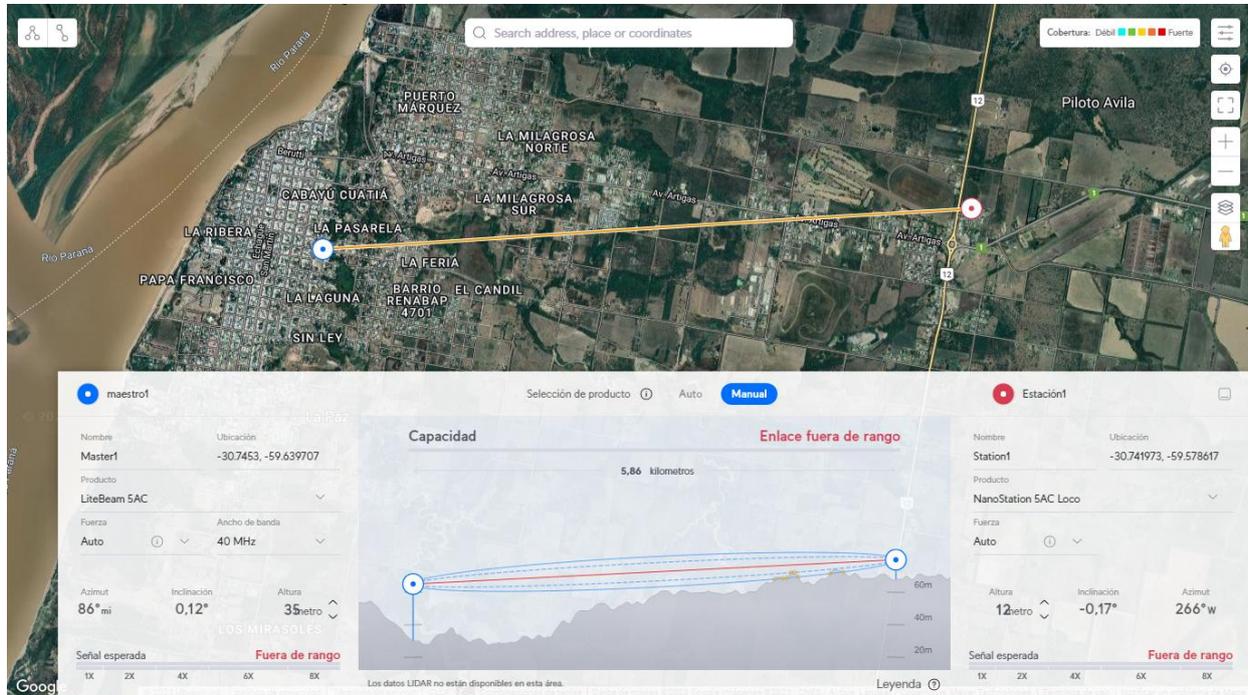


Fig. 37- Enlace Central- ET Piloto Ávila

Detecté que la línea de vista se encuentra interferida por la presencia de árboles en la zona de entrada a la ciudad de La Paz por la ruta 12. Estos obstáculos naturales afectarían la transmisión de señal y la calidad del enlace, por esto procedí a realizar ajustes en la ubicación de las antenas para minimizar la interferencia y mejorar la eficiencia del enlace. Seguí haciendo simulaciones para ver si realizando un salto se podría lograr el vínculo. Recorrí la zona y observé una línea de vista despejada en una zona denominada “La Morenera” sobre la ruta 12, también hice un relevamiento de la zona de La Morenera a la ET Piloto Ávila para observar si la línea de vista hacia la estación transformadora estaba despejada. Luego realicé los cálculos para el enlace y no dio error, por lo que probé colocar la antena en ese lugar. Realicé un relevamiento de cual sería el mejor lugar para la instalación de la antena en la estación transformadora siendo el mejor resultado una columna enfrente a la estación por esto se debió realizar un cruce de calle para el cableado.

Intente comunicar desde la estación transformadora directamente a la empresa pero el resultado fue negativo.

En esta otra imagen se observa el enlace Cooperativa- Morenera (salto para vincular la empresa con la estación transformadora Piloto Ávila) configurado con las antenas y ancho de banda correspondiente, ubicados 5,7 km de distancia:

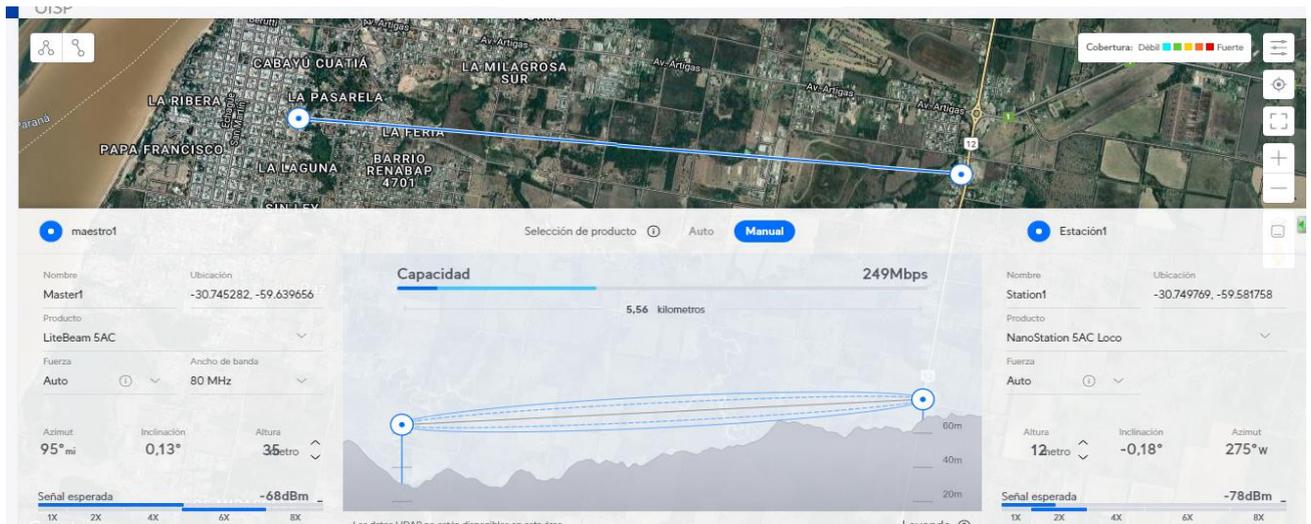


Fig. 38- Salto Cooperativa- Morenera

Luego realicé el cálculo del Enlace en la Morenera a la Estación transformadora Piloto Ávila que se encuentran ubicadas a 1,05 km de distancia, como se puede observar a continuación y coloqué en la columna un caño de 1,5 metros para mayor altura.

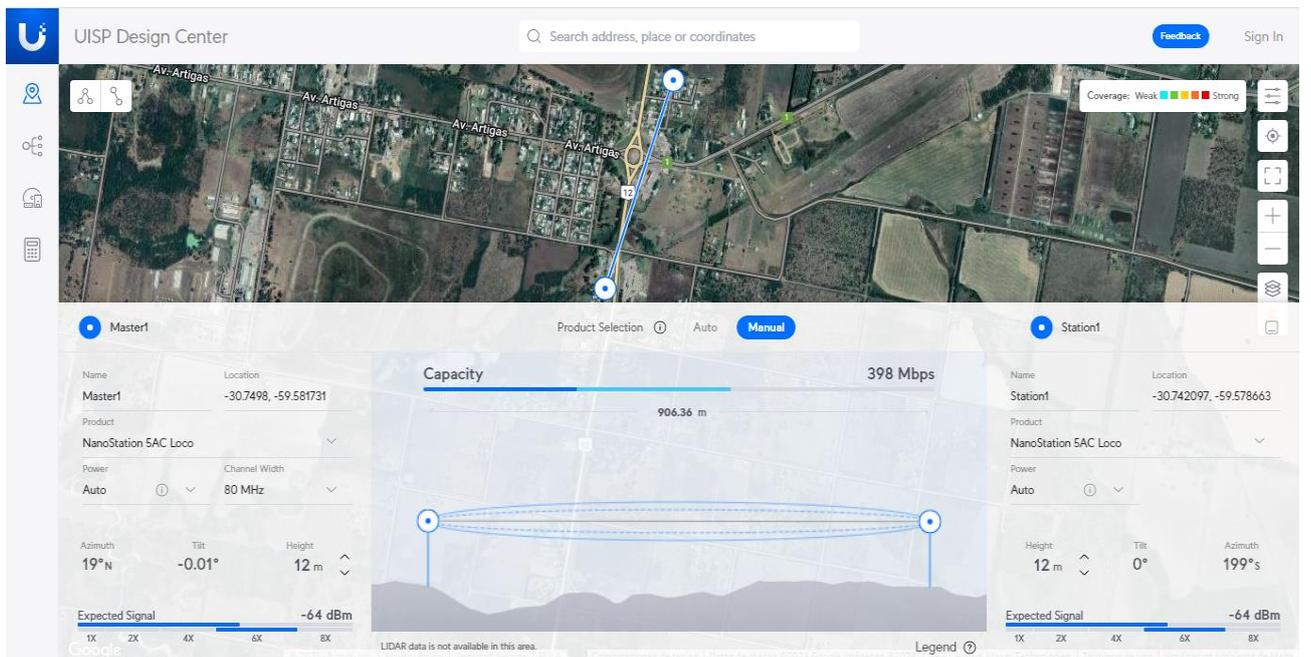


Fig. 39- Vinculación Morenera- Piloto Ávila

Realizando este salto desde la Cooperativa hasta la “Morenera” y luego de la “Morenera” hacia la estación transformadora logré el enlace para la transmisión de los datos de los equipos.

Para el enlace primero realicé la prueba colocando las antenas en un poste de luminaria con una prolongación para poder probar el vínculo, una vez corroborado que este funcionaba, se colocó una columna, luego se pasó las antenas y el gabinete a esta, logrando una mayor altura, mejor comunicación y transmisión de datos.

2.5.8.2 Enlace ET Piloto Ávila- Seccionador 33022

Desde la estación transformadora Piloto Ávila relevé la zona y luego hice el cálculo para poder comunicar un reconector que se encuentra en el seccionador 33022 por la ruta 12 a 400 metros de la estación transformadora. La antena la coloqué en la misma columna donde se encuentra el reconector con la orientación hacia la estación transformadora.

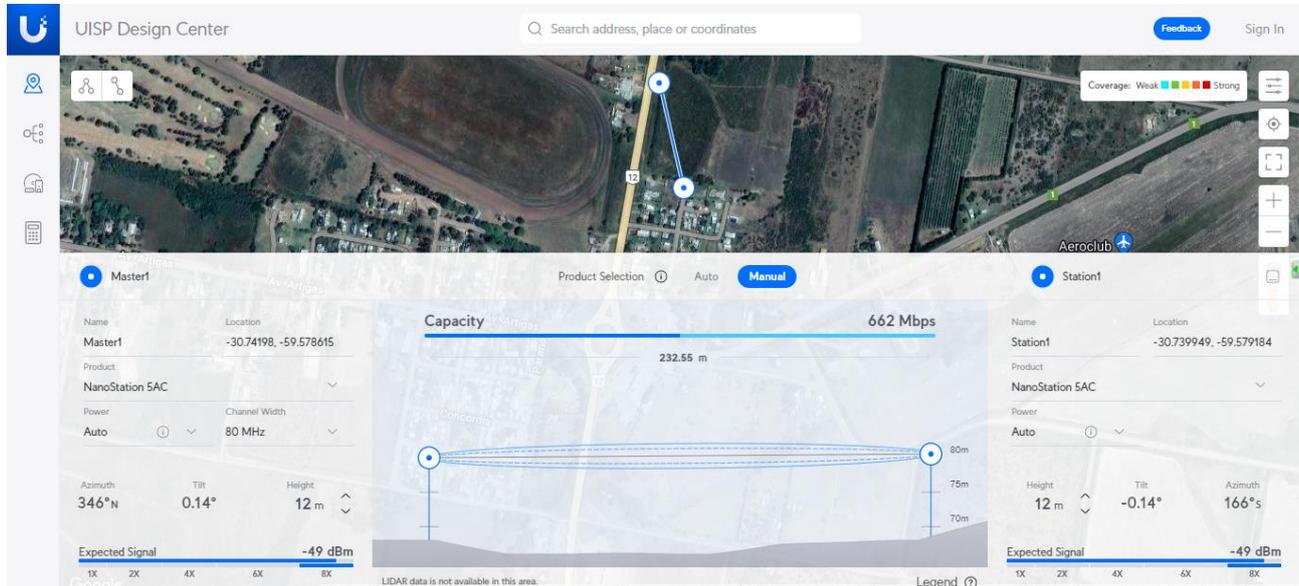


Fig. 40- Vinculación ET Piloto Ávila- Seccionador 33022

2.5.8.3 Enlace ET Tacuara - ET Central

Para la comunicación de la estación transformadora Tacuara realicé el enlace con la antena ubicada en el predio de la repetidora de VHF de la empresa y la estación transformadora, previo a este enlace hice los cálculos con los otros mástil de la empresa pero elegí este punto de enlace por la altura del mástil. Para la colocación de la antena en este predio se contrató a un torrista ya que eran 45 metros de altura, como se puede observar a continuación:

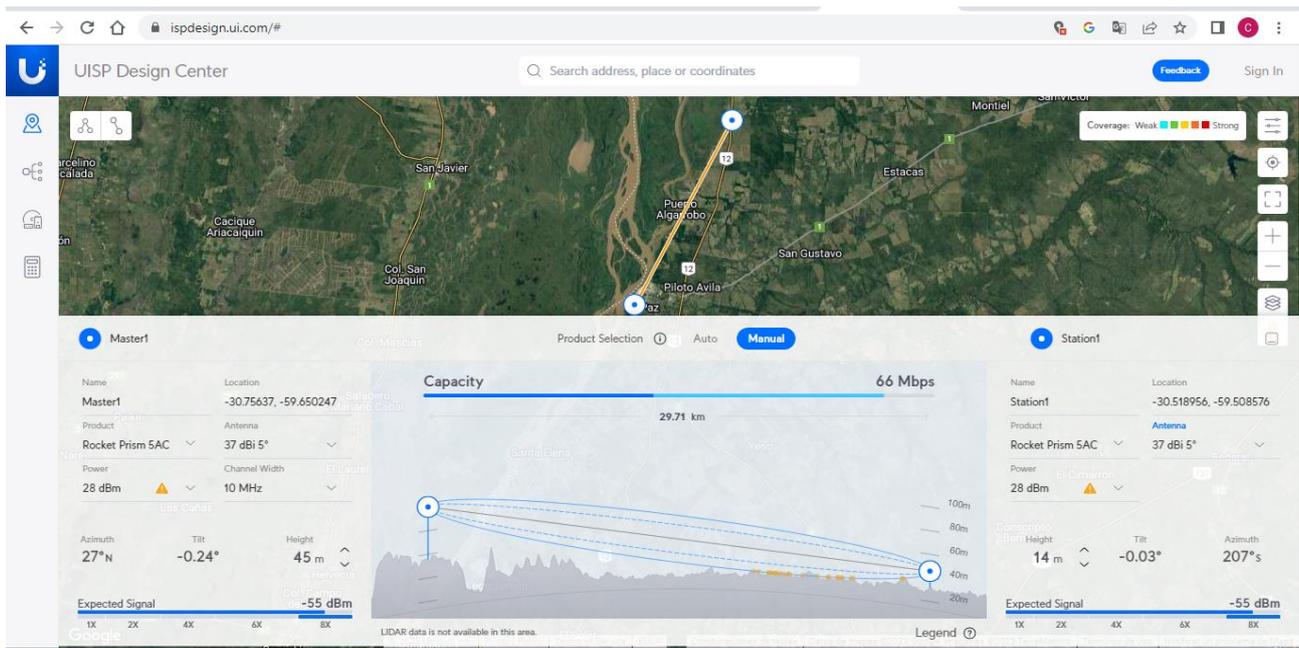


Fig. 41- ET Tacuara - ET Central



Fig. 42- Predio Repetidora de VHF

Desde el predio de la repetidora de VHF de la empresa a la central se transmiten los datos mediante fibra óptica, utilicé el tendido que tiene la empresa hasta dicho lugar para realizar el envío de datos hasta la institución, en la empresa llega la conexión de fibra a un mikrotik al servidor de internet y desde ahí mediante cable UTP a la oficina técnica al mikrotik principal del servidor.

En cada lugar realicé las fichas de RJ45 utilizando una crimpeadora y la tipología de cable de red directo. Para la conexión de fibra óptica también hice los conectores y fusiones correspondientes.



Fig. 43- Rack en predio repetidora de VHF

- 1- PoE de la antena en predio de la repetidora de VHF de la empresa
- 2- Mikrotik, en un extremo conecté el PoE y en el otro la Fibra óptica que va a la empresa.

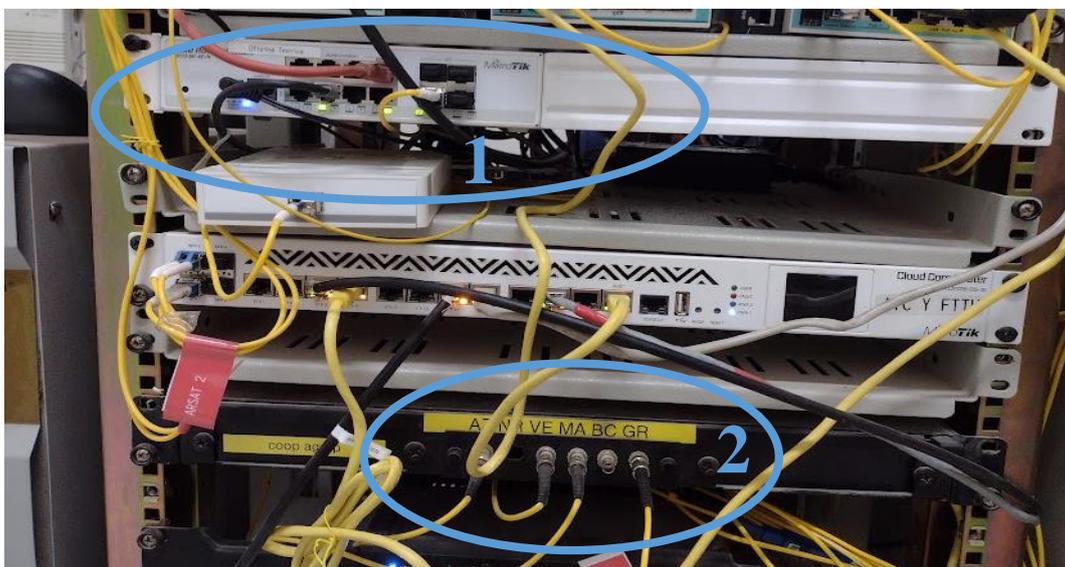


Fig. 44- Mikrotik en Servidor de Internet

- 1- Mikrotik
- 2- Fibra óptica

Para la conexión de las estaciones transformadoras de la T y El Quebracho también hice el estudio del perfil topográfico pero con las alturas actuales de las antenas y postes daba error en el resultado del enlace.

2.5.9 Montaje de gabinete

Realicé el armado de los gabinetes que se colocaron en cada poste o columnas donde se instalaron las antenas y en algunas estaciones transformadoras. Los cuales constan de:

- + Una UPS con la finalidad de mantener estable la tensión en caso que se produzca una falla y/o un corte de energía, es decir, no dejará de funcionar el vínculo y en algunos casos los convertidores, nos evita la pérdida de información y nos permitirá ver en la computadora de la empresa las fallas que estén ocurriendo.
- + Un PoE (Power over Ethernet) es una tecnología de alimentación eléctrica para la antena. En los gabinetes ubicados en la morenera y la estación transformadora Piloto Ávila se encuentran dos PoE ya que se utilizan dos antenas, una recibe la información y la otra hace la función de repetidora.
- + Un multicontacto en el cual se conecta el PoE, el switch y la computadora en el caso que sea necesario realizar alguna configuración en el lugar. En el gabinete ubicado en la estación transformadora de Piloto Ávila se encuentra un switch conectado al multicontacto.
- + Una térmica, que protege el sistema contra sobrecargas eléctricas y cortocircuitos.

En algunos gabinetes además instalé un switch para administrar la conexión a la red y asegurar una transferencia de datos estable y rápida. Cada gabinete en las columnas de las antenas y estaciones transformadoras cuenta con una térmica, switch, tomas corrientes y UPS para garantizar la operación confiable y segura del sistema en todo momento.



Dentro del gabinete se puede observar:

- 1- PoE
- 2-Multicontacto
- 3-UPS

Fig. 45- Interior de gabinete



Fig. 46- Gabinete vista lateral/ posterior.

2.5.10 Red interna

Para la red interna de sala de máquinas programé dos mikrotik que se comunican a través de fibra óptica desde la sala de máquinas a la oficina técnica.

Un mikrotik está ubicado en la sala de máquinas y cumple la función de concentrador, en el cual están conectados dos registradores, los controladores de los ventiladores de los transformadores, un medidor Circutor y los reconectores.

Se envían todos los datos a la empresa a través de fibra óptica y en la oficina técnica se encuentra un router mikrotik, el cual convierte de fibra óptica a Ethernet y este se comunica a la computadora de la empresa.

En la sala de máquinas instalé: dos conversores para la comunicación de los registradores y nueve conversores para los reconectores.

El medidor se encuentra conectado mediante Ethernet al igual que los reconectores de las salidas 6, 7 y el reconector de T10 de 13,2 kV.

A esta red se conectará también el LAN del PoE de la antena que se encuentra ubicada en la empresa, las demás antenas también estarán dentro de un rango de la misma IP, es decir, a cada equipo se le asigna una IP dentro de un mismo rango. Para la vinculación de los módems configuré su puerto desde el mikrotik.

2.5.11 Pruebas maniobras de reconectores

En el módulo Equinox Configurator definí los Sets comandos que son un conjunto de telemandos que se enviarán a un cierto dispositivo a través de un canal de comunicación cuando el operador lo dese.

Los comandos secuenciales se utilizan cuando se requiere enviar una secuencia de varios comandos simples que en conjunto realizan una acción compleja sobre el equipo.

Para la configuración de las maniobra tuve en cuenta la contraseña, por ejemplo en el reconector ABB la contraseña son cuatro espacios en blanco “ ” como se puede observar en el cuadro siguiente en Hexadecimal es 2020, pasándolo a decimal 8224 8224, para la configuración usé el valor en decimal. Utilicé la misma lógica para las contraseñas para los demás reconectores de distinto modelo y marca.

Caracteres estándares											
ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo			ASCII Hex Símbolo		
0	0	NUL	16	10	DLE	32	20	(space)	48	30	0
1	1	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	2	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	3	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	4	EOT	20	14	DC4	36	24	\$	52	34	4
5	5	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	6	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	7	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	8	BS	24	18	CAN	40	28	(56	38	8
9	9	TAB	25	19	EM	41	29)	57	39	9
10	A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?

Fig. 47- Caracteres estándares [6]

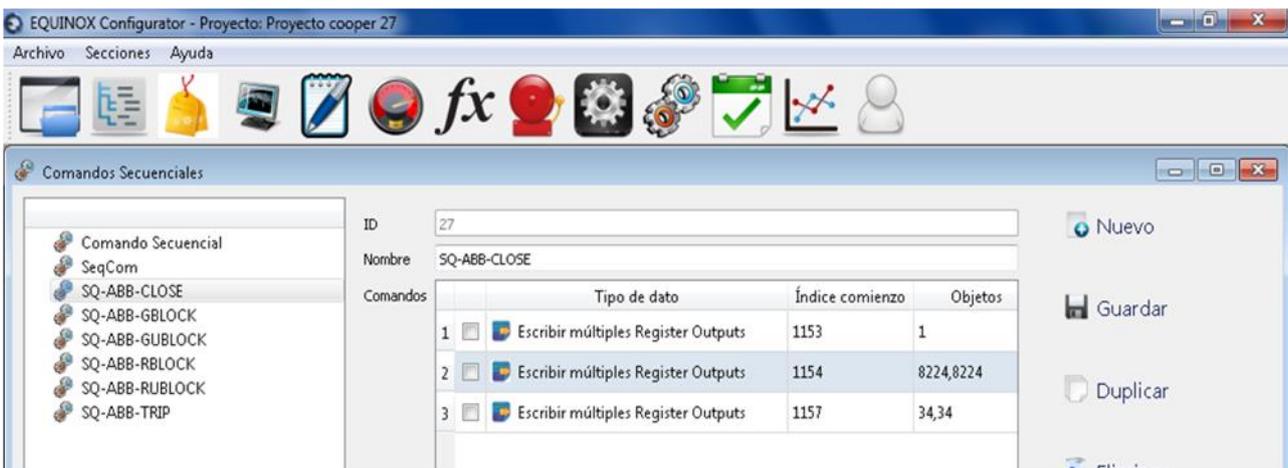


Fig. 48- Equinox comando secuenciales

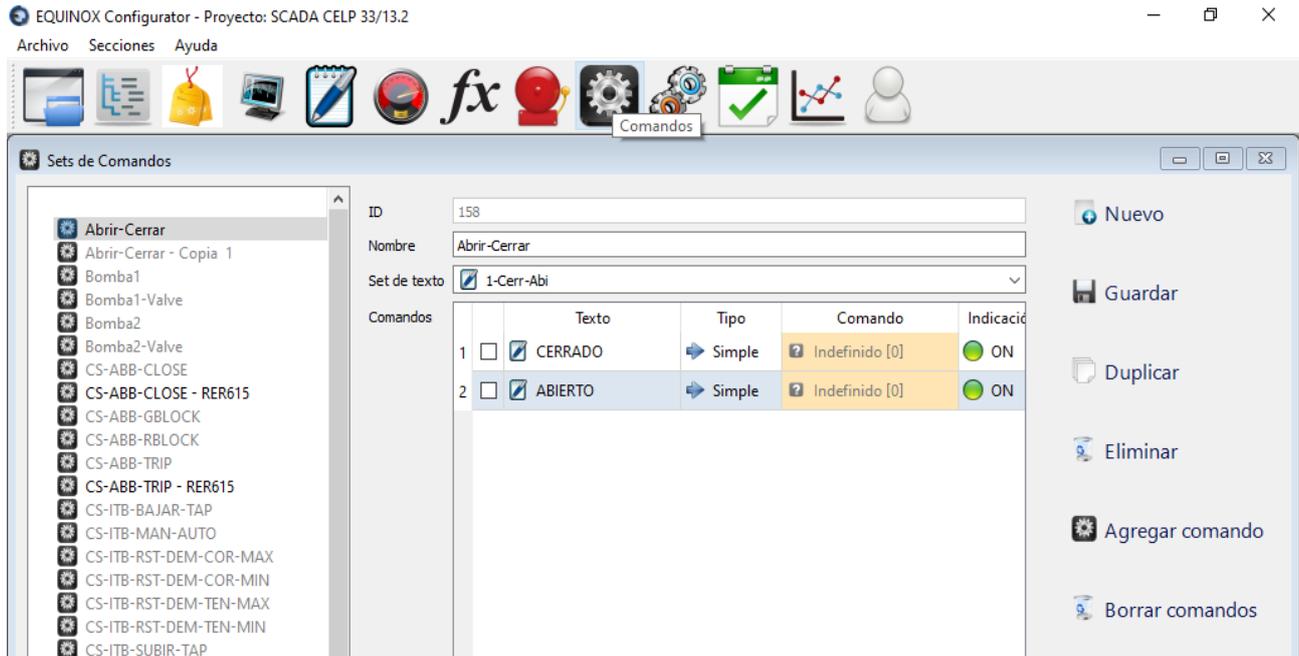


Fig. 49- Equinox set de comandos

No pude probar la apertura y cierre en todos los reconectores ya que estaban conectados, solamente realicé las pruebas con los que estuvieron fuera de servicio en algún momento mientras realizaba el proyecto. Dejé establecida la configuración de cada equipo para poder probarlo a futuro.

2.6 Problemas y soluciones implementadas

Reparé el puerto de comunicación de un registrador ubicado en la estación transformadora Piloto Ávila, el cual no lograba establecer la comunicación ni la descarga de los datos, por lo tanto procedí a desarmarlo y encontré la falla, la misma era un cable del pinout del DB9 desoldado.

2.6.1 Tendido subterráneo

En las estaciones transformadoras de Piloto Ávila y Tacuara debí realizar un cableado subterráneo, con el propósito de poder comunicar todos los equipos de medición, para el cual utilicé cable UTP. Para esto se emplearon las tuberías que se encontraban en el lugar. Realicé un relevamiento y así ver cuál sería la mejor opción para este cableado.

En esta red utilicé la categoría de cable CAT. 5e, donde la “e” se refiere a “Enhace” (mejorada). Esta categoría de red es capaz de transportar datos a una velocidad compatible con Gigabit Ethernet, es decir hasta 1000 Mbps, unos 125 MB/seg. con cable UTP doble vaina y aislado, por las interferencias. En esta ET armé un gabinete dedicado para la comunicación en el cual mediante un switch se conectan todos los equipos. En la estación de Piloto Ávila se utilizaron dos bobinas de cable (602 mts aproximadamente).



Fig. 50- Tendido subterráneo

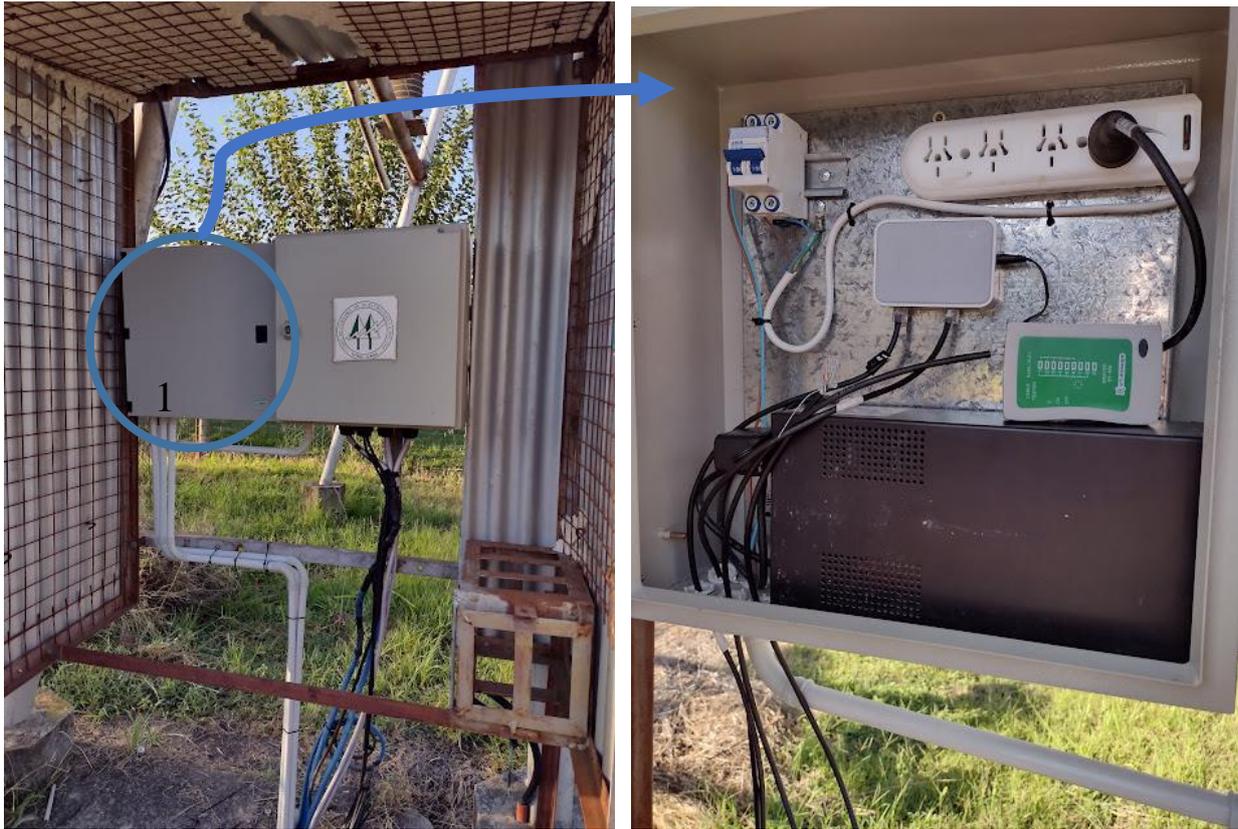


Fig. 51- Gabinete en ET Piloto Ávila

En la primera foto se puede observar el gabinete 1 que es el que coloqué para la comunicación de los equipos, quedando aislado de la parte de energía de los demás dispositivos. En la foto de la derecha se ve el gabinete por dentro cuando recién lo estaba armando.

En la estación transformadora de Tacuaras debí realizar lo mismo a través de las fosas ya que coloqué la antena en una columna donde comienza la estación transformadora y el gabinete se encuentra dentro de la misma. Para este tendido de cable utilicé aproximadamente 50 metros con las mismas características anteriores.

2.6.2 Módems

En cuanto a los enlaces de los equipos me he enfrentado a dificultades con aquellos que se encuentran a varios kilómetros de distancia, no era posible realizar algún tipo de vinculación con antenas con las alturas que se tienen en el lugar, realicé los cálculos teniendo en cuenta todas las posibilidades de los predios de la empresa y daban error. A continuación se observa los cálculos realizados en la página de Ubiquiti.

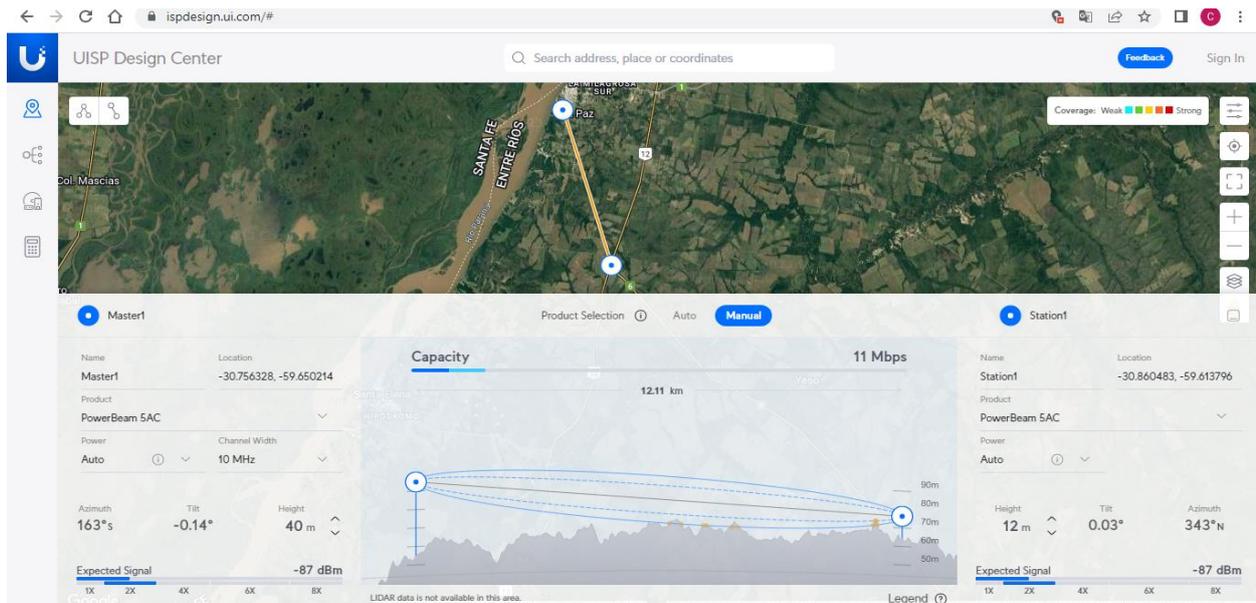


Fig. 52- Vínculo Repetidora de VHF- La T

Escaneé el espectro en el lugar y al no poder obtener vinculación con alguna antena de la ciudad, se presenté en la empresa soluciones para la vinculación mediante radioenlace, esto incluía agregar un mástil de 30 metros en la estación transformadora de la T y otro de 40 metros en la estación transformadora del Quebracho, además de antenas que cubran esa distancia. Otra solución que di menos recomendada fue hacer saltos hasta llegar a la estaciones transformadoras, esto incluía la compra de más antenas, cableado y más posibilidades de errores en la transmisión de datos. Presenté estas dos alternativas.

Por el costo económico la primera opción no fue posible, se analizó la propuesta de realizar saltos, pero para la estación transformadora más alejada se debía realizar más de un salto, entonces se optó por buscar alguna otra solución.

Estudí que podría ser lo más viable para la comunicación en estos lugares, luego de investigación y varios presupuestos a distintas empresas coloqué un modem GPRS el cual por medio de un chip de internet puede comunicarse al servidor mediante una IP pública y transmitir los datos del equipo. Esto fue un resultado de un 100% más barato que la primera solución de colocar tramos. Los chips son de la empresa Claro con la cual la cooperativa tiene convenio.

Comencé probando con un modem modelo AD2066 en la estación transformadora del quebracho. A continuación se observa la imagen posterior del reconector Cooper F6 en el cual conecté el modem mediante el puerto RS-232 para la comunicación al sistema SCADA.



Fig. 53-Módem instalado en Reconector Cooper

Después de la exitosa conexión, probé realizar un vínculo con el módem EQ7028. Este módem EQ7028 es un terminal celular con conectividad 2G/3G/4G/5G LTE. Contiene un CPU industrial de 32 bits de alta prestación y un sistema operativo de tiempo real embebido. Posee cliente VPN, dos puertos RS-232 (o un puerto RS-232 y uno RS-485) y un puerto LAN que permiten conectar dispositivos a una red celular de forma conveniente y transparente. Configuré cada módem con un ID y puerto diferente para su comunicación.

Topología de aplicación:

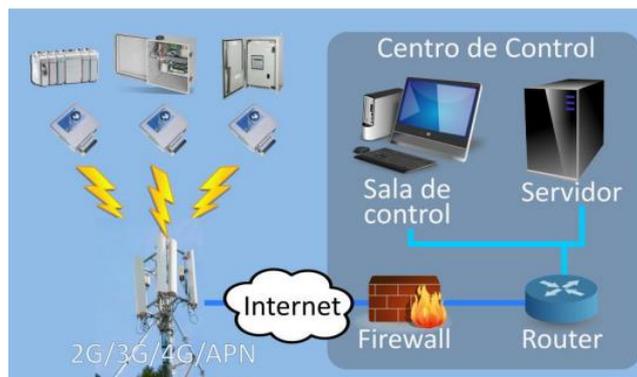


Fig. 54- Topología de módems [10]



Fig. 55- Módems GPRS

2.6.3 Verificación de puertos

Para verificar los puertos de la IP pública para la conexión de estos módems utilicé el programa Hércules y PuTTY.

PuTTY, es un cliente de acceso remoto a máquinas informáticas de cualquier tipo mediante SSH, Telnet o RLogin.

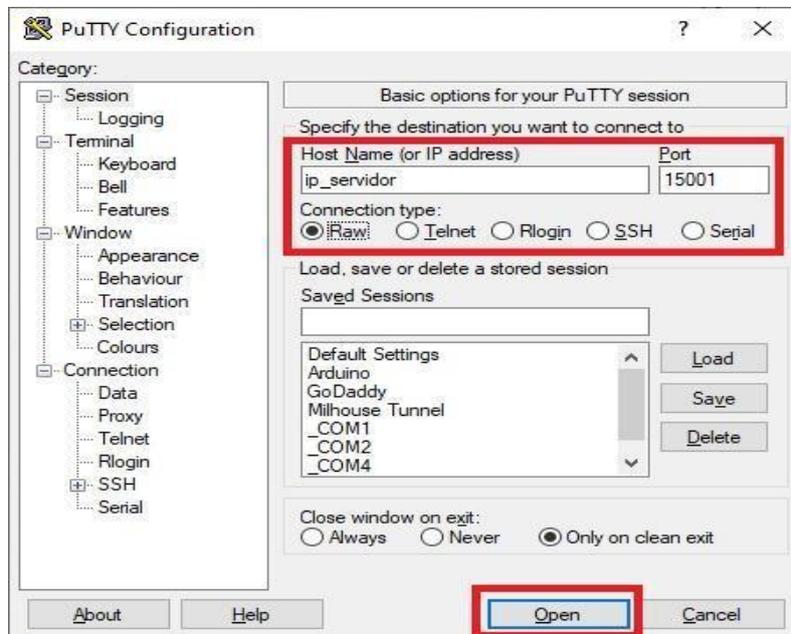


Fig. 56- Configuración Putty

Configuré el modem y si escribía en la consola del programa PuTTY recibía los datos en el programa Hércules.

A continuación se observa la pantalla del programa hércules donde se reciben los datos una vez establecida la comunicación:

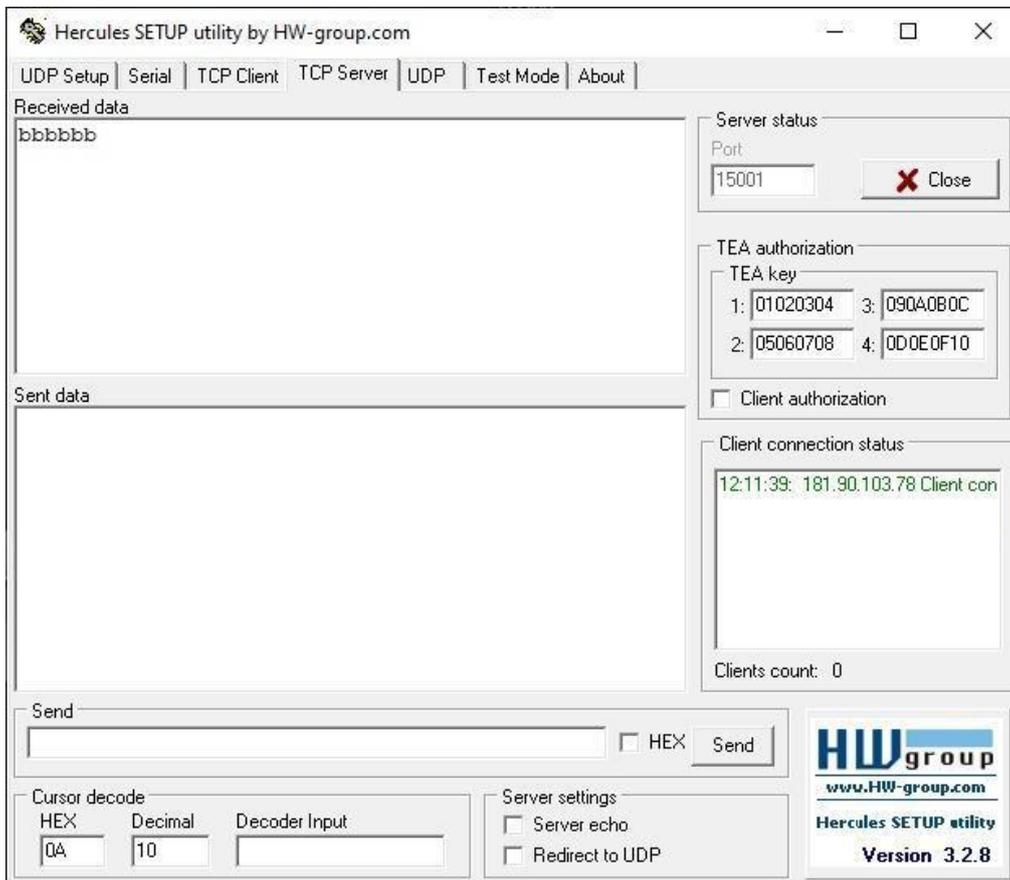


Fig. 57-Programa Hércules

Antes de instalar los módems chequeaba la IP pública y los puertos con este software. Una vez configurada la IP pública con el puerto definido en el mikrotik, verifiqué que el puerto estuviera abierto utilizando una página de chequeo de puertos, por ejemplo una de las páginas que utilicé fue Port Cheker. Esta verificación la realicé para todos los puertos establecidos, tanto de los módems como el SCADA. En la siguiente imagen se observa que el puerto está abierto en esa IP.

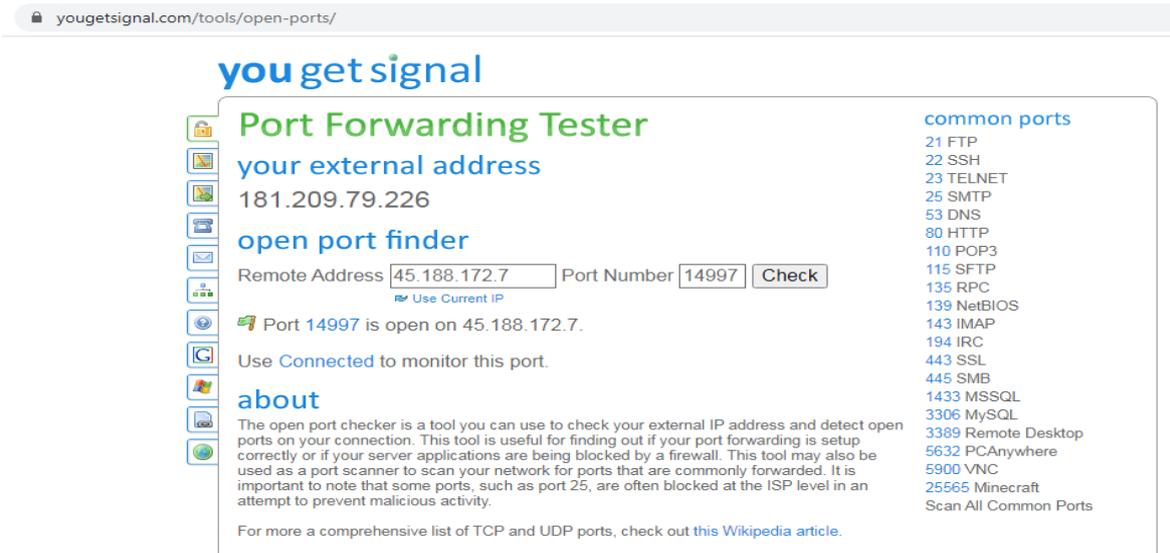


Fig. 58- Port Cheker

En esta imagen se puede ver el módulo de Equinox esperando conexiones por medio del puerto de la IP pública, es decir, esperando la transmisión de datos de los módems.

```

888      d88P' 'Y88b 888      888      88888b 888      d88P' 'Y88b Y88b d88P
888      888      888 888      888      888888b 888      888      Y88o88P
88888888 888      888 888      888      888Y88b 888      888      Y888P
888      888      888 888      888      888 Y88b888 888      888      d888b
888      888 Y8b 888 888      888      888 Y88888 888      888      d88888b
888      Y88b.Y8b88P Y88b.,d88P 888      888 Y8888 Y88b.,d88P d88P Y88b
8888888888 'Y888888' 'Y88888P' 8888888 888 Y888 'Y88888P' d88P Y88b

-----
Gateway Modbus TCP para Módems Celulares
Desarrollado por EQUINOX Control Expert - http://www.equinoxce.com/
-----
Puerto base Servidor Modbus TCP : 500
Puerto Servidor Módems Celulares : 15001
-----

2022-06-22 11:04:04.969 Servidor de Módems iniciado. Esperando conexiones por puerto 15001...
2022-06-22 11:04:05.859 Nueva conexión de 186.12.92.69:31120...
2022-06-22 11:04:05.859
-----
2022-06-22 11:04:05.859 Registration packet: 50 00 00 00 30 33 34 33 37 34 35 35 32 34 39 00 0A 01 00 BE 00
2022-06-22 11:04:05.859 Id:00000050, Port offset: 50, Modbus TCP Port = 500 + 50 = 550
2022-06-22 11:04:05.859 [ID:00000050] ServerModbusTCP:550 Servidor ModbusTCP escuchando en puerto 550.
2022-06-22 11:04:05.859 [ID:00000050] 186.12.92.69:31120 Módem inicializado.
2022-06-22 11:04:05.859
-----
2022-06-22 11:04:07.639 Nueva conexión de 170.51.164.33:16256...
2022-06-22 11:04:07.639
-----
2022-06-22 11:04:07.639 Registration packet: 27 00 00 00 33 34 33 37 34 35 34 33 32 35 00 00 0A 14 AD E4 00

```

Fig. 59- Modulo EQUINOX

2.6.4 Cambio de placa de Fibra óptica

Para los reconectores Cooper F5, que se encuentran en sala de máquina de la empresa que conectan las primeras cuatro salidas urbanas, tuve que cambiar la placa de comunicación, debido que tenían para la comunicación al sistema solo puertos de fibra óptica multimodo y en la empresa había un solo conversor de fibra a DB25, con este solo se podían comunicar a su software propietario y no al SCADA.

Los cuatro reconectores se encontraban en un loop realizado con fibra óptica que había hecho anteriormente en las pps, este loop solo nos permitía acceder con su software propietario a un solo equipo a la vez, necesitaba poder integrar en simultáneo los cuatro reconectores al sistema.

No conseguí otro conversor de fibra con estas características, llamé a los proveedores de los reconectores, a los vendedores, busqué por internet y no encontré otro en el mercado, si encontré una opción de conversor de fibra multimodo a Ethernet, pero comparé el precio con las placas de RS-232 y opté por la segunda opción por ser más económicas y con la posibilidad que al tener un conversor de doble puerto de RS-232 a Ethernet, iba a poder comunicar tanto el puerto al SCADA como el puerto frontal a su software propietario desde el servidor. En caso de elegir el conversor de FO a Ethernet no iba a estar la posibilidad de comunicar su puerto frontal. El cambio fue ventajoso, ya que ahorra un paso en el cual podría llegar a dar falla a futuro con esos conversores de fibra óptica puesto que son muy antiguos.

Después de reemplazar la placa de comunicación de puerto de fibra óptica por una de puerto de RS-232 en los cuatro equipos. Coloqué estos conversores de RS-232 a Ethernet y luego hice el relevamiento de las fosas de la sala para cablear a un rack donde instalé una patchera y un switch de 24 puertos. Analicé cual sería la mejor ubicación y decidí colocarlo en la antesala de donde se encuentran los transformadores para un mejor acceso. Desde la sala de máquinas hasta la oficina se comunica mediante fibra óptica. Armé las fichas RJ45 que comunica a cada conversor y además los jack de las patcheras utilizando un impactador.



Fig. 60- Rack sala de Máquinas

En la siguiente foto se puede observar la prueba que realicé con el módem de Fibra óptica multimodo a DB25- DB9 conectado al convertor de DB9 a Ethernet.



Fig. 61- Comunicación convertor de FO- DB25. Convertor DB9- Ethernet

2.6.5 Regulador reductor de tensión

Surgió el problema que cuando había un corte en el servicio de electricidad, los convertidores que se encuentran en los reconvertidores dejaban de funcionar ya que se quedaban sin tensión. Entonces ante esta situación me planteé y averigüé cuál sería la solución más viable, comparé las siguientes soluciones: poner UPS en los gabinetes de los equipos, poner un UPS general y de ahí realizar un tendido subterráneo o colocar algún regulador de tensión y aprovechar las baterías de los equipos.

Opté por colocar en algunos equipos, como prueba, un regulador reductor de tensión DC-DC que se conecta a las baterías de los reconvertidores y reduce de 12V a 5V de continua que es el voltaje de entrada del convertor. Lleve a cabo el testeo de la regulación y realicé un pequeño gabinete del cual salían solamente la ficha para los bornes de la batería y la entrada para el convertor, luego los conecté a la batería de los equipos. En los convertidores de los reconvertidores que se encuentran en la cooperativa no fue necesario porque hay allí una generadora.

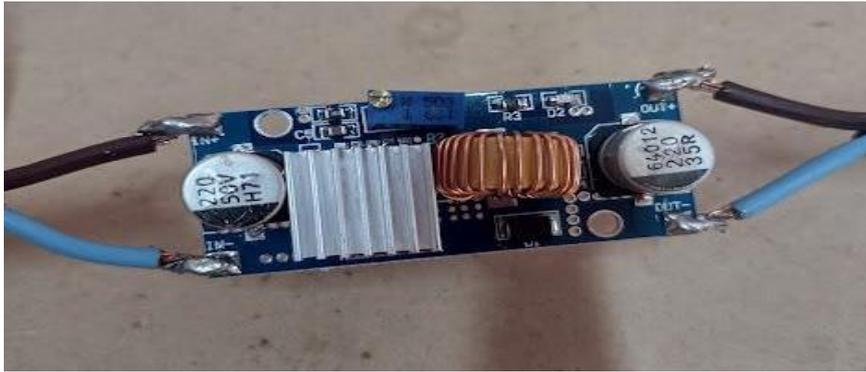


Fig. 62- Regulador de tensión

Convertidores DC-DC:

- Se emplean en gran cantidad de aplicaciones industriales. Especialmente en fuentes de alimentación de corriente continua reguladas (conmutadores) y en accionamientos de motores de corriente continua.
- La entrada consiste normalmente en una tensión continua no controlada procedente de un rectificador de diodos o de una batería, como en este caso.
- Antes de pasar al convertidor, la tensión no controlada atraviesa un filtro capacitor, que le proporciona una baja impedancia interna así como un rizado también pequeño.
- Ya en el convertidor, la tensión continua no regulada se convierte en otra de voltaje deseado. A la salida del convertidor existe un filtro paso bajo que se trata como parte integrante del propio convertidor. La tensión resultante (ya controlada) alimenta a una carga, que se representa como una resistencia en el caso de fuentes de alimentación continua conmutadas, o como una fuente de tensión continua en serie con una resistencia y una bobina en el caso de un motor de continua.

En la siguiente imagen se observa en funcionamiento el DC-DC y lo positivo que fue en un corte en el alimentador urbano. Los equipos de la estación transformadora Piloto Ávila que tienen este regulador en la entrada de los convertidores se siguieron comunicando, en la ET de Tacuara el convertidor se comunica porque está conectado a la UPS que se encuentra en el gabinete. En la central se encuentra la generadora.

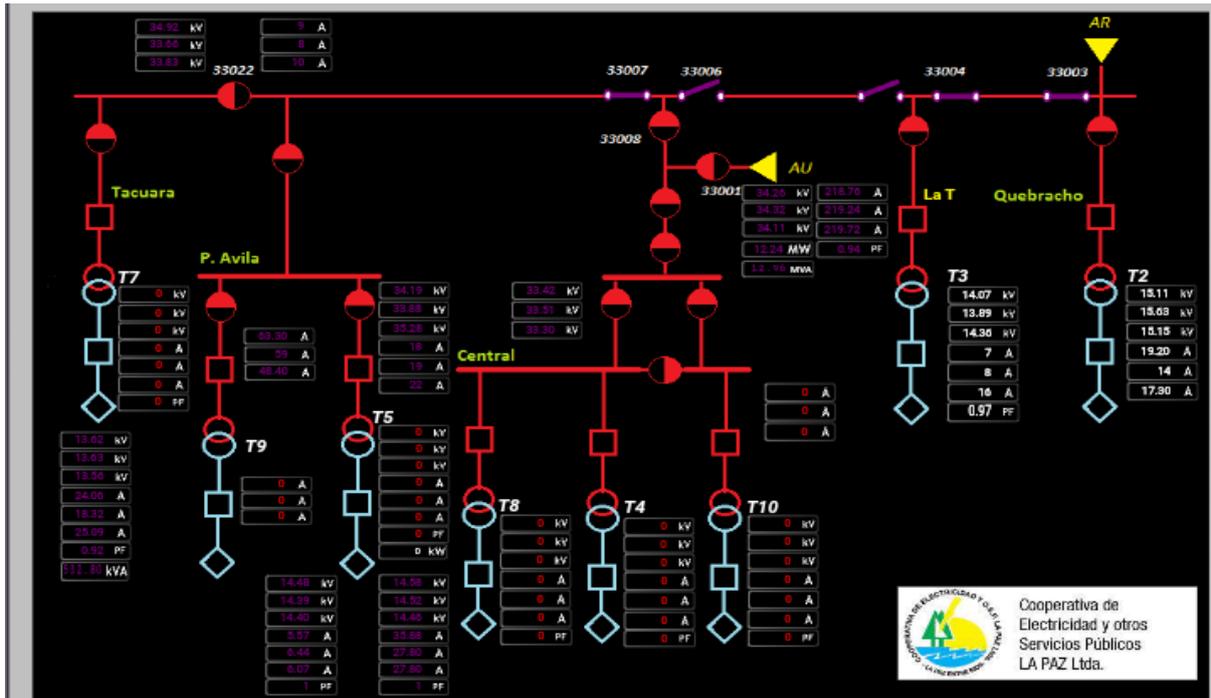


Fig. 63- SCADA en funcionamiento

2.7 Seguridad y control de acceso

En cada estación transformadora los reconectores no tienen contraseña por decisión de la empresa, pero cuentan con barreras de seguridad en el lugar, son predios cerrados con llave, los equipos no son de fácil acceso. Para la comunicación de su software propietario si tienen usuario y contraseña la cual el operario se loguea al ingresar.

Cada antena tiene usuario y contraseña, al igual que los módems. Los gabinetes de las antenas que se encuentran en las columnas, se encuentran a 10 metros aproximadamente lo que dificulta el acceso con escaleras. Solo se puede acceder con un hidroelevador. Los demás gabinetes se encuentran dentro de las estaciones transformadoras. La casilla en el predio de la repetidora de VHF la cual contiene el gabinete de comunicación se encuentra con llave.

El SCADA tiene tres usuarios con contraseñas distintas y no todos tienen acceso a las mismas pantallas. Los guardias de redes en su PC tienen acceso a dos pantallas de visualización solamente el sistema en general y las salidas urbanas. Los telefonistas también tienen acceso a las mismas pantallas y solo de visualización, ambos pueden ver el historiadador y las gráficas. Los ingenieros del área de redes tienen el acceso total a las pantallas tanto de visualización como de maniobras, el acceso al historiadador, gráficas y edición. Además en la PC donde corre el motor del SCADA queda guardado en un documento TXT que usuario entró en el sistema, la fecha y la IP del equipo desde el que accedió.

eqcore.log: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
Fri Apr 28 2023	19:35:45	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[45.187.77.86]
Sat Apr 29 2023	05:45:04	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Sat Apr 29 2023	10:45:50	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[45.187.77.86]
Sun Apr 30 2023	19:39:54	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Mon May 1 2023	05:59:28	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Tue May 2 2023	05:50:51	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Tue May 2 2023	06:18:49	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Tue May 2 2023	09:47:11	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[127.0.0.1]
Wed May 3 2023	05:53:22	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 3 2023	06:06:22	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 3 2023	06:51:51	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 3 2023	07:47:27	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 3 2023	10:33:00	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 3 2023	13:00:29	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[127.0.0.1]
Wed May 3 2023	13:12:16	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.9.169.184]
Wed May 3 2023	22:06:30	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.9.169.195]
Thu May 4 2023	06:06:50	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Thu May 4 2023	06:21:50	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Fri May 5 2023	05:54:33	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Fri May 5 2023	06:11:26	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Fri May 5 2023	22:32:37	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Sat May 6 2023	05:55:39	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Sat May 6 2023	17:37:33	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Sun May 7 2023	09:01:19	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Mon May 8 2023	06:36:10	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[127.0.0.1]
Mon May 8 2023	06:46:57	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Mon May 8 2023	08:55:37	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[186.111.144.106]
Mon May 8 2023	12:50:24	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Mon May 8 2023	17:59:22	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Mon May 8 2023	19:58:40	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[186.111.144.139]
Tue May 9 2023	06:24:09	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Tue May 9 2023	17:53:52	Usuario Guardia	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Tue May 9 2023	19:58:53	Usuario Telefonía	ingresa al sistema	[181.209.79.226]
Wed May 10 2023	06:03:49	Usuario SCADA CELP 33/13.2	ingresa al sistema	[181.209.79.226]

Fig. 64- TXT seguridad

Los mikrotik tienen usuario y contraseñas tanto los que se pueden acceder mediante su programa de configuración Winbox o mediante web.

La red se encontraba fuera del acceso a internet, pero por decisión de los ingenieros del área de redes para un mejor control se abrió la red mediante una IP pública y un puerto para poder acceder desde cualquier equipo conectado a internet. Además con esta ampliación fue posible implementar los módems de gprs. Por seguridad le solicite al sector de internet que salga la conexión del OLT como un usuario más con una IP asignada exclusivamente, porque si no al compartir IP y escanear todas las direcciones me encontraba con otros equipos dentro de la misma red que no pertenecían al sistema y no brindaba la seguridad que necesita esta red.

2.8 Servidor de respaldo

Recientemente realicé la actualización de la computadora que se estaba usando como servidor debido a varias limitaciones que presentaba, era una pc con un Windows de versión anterior de 32 bits, con poca memoria RAM y microprocesador antiguo. La decisión de cambiar a una computadora más actual se tomó para mejorar la eficiencia y productividad en las tareas diarias. Cambié de CPU por uno de 16 GB de RAM, disco de estado sólido, un MICRO INTEL CORE I5-10400/2.9GHZ. Llevé a cabo una copia de todo el sistema y programas en el CPU nuevo y el anterior se dejó como backup.

La nueva computadora ofrece una mejor capacidad de rendimiento, más memoria y recursos adicionales, lo cual ha mejorado significativamente la eficiencia y productividad en las tareas diarias, por ejemplo la consulta del historiador ahora se realiza en menos de un segundo.

2.9 Análisis del funcionamiento

Mediante este sistema se puede monitorear, controlar, supervisar y realizar maniobras en algunos de los equipos. La interfaz puede mostrar datos en tiempo real, generar alarmas y alertas de todos los equipos, permitir que los ingenieros realicen acciones en el sistema como por ejemplo la apertura y cierre de un reconectador. Consta de cuatro pantallas de control, que a su vez de una se puede ir abriendo en detalle cada pantalla de cada equipo.

La transmisión de datos funciona en una red interna creada exclusivamente para el sistema, como lo describí anteriormente, es independiente de la red de administración de la empresa. Esta transferencia de datos se realiza a través de la red de comunicación mediante antenas, módems, cable UTP y fibra óptica. La computadora que se encuentra en la oficina técnica cumple la función de servidor en la cual se recopilan y almacenan los datos, también se encarga de generar informes y alertas, se puede ver el historial, los registros y almacenamiento de datos de cada equipo.

El sistema SCADA registra y almacena datos históricos, lo que permite la evaluación de eventos pasados, la generación de informes, la identificación de patrones y tendencias a lo largo del tiempo. Estos datos son valiosos para el análisis de rendimiento, la optimización de procesos y la toma de decisiones.

Cada intercambio de información se inicia siempre desde el lado del sistema SCADA y no desde el dispositivo. La tasa de transferencia de datos de las comunicaciones es crítica para el correcto funcionamiento del sistema SCADA.

Al iniciar el proyecto en el Equinox Expert se comienza abriendo los canales de comunicación, para esto es necesario que estén abiertos y definidos los puertos virtuales en EzVSP para permitir la conexión de los equipos con su determinada IP y velocidad de puerto. Luego se leen los parámetros de voltaje, corriente, factor de potencia y/o potencia aparente y reactiva en cada equipo, según estén definidos. Para la adquisición de datos, en caso de que sea necesario, se utilizan conversores para leer los valores de los equipos, después se envían mediante el enlace de cada dispositivo (antena, módems, fibra óptica). Los datos se envían desde los dispositivos de campo hasta el Mikrotik y la PC ubicados en la oficina técnica.

Los elementos definidos se incluyen entre sí mediante asignaciones, por ejemplo la Estación Salidas Urbanas tiene asignado 7 dispositivos y a su vez los dispositivos tienen asignado uno o más canales de comunicación y grupo de escaneo.

La visualización de los datos en la oficina técnica, se muestran en la pantalla mediante el software del SCADA. Esto permite a los usuarios visualizar los valores de los parámetros en tiempo real.

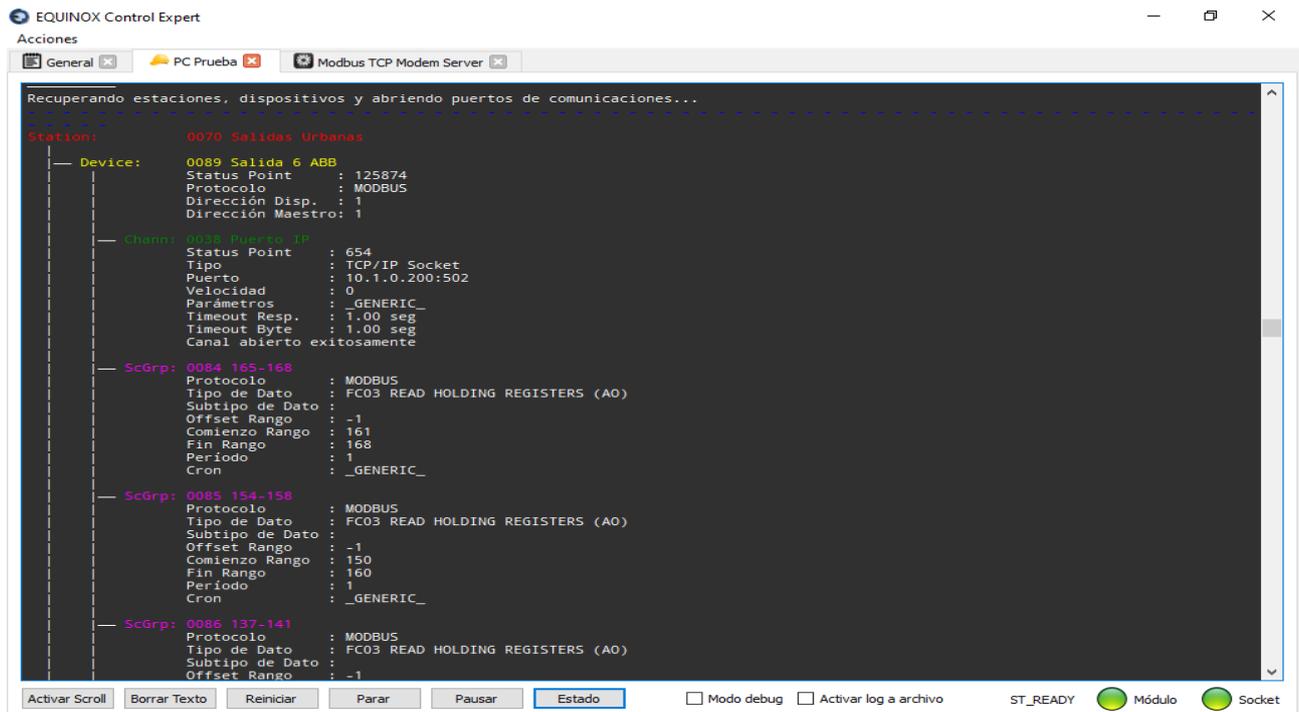


Fig. 65- Inicialización del software

El sistema tiene alarmas que se pueden configurar, las cuales se activan y se muestran en el monitor cuando se detecta una condición fuera del rango permitido. Estas alertas pueden indicarse mediante cambios de color, mensajes visuales (cartel) o sonidos. Al activarse una alarma y mostrarse en la interfaz de usuario se pueden tomar medidas adecuadas para resolver la situación.

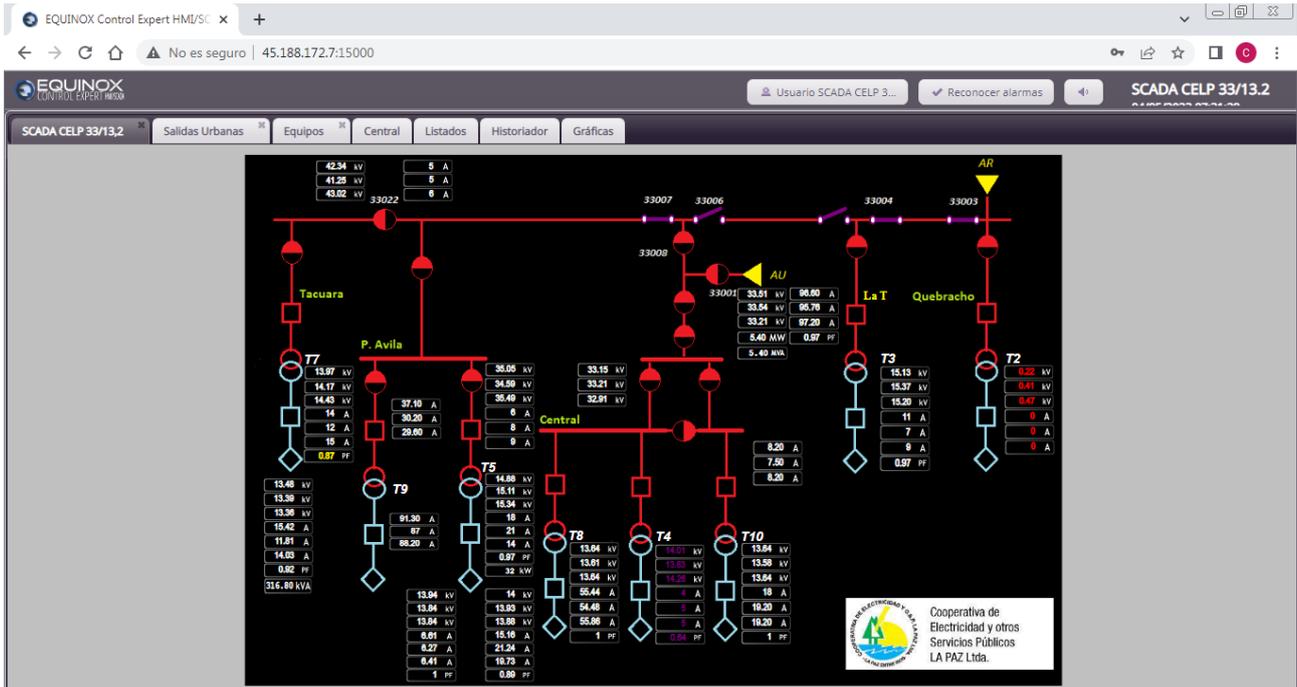


Fig. 66- Alarmas

2.10 Arquitectura y desarrollo del sistema

Diagrama de flujo del proyecto

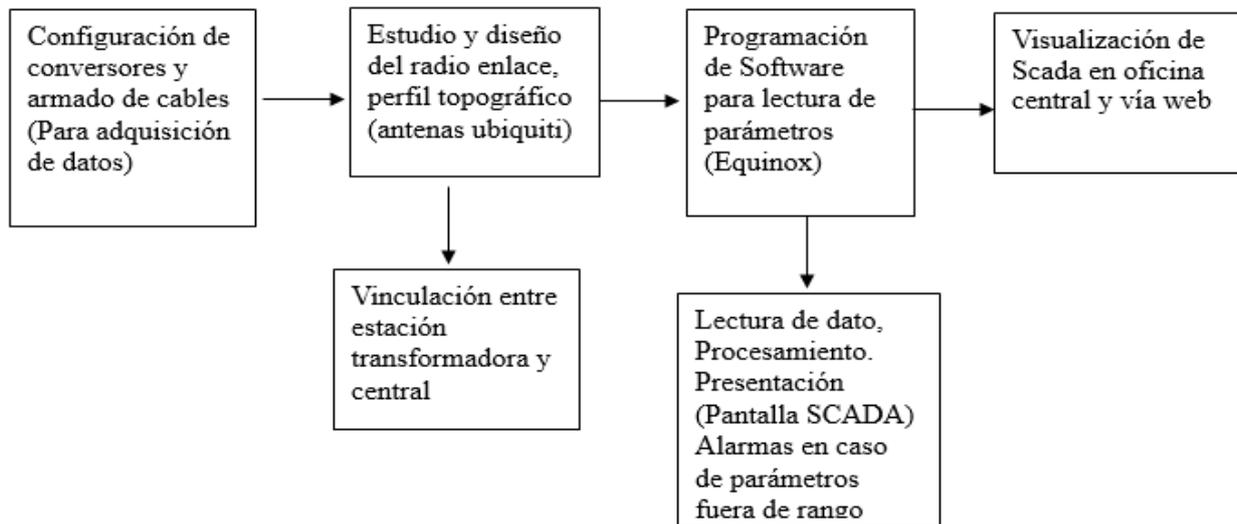


Fig. 67- Diagrama de flujo del proyecto

A continuación detallaré cada bloque, este proyecto se dividió en cuatro etapas.

Primero realicé la adquisición de datos utilizando los mapas de registro de cada equipo. Para lograr esto, utilicé conversores de RS-232 a USB o Ethernet, asegurando la compatibilidad con los protocolos específicos de cada dispositivo. Esta etapa me permitió establecer la primera comunicación con los equipos para el sistema. Posteriormente llevé a cabo un análisis exhaustivo para determinar el perfil topográfico más adecuado para los radio enlace. Consideré factores como la distancia entre los equipos, la calidad de la señal y las posibles interferencias. Esto aseguró una conexión confiable y estable entre los distintos puntos de la red. Para establecer las vinculaciones entre los equipos, implementé una combinación de radio enlace y fibra óptica. Realicé las configuraciones necesarias para asegurar una conexión estable y confiable en todo momento.

Una vez establecida la infraestructura de comunicación, procedí a la programación y configuración del sistema SCADA. Diseñé y desarrollé las interfaces de gestión y visualización de los datos obtenidos. La visualización de los valores monitoreados se puede realizar tanto en la oficina técnica como de forma remota o vía web en cualquier dispositivo con acceso a internet.

Esto proporciona flexibilidad y accesibilidad, ya que los datos se pueden consultar desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Los telefonistas, ingenieros y guardias pueden realizar un seguimiento en tiempo real de los parámetros monitoreados, facilitando la toma de decisiones y la identificación de posibles problemas o anomalías.

Este software nos permite extraer cualquier dato del equipo, en este caso se eligieron los parámetros de tensión, corriente, potencia y factor de potencia. Para una mejor interpretación en algunos casos algunos datos se debió multiplicarlos por un factor

Luego de las instalaciones de las antenas, el tendido de cable UTP y el armado de los conectores, verifiqué con el tester de red. Este envía señales eléctricas por cada uno de los hilos del cable y comprueba que llegue la señal al extremo correctamente y al pin adecuado. Es decir, con este tester comprobé la continuidad de los cables de red realizados, también antes de colocar cada antenna fui verificando el correcto funcionamiento del cable.

En la siguiente imagen se puede observar la antenna colocada en la estación transformadora de Tacuaras, desde allí se vincula con una antenna colocada en el predio de la repetidora de VHF de la empresa:



Fig. 68- Comunicación ET Tacuara

En la figura a continuación se puede observar cuando se estaba instalando la antenna en Piloto Ávila junto con el gabinete y el cruce de calle, se utilizó una columna que se encontraba en ese lugar y como se necesitaba más altura se realizó una extensión de un metro y medio con un caño rígido:



Fig. 69- Columna en Piloto Ávila

Para la conexión de los equipos al vínculo armé distintos cables con fichas DB9 un total de aproximadamente 30, dado que cada equipo tiene su configuración específica, los cuales se conectan a un conversor y luego al vínculo. Utilicé un switch en el gabinete ubicado en la estación transformadora Piloto Ávila, el cual tiene la función de conmutación, es decir, transfiere datos entre la red. El switch procesa la información contenida en las cabeceras de la trama de Ethernet.

2.11 Diseño Completo

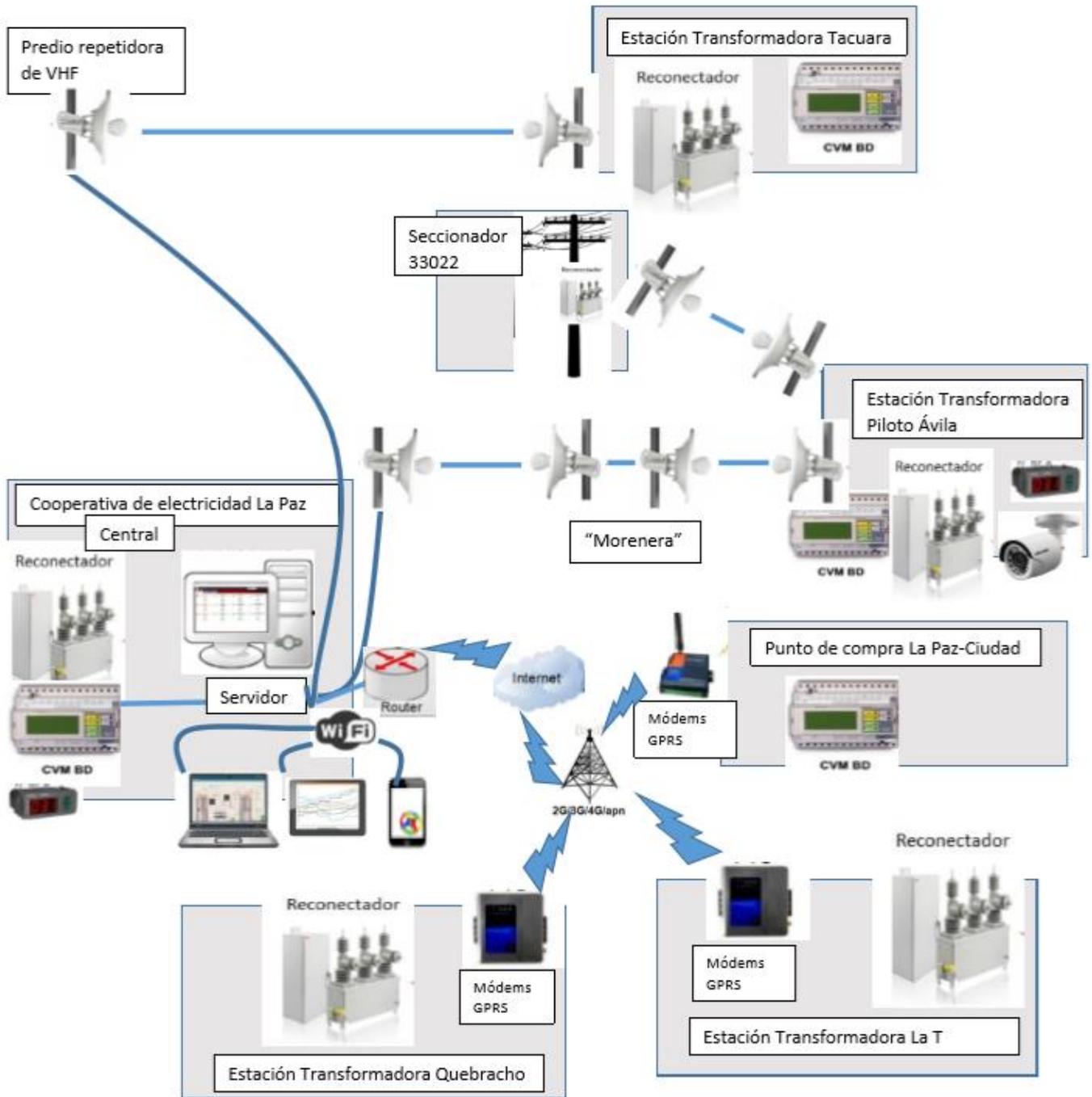


Fig. 70-Diagrama completo

Como se puede observar en la imagen anterior al mikrotik del servidor llega la conexión del PoE de la antena que se encuentra en la torre del edificio a 35 metros de altura, la cual está vinculada con el predio de la Morenera a 6,15 km de distancia en el cual se realiza un salto hacia la estación transformadora de Piloto Ávila, allí mediante un cruce de calle se conecta al gabinete de comunicación que se encuentra dentro de esta estación, en este gabinete hay un switch que concentra: cuatro reconectores, dos registradores, un conversor que maneja un controlador de temperatura para los ventiladores de refrigeración de un transformador, y dos cámaras IP configuradas también en la misma red. Desde esta estación transformadora se realiza un salto mediante un enlace de antenas al seccionador 33022 que se encuentra a 400 metros y se comunica un reconector marca ABB, la antena junto con el reconector se encuentran en la misma columna.

En la central en sala de máquinas hay un rack con una patchera y un switch de 24 puertos en el cual llegan las conexiones de 7 reconectores que son las salidas urbanas, 4 reconectores de los transformadores T4, T8 Y T10, dos registradores y un medidor. También se conecta un conversor que maneja dos controladores de temperatura para la refrigeración de dos transformadores. Del switch se conecta mediante un patch de Ethernet al mikrotik y desde ahí a la patchera de fibra óptica la cual transmite los datos hasta el mikrotik de la oficina técnica.

Desde el mikrotik de la oficina técnica hasta el mikrotik que está en el servidor del área de internet dentro de la empresa se realiza la conexión mediante Ethernet. A partir de este mikrotik al predio de la repetidora de VHF la transmisión de datos se realiza mediante fibra óptica, aproveché este recurso que contaba la empresa. En el sitio esta fibra óptica se conecta a un mikrotik el cual en él también se conecta el PoE de la antena. Con el mástil que se encuentra en el lugar hice un vínculo con la estación transformadora Tacuara ubicada a 29,7 kilómetros. Se colocó la antena a 45 metros de altura y en la estación transformadora se la instaló en una columna de luminaria de aproximadamente 12 metros de altura, el switch del gabinete concentra los datos del registrador y reconector que se encuentran allí.

Para el punto de compra de La Paz ciudad primero realicé la vinculación mediante antenas, pero el conversor que se encontraba dentro del gabinete al tener altas temperatura se tildaba, entonces por decisión de la empresa probé colocar un módems de GPRS al analizador de redes. Esta conexión actualmente funciona mediante la vinculación del módems al servidor de la oficina técnica, aunque la transmisión de datos mediante antenas funcionaba correctamente.

La estación transformadora de la T que se encuentra a 13 km se está comunicando su reconector mediante un módems GPRS, se conecta su puerto frontal para el software y el puerto posterior para el sistema.

En la estación transformadora del Quebracho que se encuentra ubicada a una distancia de 26,3 km implementé también la utilización de un módem GPRS, el cual se encarga de establecer la conexión con el reconector. Mediante su puerto frontal se conecta al software correspondiente, permitiendo una interacción ágil y eficiente. Además, el puerto posterior del módem se utiliza para la comunicación directa con el sistema.

Para todos los radioenlaces, las antenas además de haberlas configurado y vinculado antes de colocarlas las tuve que orientar en el momento de la instalación de ambas para una mayor eficiencia en la transmisión de datos.

En el servidor a través de una ONU se conecta a internet el mikrotik y el sistema, configuré una IP pública con un puerto en el cual se puede acceder mediante cualquier navegador web fuera de la empresa.

2.11.1 Prestaciones

Las prestaciones que tiene este sistema son:

La adquisición de datos en tiempo real, el sistema SCADA es capaz de recopilar los datos de todos los reconvertadores, registradores y medidores de red de la empresa en tiempo real, proporcionando información actualizada sobre el estado y el rendimiento del sistema supervisado.

Otra prestación es el monitoreo y visualización este sistema tiene una interfaz gráfica que permite a los operadores supervisar y visualizar los datos en tiempo real. Esto incluye representaciones gráficas como pantallas, gráficos, diagramas y alarmas visuales, como se puede ver en las imágenes siguientes. También el sistema permite a los operadores controlar de forma remota algunos dispositivos. Esto incluye acciones como abrir o cerrarlos reconvertadores. Para los que no están configurados en el sistema se pueden hacer estas acciones mediante su software propietario.

Es capaz de generar alarmas y notificaciones en tiempo real para informar a los operadores sobre condiciones anormales o eventos importantes. Estas alarmas pueden ser visuales y/o auditivas.

El sistema SCADA registra y almacena datos históricos sobre el funcionamiento del sistema. Esto permite el análisis posterior de datos, la generación de informes y la detección de patrones o tendencias a lo largo del tiempo.

Integración con otros sistemas, en la red además del sistema SCADA se encuentran los controladores de temperatura Sitrad y dos cámaras IP de prueba.

Estas prestaciones en el sistema SCADA proporcionan un control eficiente, supervisión en tiempo real y análisis de datos para mejorar la operación y el rendimiento de los sistemas supervisados.

SCADA en funcionamiento:



Fig. 71- Pantalla de inicio

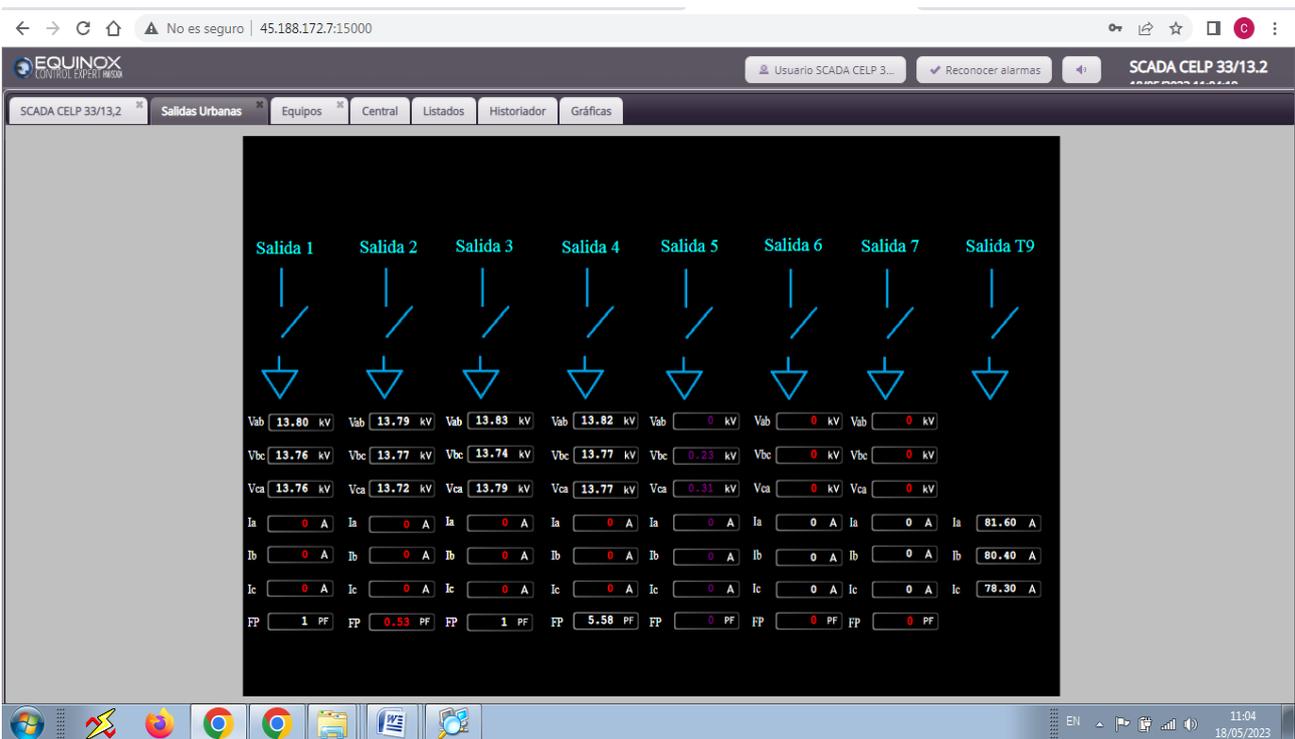


Fig. 72- Pantalla salidas urbanas



Fig. 73- Pantalla de Equipos

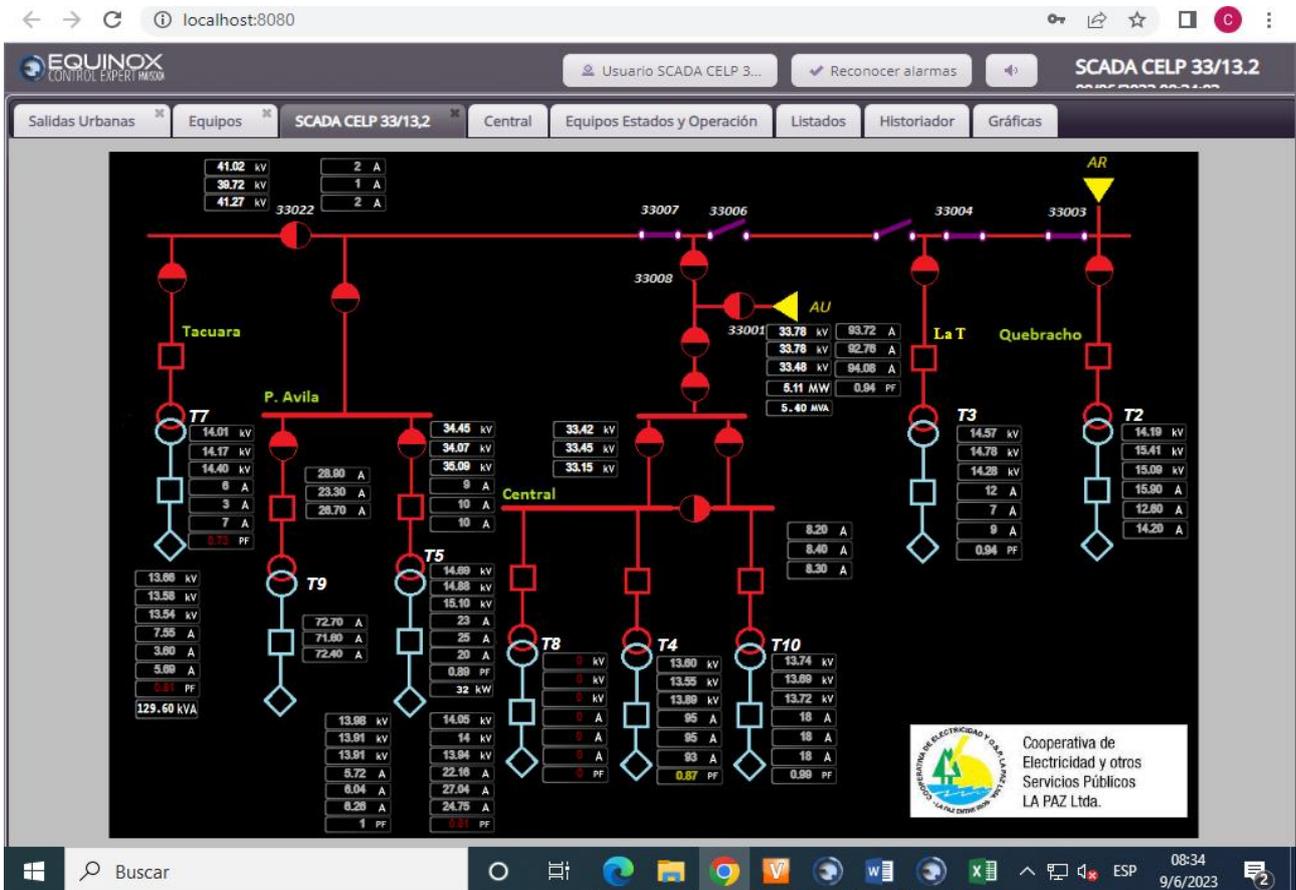


Fig. 74- Pantalla CELP 33/13,2

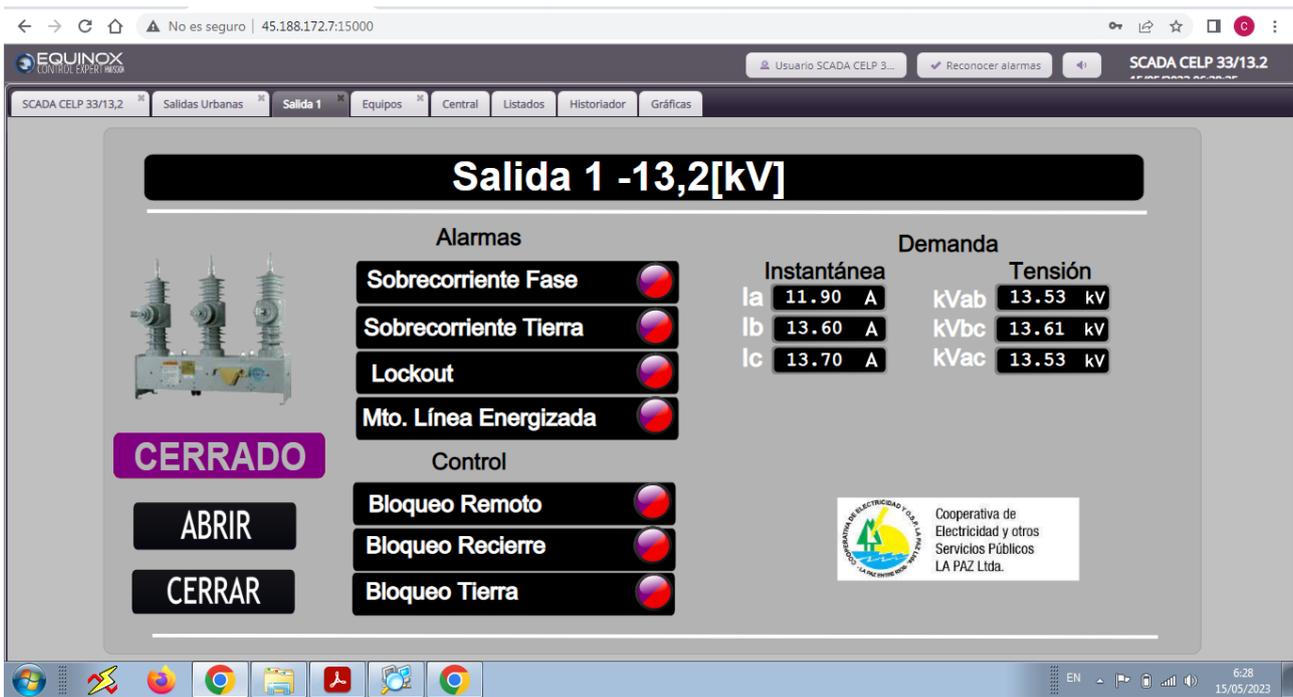


Fig. 75- Pantalla de reconectador



Fig. 76- Pantalla historiador

Capítulo 3: Resultados

Para los enlaces realicé estudios y relevamiento de la empresa incluyendo estaciones transformadoras, postaciones que se encontraban en el lugar, formas de comunicar los equipos y la cantidad que había en cada una, las antenas que mejor se adecuaban en relación precio calidad, predios de la empresa en los cuales había algún mástil que se podía utilizar. Investigué en cuanto a frecuencias permitidas para las antenas, vinculaciones punto a punto, saltos, conversiones de datos, arreglos de equipos que no andaban en la etapa de comunicaciones. Solicité presupuestos de antenas, cables UTP, herramientas, fichas RJ45, conversores, rack, switch, patchera, módems, mikrotik, conectores DB9 con sus respectivas tapas. También averigüé las mejores prestaciones de cada equipo.

Logré la conexión mediante fibra óptica desde sala de máquinas a la oficina técnica de las siete salidas urbanas, cuatro reconectores, dos registradores y un medidor, a través de esta conexión también se envían los datos de dos controladores de temperatura de los ventiladores de los transformadores T4 y T8.

Por medio de un radio enlace con un salto pude comunicar totalmente la estación transformadora de Piloto Ávila con cuatro reconectores dos en 33 kV y dos en 13,2kV además de dos registradores, dos controladores de temperatura y dos cámaras IP. Desde esta estación transformadora con un salto logré comunicar el reconector de 33 kV que se encuentra en el seccionador 33022.

Además realicé con éxito la comunicación de la estación transformadora de Tacuara, La T y el Quebracho.

De esta forma logré seguir aumentando la calidad del servicio, la organización y la productividad a un muy bajo costo en comparación a la cantidad de equipos conectados y el costo total del proyecto.

Obtuve canales de comunicación para poder transmitir los datos, estos son inalámbricos y cableados. Los inalámbricos de visibilidad directa y saltos. A continuación se puede observar las antenas vinculadas:



DIRECCION MAC ↑	NOMBRE DEL DISPOSITIVO	MODO	SSID	PRODUCTO	FIRMWARE
74:AC:B9:F6:7C:66	Piloto Áv- P	STA	ubntp-p	NanoStation 5AC loco	v8.7.0
74:AC:B9:F6:7D:4B	M-C	STA	C-M	NanoStation 5AC loco	v8.7.0
74:AC:B9:F6:82:E2	P-Piloto Av	AP	ubntp-p	NanoStation 5AC loco	v8.7.0
74:AC:B9:F6:9D:BE	M-PA NanoStation	STA	ubntpa	NanoStation 5AC loco	v8.7.0
74:AC:B9:F6:A2:AB	PA- M NanoStation 5AC loco	AP	ubntpa	NanoStation 5AC loco	v8.7.0
E0:63:DA:D8:68:B8	ATC-Tacuara	AP	ATC- Tacuara	Rocket Prism 5AC Gen2	v8.7.0
E0:63:DA:D8:77:AC	Rocket Prism 5AC Gen2	STA	ATC- Tacuara	Rocket Prism 5AC Gen2	v8.7.0

Showing 1 to 7 of 7 entries

Fig. 77- Antenas vinculadas

A continuación se observa la transferencia de datos de las antenas:

Central- Morenera:

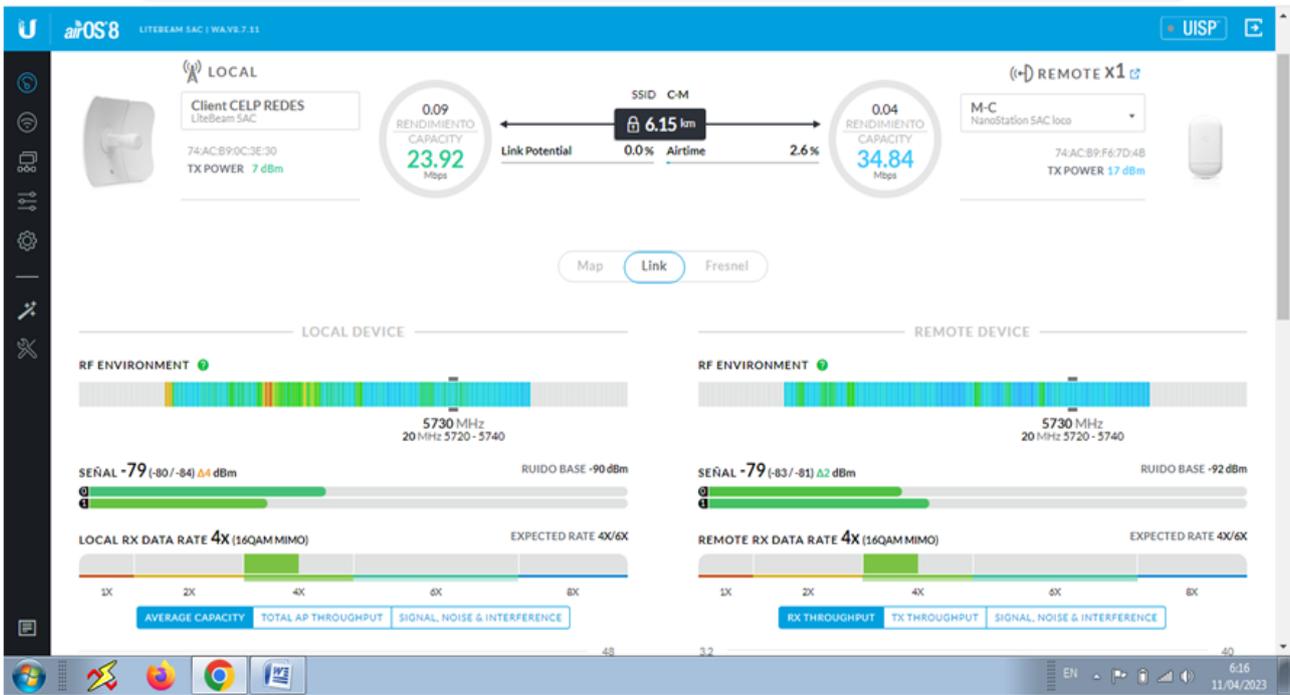


Fig. 78- Central- Morenera

Piloto Ávila- Morenera

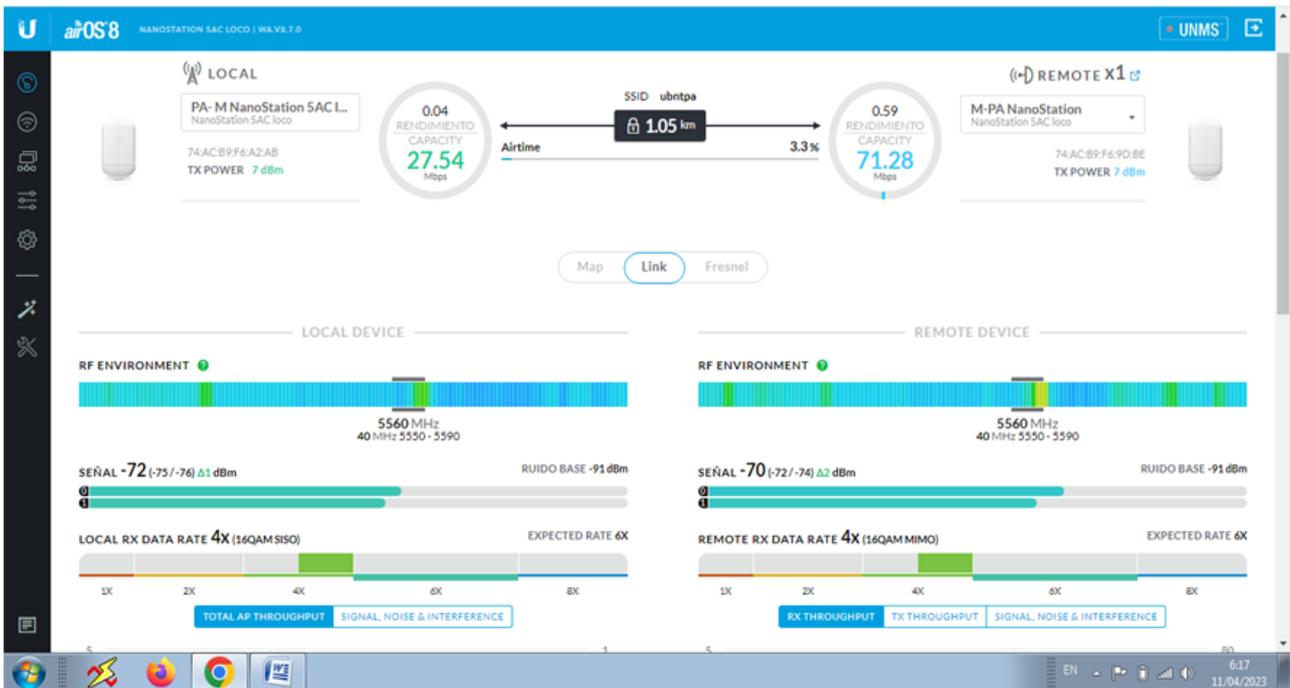


Fig. 79- Piloto Ávila- Morenera

Predio de la repetidora de VHF de la empresa- Tacuara.

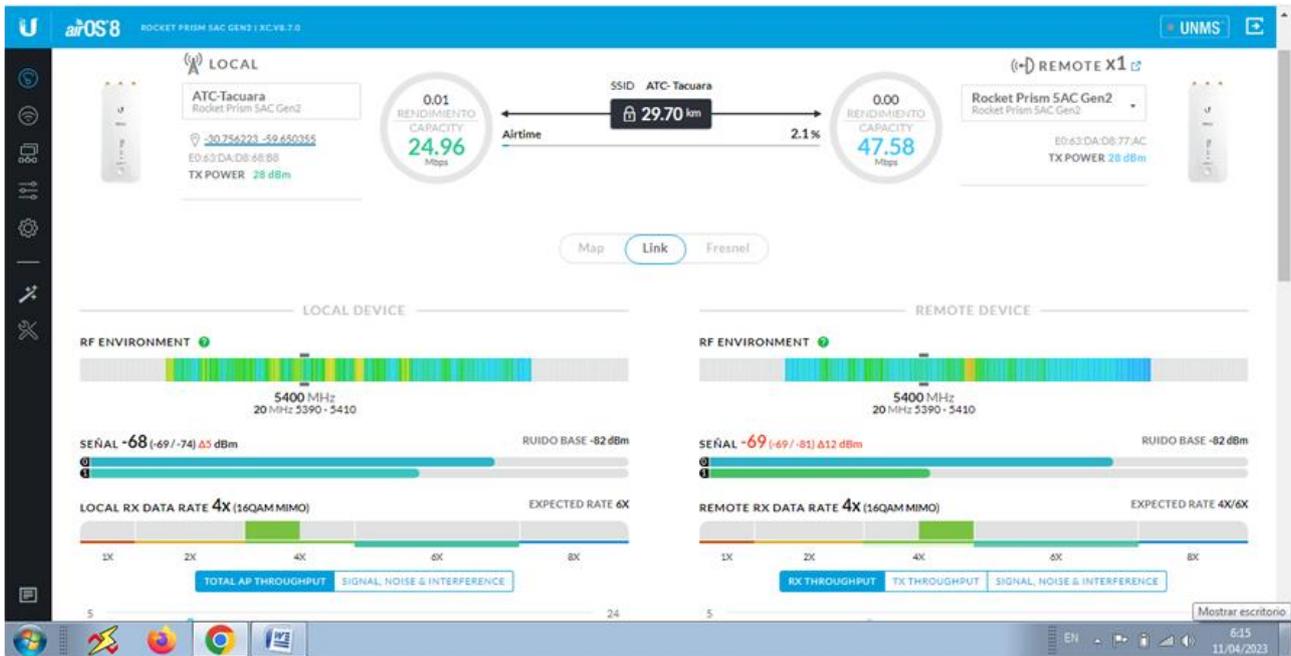


Fig. 80- Predio de la repetidora de VHF de la empresa- Tacuara.

Pianetti- ET Piloto Ávila:

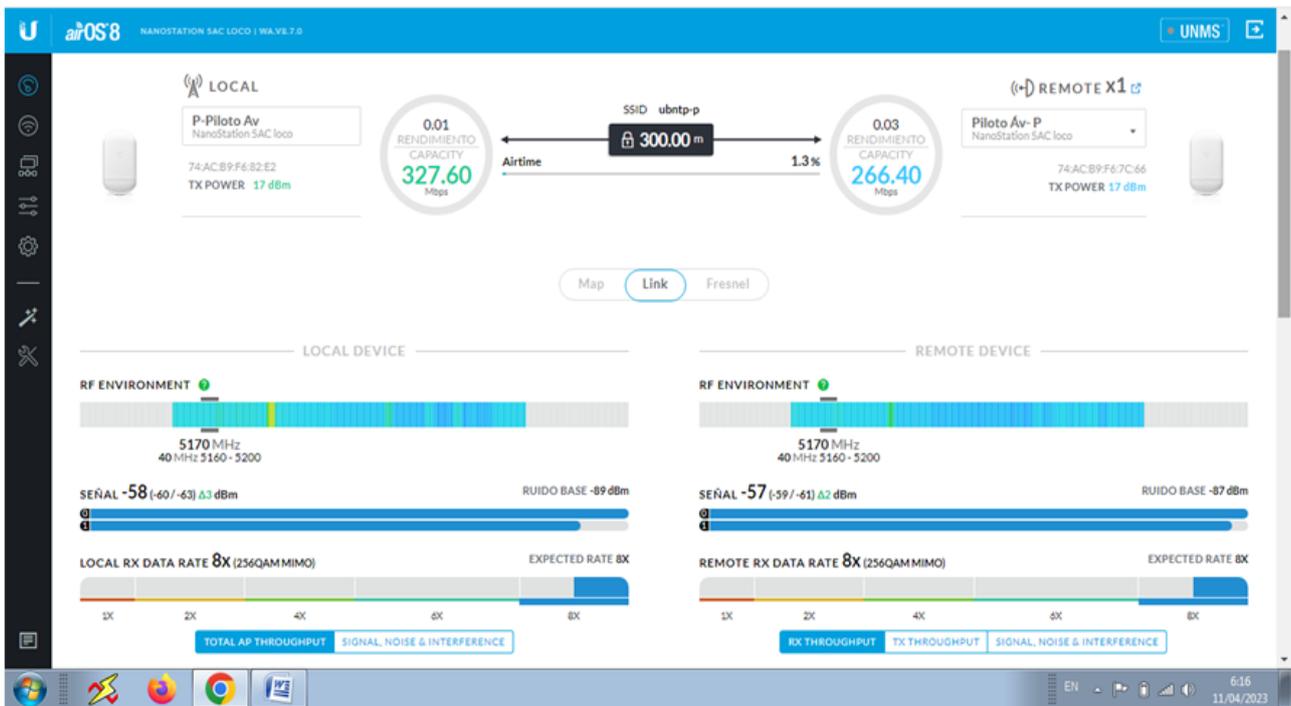


Fig. 81- Pianetti- ET Piloto Ávila

Imagen del software del controlador de temperatura que se transmite en la red

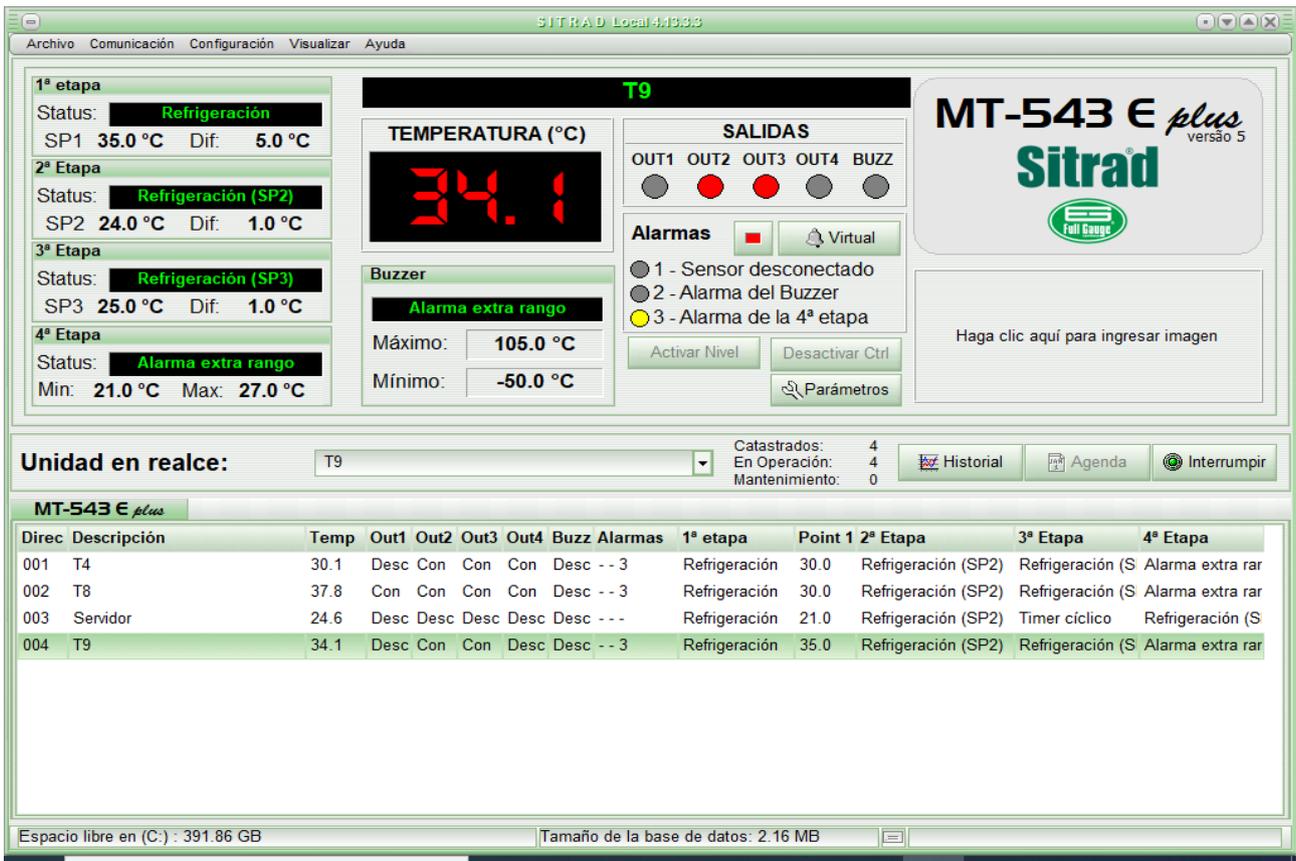


Fig. 82- Software del controlador de temperatura

Sistema SCADA en funcionamiento con alarma:

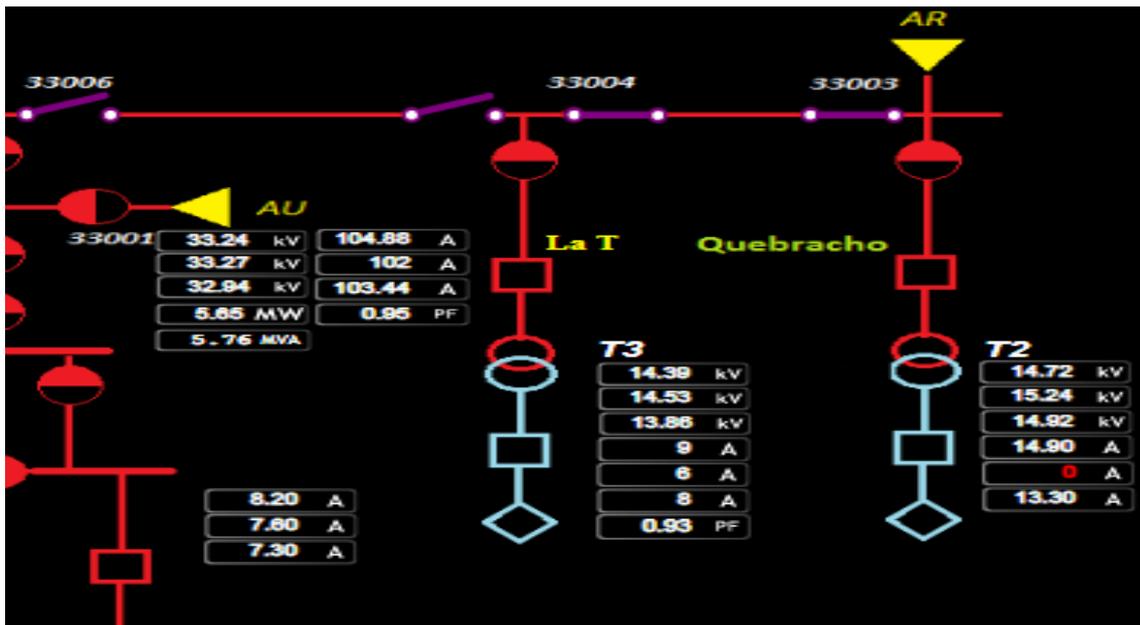


Fig. 83- Sistema SCADA con alarma

3.1 Mejoras a futuro

A futuro propongo realizar respaldos en alguna nube tanto del software como de las configuraciones en general, para tener la información en caso de algún problema o desperfecto en el sistema

Queda pendiente poder terminar de configurar las pruebas de maniobra (apertura y cierre) de todos los reconectores. A continuación se puede observar un ejemplo de la pantalla que estoy programando:



Fig. 84- Pantalla de Equipos de protección- Estado y operación

También se plantea a futuro poder integrar al sistema seccionadores motorizados, bancos de capacitores, detectores de falla en la línea y también seguir integrando reconectores que se instalen.

Propuse la colocación de DC-DC en todos los convertidores que no tengan UPS y módems.

Se adquirieron dos antenas para mejorar el vínculo (transmisión de datos) en el enlace Central-Morenera. Previamente, llevé a cabo un exhaustivo cálculo para determinar las características óptimas de las antenas, dado que el enlace inicial se había establecido con antenas provisionales como parte de una fase de pruebas. A continuación se observa el cálculo y se ve que mejoraría la señal del enlace:

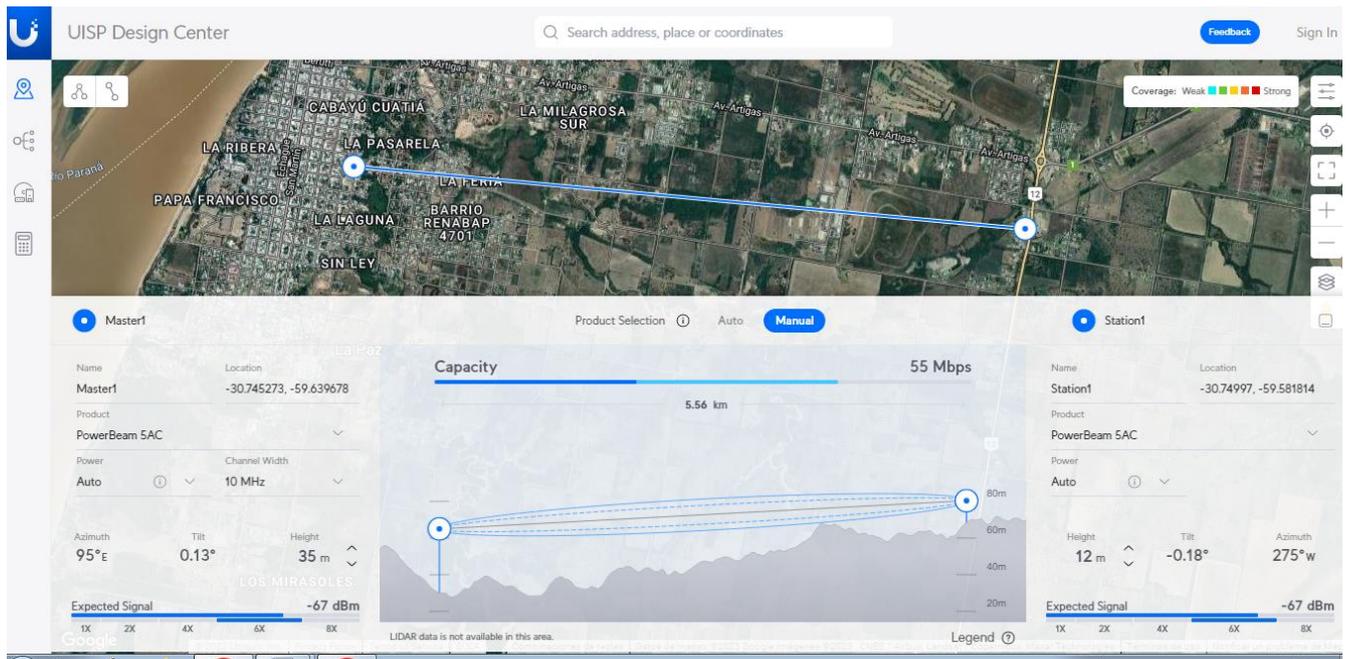


Fig. 85- Mejoras- Enlace Cooperativa- La Morenera

3.2 Aspectos legales

Trabajé con antenas marca Ubiquiti en un rango de frecuencia no licenciado de 5150 - 5875MHz. La banda al ser no licenciada o de uso libre no requieren permiso especial de las autoridades o el regulador de telecomunicaciones para poder usarse.

La Resolución del Ministerio de Modernización N° 581/18 establece que las bandas de frecuencias radioeléctricas detalladas a continuación, se declaran de uso compartido en el ámbito del territorio nacional y no requieren de autorización para su uso:

- 915 – 928 MHz
- 2400 – 2483.5 MHz
- 5150 – 5250 MHz
- 5250 – 5350 MHz
- 5470 – 5600 MHz
- 5650 – 5725 MHz
- 5725 – 5850 MHz
- 57000 – 71000 MHz

Los demás equipos son de libre venta (convertidores, módems) y lo mismo para los demás materiales utilizados.

Capítulo 4: Análisis de Costos

A continuación, detallaré los costos del proyecto, con la cantidad total de antenas, conversores, cables, etc. sin el IVA. Para el cable UTP consideraré bobinas de 305 metros. En el precio de las antenas incluyó el PoE. El valor de la licencia del SCADA no lo tuve en cuenta en este cálculo ya que la Cooperativa tenía este software que fue adquirido por la empresa proveedora por la compra de varios equipos.

Los precios son en valor dólares a precio oficial para tener una referencia más precisa:

Tabla 3- Costos

Cantidad	Producto	Precio	Total
2	Antenas Ubiquiti gen	\$ 204	\$ 408
5	Antenas Ubiquiti	\$ 218	\$ 1,090
2	Antenas Ubiquiti Prism	\$ 455	\$ 910
5	switch 8 puertos	\$ 34	\$ 170
5	Conversores simples	\$ 199	\$ 995
7	Conversores dobles	\$ 389	\$ 2,723
3	Mikrotik RB260GSP	\$ 405	\$ 1,215
5	UPS	\$ 90	\$ 450
1	SCADA DNP3	\$ 975	\$ 975
3	Módems AD7028	\$ 424	\$ 1,272
60	Conectores DB9	\$ 2	\$ 120
60	Tapa plástica para conector DB9	\$ 3	\$ 180
4	Cable UTP (bobina 305 metros)	\$ 230	\$ 920
1	Mikrotik hEX S	\$ 540	\$ 540
1	Módems AD2066	\$ 440	\$ 440
1	Modulo Gateway	\$ 925	\$ 925
2	Rack mural	\$ 126	\$ 252
1	switch 24 puertos	\$ 100	\$ 100
24	Jack cat5e	\$ 3	\$ 72
1	Patchera panel rj45 24 puertos	\$ 28	\$ 28
4	Regulador de Voltaje Fuente Dc-dc	\$ 7	\$ 28
300	Horas Hombre	\$ 16	\$ 4,800
	Total		\$ 18,613

Del costo total se puede observar que en comparación con el valor individual de cada equipo y la prestación que se ofrece a cada usuario mejorando el servicio de electricidad, el precio no resulta excesivo. Todo este trabajo lo fui desarrollando en etapas por lo cual los costos se fueron solventando paulatinamente

La amortización de este proyecto se refleja en el ahorro del gasto vehicular, el combustible, recursos en general y las horas hombres para la adquisición de datos de los equipos registradores. Más rapidez en las maniobras y mayor control en las líneas. Mejor seguridad para los operarios en días de tormenta. También se ve reflejado en la factura de compra mayorista, la empresa ya no es penalizada por mal factor de potencia.

Este proyecto actualmente está en funcionamiento en la Cooperativa de electricidad de La Paz y podría ser aplicable a cualquier otra distribuidora de energía.

Puede llegar a realizarse además en otro mercado que no sea el sector eléctrico, por ejemplo en algunas industrias que utilicen equipos con protocolos antes mencionados y tengan la necesidad de la comunicación y observación de datos en tiempo real.

Los costos de mantenimiento de este proyecto son muy reducidos, dado que no se requiere la sustitución de ningún equipo, sino solamente el reemplazo periódico de las baterías de las UPS para mantenimiento y de algún conversor, PoE, antena en caso que se requiera o se haya averiado.

No sumé el costo de la licencia inicial ya que estaba en la empresa, averigüé y pedí presupuesto para la valorización total del proyecto y el costo es de 5870 dólares oficiales, tampoco contemple los recursos que ya se encontraba en la empresa como por ejemplo el tendido de fibra y los mástiles.

Capítulo 5: Discusión y Conclusión

La realización de la vinculación de registradores fijos, reconectores y medidores de energía con un centro de monitoreo fue un proceso riguroso que involucró una investigación detallada acerca de los distintos tipos de conversores, mapas de protocolos y puertos de comunicación, así como la realización de los correspondientes cableados y fichas. Gracias a este trabajo, logré una comunicación eficiente y confiable entre los equipos y el centro de monitoreo, lo que permitió una supervisión en tiempo real y una toma de decisiones más precisa.

Desde que se encuentra funcionando el sistema SCADA se ha controlado y mejorado el factor de potencia (agregando bancos de capacitores donde se observaba bajo) lo que se vio reflejado en la factura en la cual ya no se registran más penalizaciones por mal factor de potencia.

El servidor web permite conexiones simultáneas y dependiendo la configuración con usuarios y contraseña diferentes para cada uno habilita o no el acceso a las pantallas del SCADA,

Realicé el objetivo principal de este proyecto que era poder desarrollar los enlaces con los equipos para conseguir la adquisición, supervisión y control de los mismos. Los datos recopilados de los reconectores y registradores se utilizan para detectar problemas en la red eléctrica y tomar medidas antes de que se produzcan interrupciones prolongadas del suministro de energía, con la adquisición de datos además se puede atender rápidamente los reclamos por daños de artefactos. También logré el objetivo de reducir el tiempo de inactividad del servicio, al monitorear y controlar la red eléctrica en tiempo real, se pueden identificar problemas rápidamente, mejorando la calidad del servicio de energía eléctrica, cuando es una falla general ya no es necesario que los usuarios avisen que se encuentran sin servicio.

Uno de los problemas que se presentó en este proyecto fue la vinculación con las estaciones transformadoras rurales después de realizar los cálculos. Realicé ajustes precisos en los sistemas de conexión, apliqué técnicas especializadas e implementé mejoras tanto en el diseño como en la instalación de los equipos necesarios para establecer la vinculación con las ET rurales. Asimismo, llevé a cabo pruebas rigurosas para garantizar el correcto funcionamiento y la eficiencia de las soluciones ingenieriles implementadas.

Utilicé la red y programé un controlador de temperatura con su convertidor RS-485 a Ethernet para colocarlo en la estación transformadora Piloto Ávila como refrigeración para uno de los transformadores. Realicé un tendido subterráneo desde el transformador al gabinete de comunicaciones para poder integrar el controlador a la red y así controlar su temperatura desde la oficina.

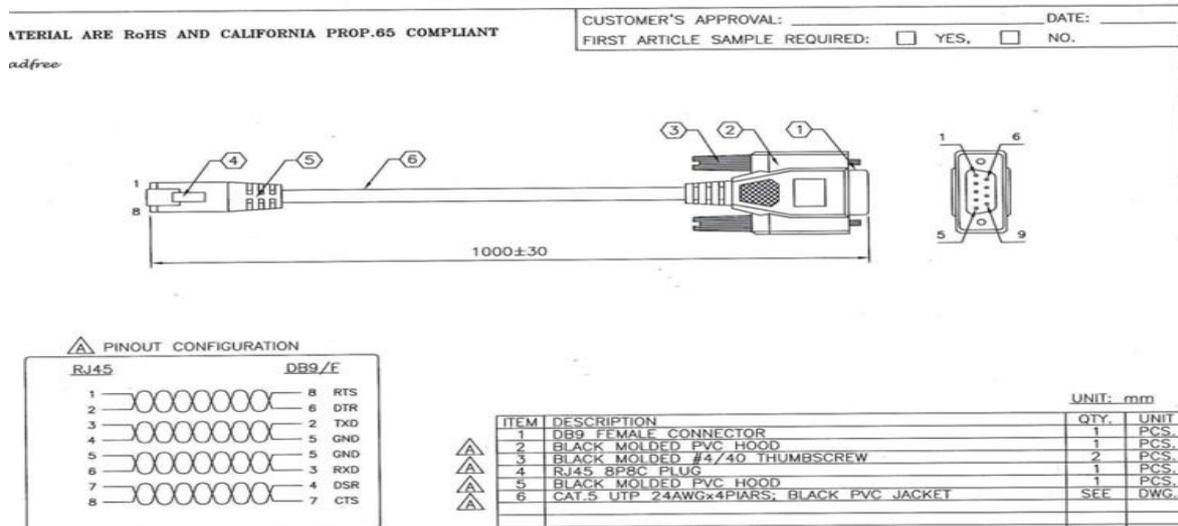
Desde la oficina técnica, es factible controlar y maniobrar los equipos sin necesidad de acudir físicamente al lugar. Esto permite ahorrar tiempo en caso de fallos, ya que se pueden tomar medidas de manera remota para restablecer el servicio. Además es posible restringir las áreas afectadas por la falla, minimizando así el impacto en el funcionamiento general. Este sistema es capaz de seguir creciendo y adaptarse a las necesidades futuras de la empresa.

Capítulo 6: Literatura Citada

- [1] Cooperativa de Electricidad y otros Servicios públicos La Paz Ltda.
- [2] <https://www.dielco.co/1%C3%ADneas-de-negocio-dielco/transmision-electrica/reconectores-dielco>
- [3] https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/argentina/eventos/medium_voltage_day_buenos_aires_2015_ppmv_outdoor.pdf?sfvrsn=2
- [4] Manual Medidor CirSet Circutor
- [5] C. e. puente, «Comunicad el puente,» 2023. <https://comunidadelpuente.com/courses/sistemas-scada-para-contro-y-automatizacion-de-redes-de-media-tension/lecciones/video-4-protocolos-de-telecontrol/>.
- [6] Material Catedra Técnicas Digitales III
- [7] <https://es.scribd.com/document/477726406/T568A-vs-T568B#>
- [8] Manual analizador de redes
- [9] <http://www.etherpower.net/cms/index.php/cse-h20/>
- [10] Manual módems EQ7028
https://www.enacom.gob.ar/bandas-de-uso-compartido-sin-autorizacion_p680
<https://link.ui.com/#>
www.ubnt.com/airlink
<https://inkscape.org/>

Capítulo 7: Anexo

PINOUT del cable de los convertidores:



PINOUT Configuración de los convertidores

Imagen del software de Equinox:

