

PRÁCTICA EMPRESARIAL CDE/OXY

DOCENTE SUPERVISOR:
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

PRESENTADO POR:
ANGELA MARÍA VILLAFAÑE PÁJARO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA

2016

PRÁCTICA EMPRESARIAL CDE/OXY

SUPERVISOR CDE S.A

JAVIER EDUARDO VELEZ SARMIENTO
INGENIERO ELÉCTRICO

SUPERVISORES OXY

EDISON PINEDA
INGENIERO ELECTRÓNICO

SEBASTIAN CASTELLANOS
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA

2016

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Junio de 2016

CONTENIDO

PRÁCTICA EMPRESARIAL CDE/OXY.....	1
INTRODUCCIÓN	12
1. DATOS DE LAS EMPRESAS	13
1.1 OCCIDENTAL PETROLEUM CORPORATION	13
1.2 CDE S.A.....	14
1.3 ORGANIGRAMA	14
1.4 MAPA DE OPERACIONES	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. MONITOREO REMOTO DE VARIABLES DEL PLC EN LA LOCOMOTORA TRANSLOK.	18
3.1 PLAN DE TRABAJO	18
3.2 MARCO TEÓRICO	19
3.2.1 Telecomunicaciones	19
3.2.2 Radioenlace.....	19
3.2.3 Antena	20
3.2.4 Antena yagi	20
3.2.5 Antena omnidireccional	21
3.2.6 Cable coaxial.....	21
3.2.7 Cable Ethernet directo	22
3.2.8 Cable Ethernet cruzado.....	22
3.2.9 PLC	23
3.2.10 Transmisión por el espectro radioeléctrico	24

3.2.11	OPC.....	24
3.3	DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	25
3.3.1	Definición de la topología	25
3.3.2	Configuración de equipos	41
3.3.3	Instalación de equipos	43
3.3.4	Estudio de la red y pruebas de estabilidad	56
3.3.5	Conexión del plc a la red de automatización	59
3.3.6	HMI	62
4.	MONITOREO PREDICTIVO DE MÁQUINAS MIRRLESS	67
4.1	NECESIDAD DEL USUARIO	67
4.2	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	67
4.2.1	Potencia activa.....	67
4.2.2	Vibración en el carrier A y B por separado	67
4.2.3	Temperatura de cilindros de los bancos A y B por separado	68
4.2.4	Velocidad de turbos A y B por separado.....	69
4.2.5	Presión de carga.....	69
4.3	DISPLAYS EN PROCESSBOOK	69
4.4	RESULTADO FINAL	72
5.	APORTES AL CONOCIMIENTO	73
6.	CONCLUSIONES.....	74
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	75

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Logo Occidental Petroleum Corporation.	13
Figura 2: Logo CDE S.A.	14
Figura 3: Organigrama Occidental Petroleum Corporation.....	15
Figura 4: Mapa de operaciones OXY.	15
Figura 5: Centros de operaciones OXY en Colombia.....	16
Figura 6: Radioenlace.	19
Figura 7: Diagrama de radiación de una antena yagi de 3 elementos.	20
Figura 8: Patrón de radiación en 2D y 3D de antena omnidireccional.....	21
Figura 9: Cable Ethernet directo y cruzado.	22
Figura 10: Partes de PLC.....	23
Figura 11: Distancia PF1-Plataforma.	26
Figura 12: Perfil de elevación PF1-Plataforma.....	26
Figura 13: Distancia Plataforma-Isla.	27
Figura 14: Perfil de elevación Plataforma-Isla.	27
Figura 15: Distancia PF1-Isla.	28
Figura 16: Perfil de elevación PF1-Isla.....	28
Figura 17: Topología enlace D.	31
Figura 18: Topología enlace C.	32
Figura 19: Patrón de radiación del access point de PF1.	34
Figura 20: Patrón de radiación del access point de chipirón.	35
Figura 21: Patrón de radiación de la antena omnidireccional en la locomotora Translok.....	36
Figura 22: Patrón de radiación del access point de PF1.	37
Figura 23: Patrón de radiación del access point de chipirón.	38
Figura 24: Patrón de radiación de la antena omnidireccional.....	38
Figura 25: Patrones de radiación.....	39
Figura 26: Zona de fresnel desde PF1 hasta la plataforma.....	40
Figura 27: Zona de fresnel desde PF1 hasta la isla.	40
Figura 28: Vista lateral del cable RG8 con conductor externo trenzado.....	44
Figura 29: Vista superior del cable RG8 con conductor externo des-trenzado.....	45
Figura 30: Vista lateral del cable RG8 con conductor externo des-trenzado.....	45
Figura 31: Vista lateral del cable RG8 con el pin.....	46
Figura 32: Funda del conector.....	46
Figura 33: Vista superior de la funda del conector.	47
Figura 34: Antena omnidireccional cortada.	48
Figura 35: Partes de un cable coaxial.	49
Figura 36: Conector TNC utilizado.	50
Figura 37: Conector TNC unido al cable RG58.	50
Figura 38: PLC y Panel View en la locomotora Translok.	51
Figura 39: Radio remoto al interior de la locomotora Translok.	52
Figura 40: Antena omnidireccional instalada en la locomotora Translok.....	53
Figura 41: Vista superior entrada de cable de antena omnidireccional.	53
Figura 42: Locomotora Translok con la antena omnidireccional instalada.	54

Figura 43: Interior de la caja de equipos en la torre de chipirón.....	55
Figura 44: Resultados obtenidos por HyperTerminal.	57
Figura 45: Resultados obtenidos por HyperTerminal.	58
Figura 46: Prueba de comunicación a PF1.	59
Figura 47: Conexión al repetidor.	60
Figura 48: Conexión access point de chipirón.....	60
Figura 49: Conexión al radio de la locomotora Translok.	61
Figura 50: Conexión al PLC de la locomotora Translok.	61
Figura 51: HMI.....	62
Figura 52: Ruta de datos.....	64
Figura 53: Ventana Multi-State Symbol en ProcessBook.....	65
Figura 54: HMI con objetos direccionados.	66
Figura 55: Estado de las variables del predictivo.	70
Figura 56: Tabla de estados de la máquina A.....	70
Figura 57: Visualización del estado de las variables en todas las máquinas.	71
Figura 58: Predictivo de máquinas mirrless.....	72

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma de actividades	19
Tabla 2: Opciones de enlace.	30
Tabla 3: Características de cables coaxiales.....	33

GLOSARIO

OSIsoft : Fabricante de software de aplicación para soluciones de infraestructura de datos en tiempo real.

Sistema PI : Infraestructura abierta que permite capturar los datos basados en lecturas de sensores en tiempo real y los transmite a lo largo de todos los módulos que la conforman con el fin de convertir los datos en acciones, de esta forma el sistema PI permite gestionar los datos y eventos de tiempo real.

Servidor PI: Recoge, almacena y organiza los datos de todas las fuentes, proporcionando una infraestructura de información flexible, incluye herramientas sofisticadas para el análisis, alertas y auditoría. Se puede conectar el servidor PI a casi cualquier red de automatización, laboratorio, o un sistema de información existente.

Interfaz PI to PI : Al crear este tipo de interfaces se permite la transferencia de datos entre dos servidores de PI, de esta manera se garantiza, el acceso instantáneo a los datos desde lugares remotos y a su vez la personalización de los requisitos en función del uso de datos. OXY Colombia cuenta con interfaces PI to PI para conectar sus campos petrolíferos alrededor del país con el servidor principal en Bogotá, en este proyecto se manejó la interfaz que comunica el servidor del campo Caño Limón-Arauca con el servidor principal en Bogotá.

PI ProcessBook : Es un software de creación de pantallas, permite realizar operaciones aritméticas y lógicas, visualizarlas de forma dinámica en tiempo real, y observar el histórico de las variables ya sean análogas o digitales.

PI Coresight: Es una herramienta para pantallas *ad hoc* rápidas, la cual se puede utilizar en cualquier lugar con conexión a Internet disponible, esta plataforma permite visualizar las pantallas creadas en PI ProcessBook en la web.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: PRÁCTICAS EMPRESARIALES CDE/OXY

AUTOR(ES): Angela María Villafañe Pájaro

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Juan Carlos Mantilla Saavedra

RESUMEN

La labor desempeñada en Occidental Petroleum Corporation se fundamentó en el proceso de automatización en el área de SCADA e Instrumentación, que permite monitorear remotamente los equipos en las facilidades de producción. Para la realización de los proyectos implementados durante el proceso de las prácticas empresariales fue necesario conocer la problemática y las necesidades del usuario, entender el funcionamiento de los equipos a intervenir, y a su vez recolectar información de los programas y protocolos usados por la compañía, con el fin plantear soluciones viables.

PALABRAS CLAVES:

SCADA, automatización, monitoreo, instrumentación, protocolo, facilidades de producción.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: BUSINESS PRACTICES CDE / OXY

AUTHOR(S): Angela María Villafañe Pájaro

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Juan Carlos Mantilla Saavedra

ABSTRACT

The work done in Occidental Petroleum Corporation was based in the automation process in the area of SCADA and Instrumentation, which allows to remotely monitor equipment in production facilities. For the realization of the projects implemented during the business practices it was necessary to know the problems and needs of the user, understand the operation of equipment operated, and collect information about programs and protocols used by the company, to propose viable solutions.

KEYWORDS:

SCADA, automation, monitoring, instrumentation, protocol, production facilities.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK.

INTRODUCCIÓN

El presente documento expone el proceso realizado en la práctica empresarial de Ingeniería Electrónica en el área de SCADA E INSTRUMENTACIÓN de OCCIDENTAL PETROLEUM CORPORATION a través de la empresa CDE S.A labor que se inicia el 26 de enero de 2016 y finaliza el 25 de mayo del mismo año. Se realizaron dos proyectos simultáneamente en el área de SCADA , el primero *Monitoreo remoto de variables de la locomotora Translok* y el segundo *Monitoreo predictivo de máquinas Mirrless*.

El primer proyecto se trabajó con la locomotora Translok, este vehículo cuenta con un PLC el cual cumple con los estándares corporativos para Automatización (*Engineering Pick List Standards*). El PLC implementado en la locomotora presenta disponibilidad de puertos de comunicación para conexión a la red de automatización y es compatible con redes de comunicaciones Ethernet/IP, debido a esto se planteó la posibilidad de incluirlo a la red de automatización. Con el fin de optimizar y asegurar una correcta operación del PLC de la locomotora primero se definió qué tipo de enlace era el más adecuado teniendo en cuenta el terreno y la vegetación de la zona, posteriormente se configuraron e instalaron los equipos necesarios y se realizaron las pruebas de enlace.

El proyecto *Monitoreo predictivo de máquinas Mirrless* nació como una oportunidad de mejora a un predictivo existente visualizado en Excel.

Ambos proyectos se llevaron a cabo en las instalaciones de OXY ubicadas en el campo de Caño Limón , Arauca.

1. DATOS DE LAS EMPRESAS

1.1 OCCIDENTAL PETROLEUM CORPORATION



Figura 1: Logo Occidental Petroleum Corporation.

FUENTE: http://www.oxy.com/_catalogs/masterpage/Oxy/img/Occidentallogo2.gif

Occidental Petroleum Corporation (NYSE: OXY) es una compañía internacional de exploración y producción de petróleo y gas, con operaciones en los Estados Unidos, Oriente Medio y América Latina. Con sede en Houston, Occidental es una de las mayores compañías de petróleo y gas de Estados Unidos, basado en la capitalización del mercado de valores y comercialización del segmento. Occidental reúne los procesos, transportes, almacenes y compras, a su vez comercializa hidrocarburos y otras materias primas. OxyChem, un importante fabricante de productos químicos de América del Norte, es subsidiaria de la propiedad total de Occidental. [1]

El éxito de Occidental se basa en la experiencia técnica, visión para los negocios, asociaciones sólidas y capacidad probada para entregar resultados duraderos. Con aproximadamente 35.000 empleados y contratistas en todo el mundo. Occidental ha sido un inversor activo en Colombia desde hace más de cuatro décadas. Actualmente, Occidental tiene operaciones en la Cuenca Norte Llanos en el departamento de Arauca y en la cuenca media del río Magdalena en el departamento de Santander. [1]

En la Cuenca Norte Llanos, Occidental opera el campo Caño Limón, más de 1,3 millones de barriles de petróleo se han producido en Llanos Norte desde que Occidental descubrió el campo Caño Limón en 1983. [20]

En la cuenca media-Magdalena, Occidental tiene una participación en explotación en el área de La Cira-Infantas (LCI), donde ha coordinado un proyecto (EOR), en colaboración con Ecopetrol, la petrolera estatal de Colombia. [20]

1.2 CDE S.A



Figura 2: Logo CDE S.A.

FUENTE: Contrato de pasante.

Construcciones, Diseños y Estudios es una empresa santandereana ubicada en Bucaramanga, contratista de OXY en el campo Caño Limón, Arauca. Proporciona servicios de construcción de líneas de distribución, subestaciones eléctricas de alta tensión, facilidades eléctricas y mantenimiento de líneas eléctricas en Caño Limón, zona aledañas y su área de influencia en el departamento de Arauca, estos servicios están relacionados con el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, eléctrica, mecánica y perforación de pozos de alta calidad, que contribuyen al desarrollo de la empresa, sus miembros y calidad social.

1.3 ORGANIGRAMA

En la figura 3 se observa el organigrama de OXY señalando el área de trabajo durante la práctica empresarial, ambos proyectos se desarrollaron con el apoyo del Ingeniero de *SCADA Facilidades y Pozos*.

En las áreas de “Instrumentación, facilidades y generación” e “Instrumentación y datos de campo” se desarrollaron actividades alternas a los proyectos.

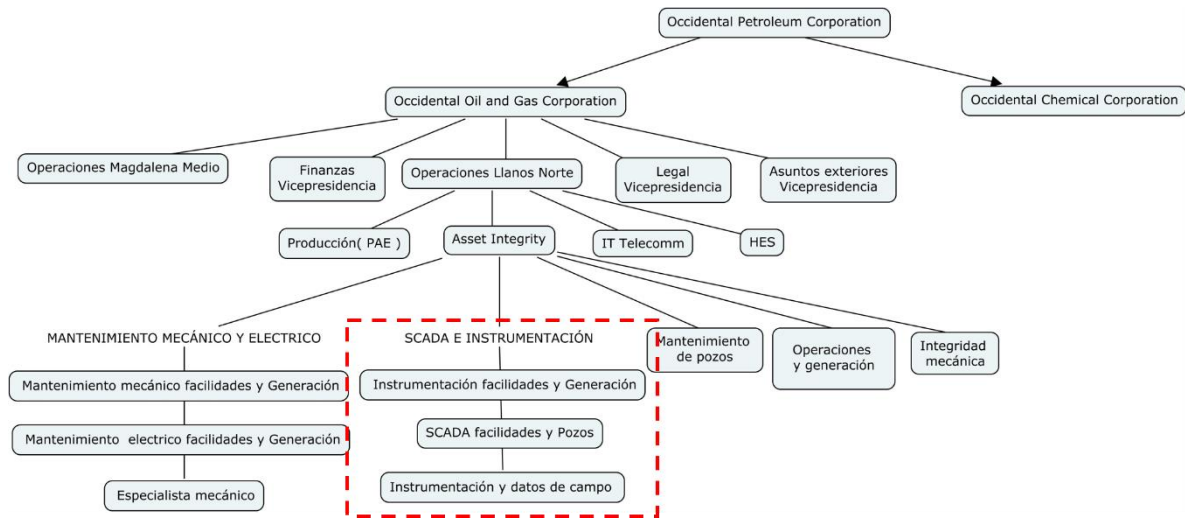


Figura 3: Organigrama Occidental Petroleum Corporation.

FUENTE: Autor.

1.4 MAPA DE OPERACIONES



Figura 4: Mapa de operaciones OXY.

FUENTE: <http://www.oxy.com/aboutOccidental/Where-We-Operate/Pages/Oil-and-Gas.aspx>

A nivel global OXY cuenta con centros de operaciones en Estados Unidos, América Latina y Medio Oriente(Ver Figura 4). En América Latina la empresa se encuentra instalada en dos países, Colombia y Bolivia, los campos petrolíferos en Colombia (Ver Figura 5) se encuentran en Barrancabermeja (La Cira) y en Arauca (Caño Limón), en este último se desarrollaron las prácticas empresariales.



Figura 5: Centros de operaciones OXY en Colombia.

FUENTE: <http://www.oxy.com/OurBusinesses/OilandGas/LatinAmerica/Pages/Colombia.aspx>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar las actividades propuestas por el área de SCADA E INSTRUMENTACIÓN.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un radioenlace vía microondas desde la locomotora Translok hasta el sector de facilidades de producción (PF1) desde donde se visualiza la red de automatización que incluye los valores de las variables de equipos en todo el campo de Caño Limón en tiempo real.
- Implementar un reporte de monitoreo predictivo de fallas en las máquinas Mirrelss que le permita al usuario visualizar vía internet el estado de las máquinas en tiempo real.

3. MONITOREO REMOTO DE VARIABLES DEL PLC EN LA LOCOMOTORA TRANSLOK.

En la práctica empresarial se desarrollaron dos proyectos de monitoreo, a continuación se explicarán las etapas del primer proyecto, el cual tiene como fin incluir el PLC de la locomotora Translok a la red de automatización.

3.1 PLAN DE TRABAJO

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	
FECHA	ACTIVIDAD
26-ene	Inicio de actividades de inducción.
30-ene	Evaluación de proyectos a implementar.
01-feb	Finalización de actividades de inducción.
02-feb	Definición de proyecto: Monitoreo remoto de variables del PLC en la locomotora Translok de Chipirón.
06-feb	Definición de la topología.
07-feb	Definición de equipos.
24-feb	Creación de documentos COR
28-feb	Configuración de Radios MDS iNet 900 como AP y remoto.
06-mar	Site survey: Establecer el enlace entre la locomotora y el access point. Pruebas de señal local.
25-mar	Evaluación de variables con las personas interesadas.
29-mar	Configuración de switch MOXA EDS-405A o Cisco.
31-mar	Inicio protocolo de pruebas para puesta en funcionamiento.
06-mar	Establecer conexión física de la antena en la locomotora.
23-mar	Instalación de equipos en la locomotora.
13-abr	Instalación de equipos asociados al access point.
22-abr	Pruebas a lo largo del tramo recorrido por la locomotora, medición de la señal local.
27-abr	Pruebas de conexión a PF1.

01-may	Conexión del PLC a la red de automatización.
23-may	Configuración de la interfaz.
25-may	Pruebas para puesta en funcionamiento

Tabla 1: Cronograma de actividades.

FUENTE: Autor.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones son la transmisión a distancia de datos de información por medios electrónicos y/o tecnológicos. Los datos de información son transportados a los circuitos de telecomunicaciones mediante señales eléctricas. Un circuito básico de telecomunicación consiste en dos estaciones, cada una equipada con un receptor y un transmisor, que se pueden combinar para crear un transceptor.

3.2.2 Radioenlace

Es una conexión entre diferentes equipos de telecomunicaciones usando ondas electromagnéticas. Un radioenlace consta de un pequeño transmisor de radio (TX) que envía la señal a un receptor (RX) , ambos con sus respectivas antenas.

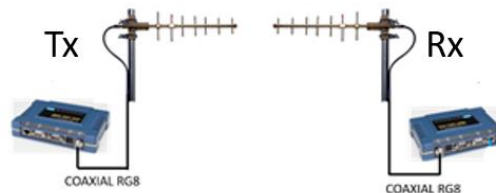


Figura 6: Radioenlace.

FUENTE: Autor.

3.2.3 Antena

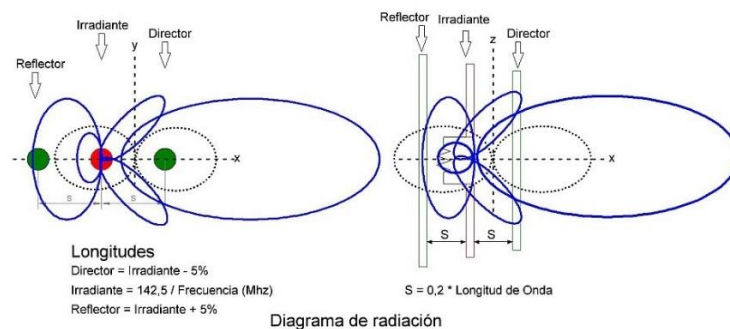
Una antena es un dispositivo diseñado para transmitir o recibir energía electromagnética, igualando estas fuentes de energía y el espacio.

Las antenas se hacen generalmente con materiales metálicos ya sea aluminio o bronce. Estos metales están formados por átomos que al unirse forman un conjunto de electrones libres. Esta serie de electrones libres comienza a vibrar al someterse a un campo eléctrico. Cuando los electrones vibran de un lado a otro de la antena generan una radiación electromagnética en forma de ondas de radio.

3.2.4 Antena yagi

Fue creada y patentada en 1926 por el doctor Hidetsugu Yagi, de la Universidad de Tokio. La configuración mínima de este modelo de antena utiliza sólo dos elementos, sin embargo, el agregado de más elementos provee a la antena una característica muy deseada por todos los usuarios de equipos de radio: ganancia.

Los tres elementos de una antena yagi :director, irradiante y reflector, brindan una ganancia de 8.5dB , respecto a un dipolo tradicional, a cada elemento pasivo que agreguemos como director se suma 1dB más de ganancia al conjunto.



Antena Yagi de 3 elementos

Figura 7: Diagrama de radiación de una antena yagi de 3 elementos.

FUENTE: [5]

3.2.5 Antena omnidireccional

Se les llama también antenas de fuste vertical, se utilizan principalmente para emitir la señal en todas las direcciones, ya que su patrón de radiación visto de forma horizontal es similar a un óvalo (Ver Figura 8). Estas antenas se suelen colocar en espacios abiertos para emisión en todas las direcciones. Su ganancia está en torno a los 15 dBi, este tipo de diseño de antena ofrece distancias de comunicación muy largas, aunque presenta como inconveniente poca cobertura por debajo de la antena.

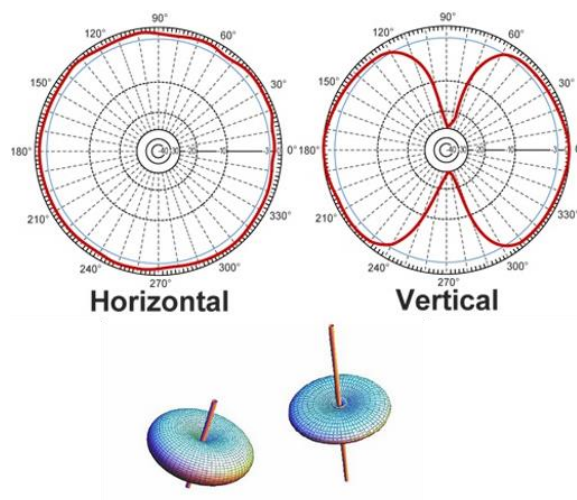


Figura 8: Patrón de radiación en 2D y 3D de antena omnidireccional.

FUENTE: http://www.ds3comunicaciones.com/lcom/pattern_hg2458cu.gif

3.2.6 Cable coaxial

Es un tipo de cable que se utiliza para transmitir señales de electricidad de alta frecuencia. Estos cables cuentan con un par de conductores concéntricos: el conductor vivo o central, el cual está dedicado a transportar los datos, y el conductor exterior, blindaje o malla, que actúa como retorno de la corriente y referencia de tierra. Entre ambos se sitúa el dieléctrico, una capa aisladora.

3.2.7 Cable Ethernet directo

Un cable Ethernet directo es aquel que tiene la misma configuración en sus extremos (Ver Figura 9), es decir, se utiliza la misma norma, ya sea T568A o T568B, esto se puede comprobar observando los colores de los hilos dentro del conector RJ45. Este tipo de cable se utiliza para conectar ordenadores con equipos activos de red, ya sean ordenador-hub, ordenador-switch, si se desea conectar dos ordenadores entre sí se deberá usar un cable cruzado.

3.2.8 Cable Ethernet cruzado

El cable cruzado es utilizado para conectar dos computadores o equipos activos entre sí, ya sean hubs o switches. Un cable cruzado es aquel donde en los extremos la configuración es diferente (Ver Figura 9). Dicha configuración o montaje se puede comprobar observando los colores de los hilos dentro del conector RJ45. El cable cruzado, como su nombre lo dice, cruza las terminales de transmisión de un lado para que llegue a los pines de recepción del otro, y la recepción del origen a la transmisión del final. Este tipo de cable se usa para conectar equipos “iguales”, es decir, PC con PC y equipos activos de red entre sí (router con router, switch con hub, hub con router, etc). Para crear el cable de red cruzado, se debe crimpar un extremo del cable siguiendo la norma T568A y el otro extremo siguiendo la T568B.

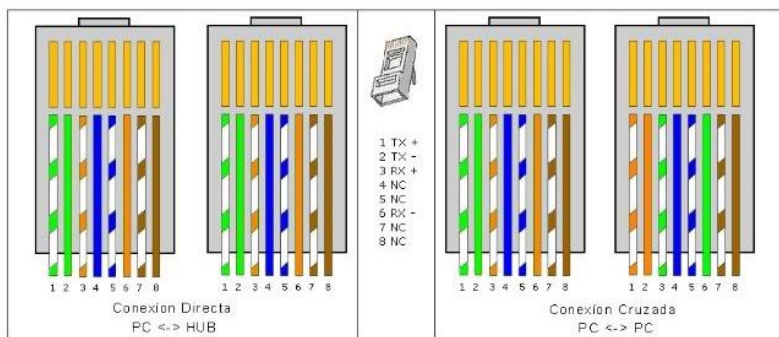


Figura 9: Cable Ethernet directo y cruzado.

FUENTE: [18]

3.2.9 PLC

Un controlador lógico programable es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o análogas, varios tipos de máquinas o procesos. Este equipo está conformado por una fuente de alimentación, CPU, y módulos (Ver Figura 10).

El PLC se inició como un reemplazo para los bancos de relevos, hoy en día son el tipo de controlador más utilizado en la industria de automatización, procesos y máquinas especiales.

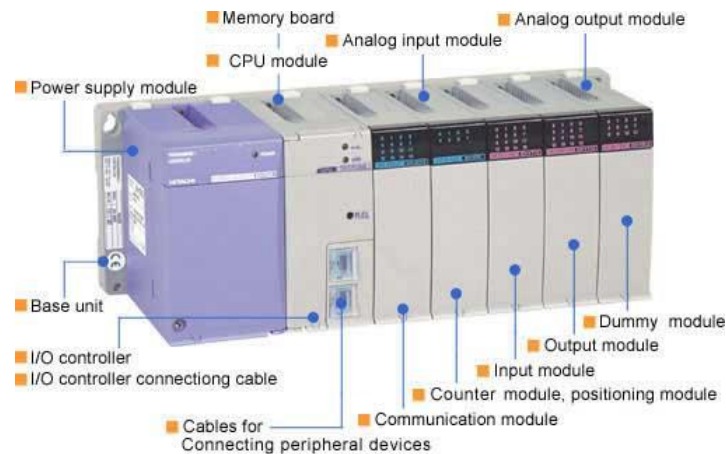


Figura 10: Partes de PLC.

FUENTE: [19]

Una de sus ventajas es el control rápido de información, no comparten los datos y las señales con facilidad. Comúnmente los PLCs intercambian información con paquetes de software en el nivel de planta como interfaces maquina operador (HMI)

o Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). Todo intercambio de datos con el nivel de negocios de la empresa (servicios de información, programación, sistemas de contabilidad y análisis) tiene que ser recogido, convertido y transmitido a través de un paquete SCADA.

En la mayoría de los PLCs, las redes de comunicación son exclusivas de la marca y con velocidad limitada, con la aceptación de Ethernet, las velocidades de comunicación de la red han aumentado, pero todavía a veces usan se usan protocolos de propiedad de cada marca.

3.2.10 Transmisión por el espectro radioeléctrico

Las posibilidades de radiación del campo electromagnético permiten enviar ondas sin necesidad de que exista ningún medio físico tendido por el hombre ya que la ondas se propagan por el aire, para lograrlo es necesario utilizar antenas de difusión de televisión, radio o telefonía móvil o bien antenas que envían ondas hacia una dirección concreta empleando diseños que le dan directividad a la emisión y recepción, como es el caso de los radioenlaces, típicos de las redes de telefonía móvil o celular.

3.2.11 OPC (OLE for Process Control)

Es un estándar que le permite a los programas de Windows comunicarse con los dispositivos de hardware industrial. Se implementa como servidor y cliente, el OPC server permite convertir el protocolo de comunicación del hardware al protocolo OPC, el OPC client es cualquier programa que necesite comunicarse con el hardware industrial, por ejemplo HMI. El OPC client usa al OPC server para enviar comandos al hardware.

3.3 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

3.3.1 Definición de la topología

Definición de puntos claves

- PF1: Sector de facilidades de producción, recibe las señales de todos los equipos del campo, en este sector se visualiza la red de automatización y es el punto desde el cual se pretende monitorear las variables del PLC de la locomotora Translok.
- Sector Chipirón- Plataforma: Punto de partida de la locomotora, en la plataforma se parquea la locomotora y se realiza su mantenimiento.
- Sector Chipirón- Isla: Se denomina Isla debido a que es un área de tierra construida artificialmente en medio de una laguna, en ella se encuentran 15 pozos con posibilidades de expansión.

Estudio del terreno

Con el software Google Earth se calcularon las distancias para ingresarlas al software de simulación Radio Mobile, y a su vez se obtuvieron los perfiles de elevación, con el fin de verificar la viabilidad del enlace.

Se observa que la distancia desde el sector de PF1 hasta la plataforma de Chipirón es de 3.234 metros.



Figura 11: Distancia PF1-Plataforma.

FUENTE: Autor.

El perfil de elevación del trayecto se observa a continuación, el pico más alto es de 154 metros como se encuentra indicado.

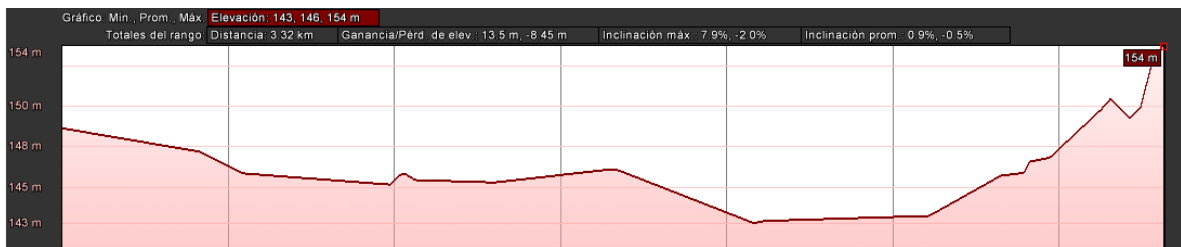


Figura 12: Perfil de elevación PF1-Plataforma.

FUENTE: Autor.

La distancia desde la plataforma hasta la isla es de 3.128 metros como se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Distancia Plataforma-Isla.

FUENTE: Autor.

Se observa el perfil de elevación del trayecto, el pico más alto es de 153 metros y se encuentra cercano a la plataforma.

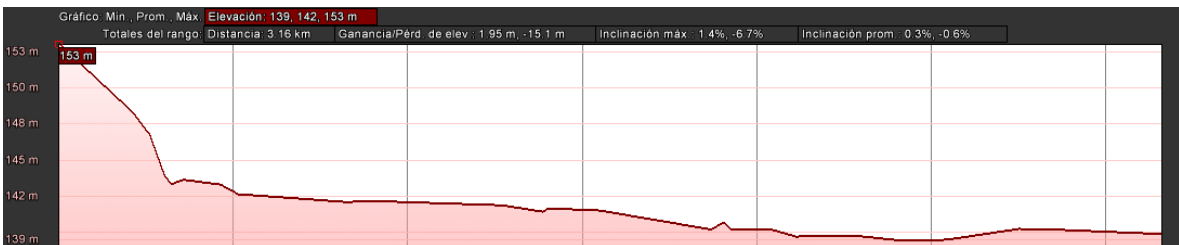


Figura 14: Perfil de elevación Plataforma-Isla.

FUENTE: Autor.

La distancia máxima es de 6.278 metros, esta distancia fue medida desde PF1 hasta la isla.

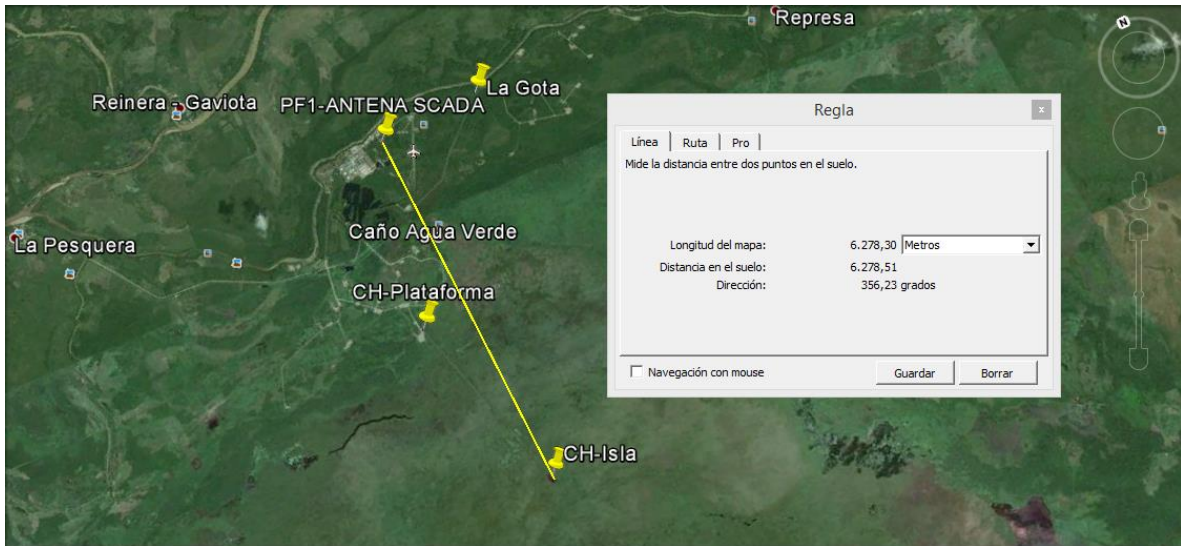


Figura 15: Distancia PF1-Islla.

FUENTE: Autor.

De acuerdo al perfil de elevación del trayecto (Ver Figura 16), el pico más alto es de 146 metros y se encuentra cercano a PF1.

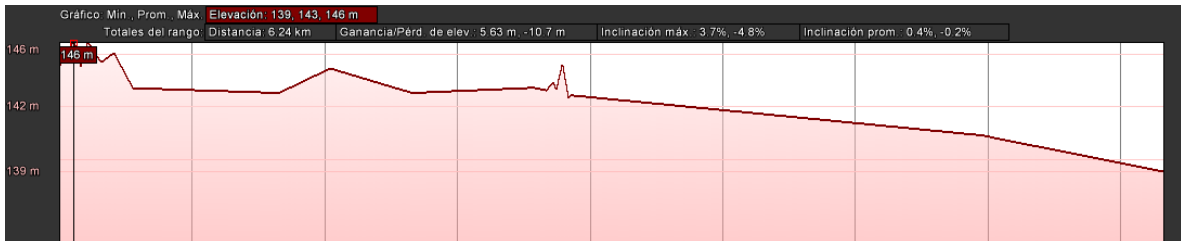


Figura 16: Perfil de elevación PF1-Islla.

FUENTE: Autor.

Planteamiento del tipo de enlace

En esta etapa del proyecto se estudiaron los enlaces existentes en el sector, se encontraron radioenlaces y comunicaciones por fibra óptica, con esta información se plantearon los siguientes enlaces de comunicación:

- Enlace A: Utilizando la antena existente que transmite la información de los reconectores.
- Enlace B: Instalando una antena en el skid de aire, esta zona cuenta con un switch el cual se comunica por fibra óptica con PF1.
- Enlace C: Instalando un access point y un repetidor en la torre de chipirón.
- Enlace D: Realizando una comunicación directa con la torre de PF1.
- Enlace E: Instalando una antena en la Torre de la Isla.

Análisis de ventajas y desventajas

ENLACE	NOMBRE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ENLACE A	RECONECTADORES	Cuenta con una antena instalada que se enlaza con PF1.	Al desplazarse a sitio se observó que la antena se encuentra direccionada de tal forma que no cubriría la totalidad de la ruta recorrida por la locomotora.

ENLACE B	SKID DE AIRE	Se tiene un switch con puertos disponibles el cual se comunica por fibra óptica con PF1.	Se realizaron pruebas de señal, instalando la antena en un mástil de aproximadamente 6 metros, se presentó pérdida de señal a mitad del tramo.
ENLACE C	REPETIDOR	Alta probabilidad de que el enlace tenga buena señal.	Se necesitan instalar dos antenas y una caja con los equipos requeridos.
ENLACE D	ENLACE DIRECTO	En la torre de PF1 se encuentran instalados los equipos del access point. En las pruebas de señal se obtuvieron mediciones aceptables del RSSI.	La comunicación se pierde en el punto de parqueo debido a la espesa vegetación de la zona.
ENLACE E	ISLA	Se cuenta con una torre de gran altura lo cual asegura que la antena colocada cubrirá toda la ruta de la locomotora.	Aumenta la distancia hasta PF1, respecto a la opción del Enlace C, lo cual disminuye la calidad de la señal.

Tabla 2: Opciones de enlace.

FUENTE: Autor.

De acuerdo al análisis anterior se descartaron los enlaces A, B y E, quedando como opciones los enlaces C y D. En un inicio se eligió el *Enlace directo*, ya que se obtuvo un RSSI de -75dBm en promedio a lo largo del tramo recorrido y no requería instalación de nuevos equipos, la siguiente figura muestra el diagrama de bloques.

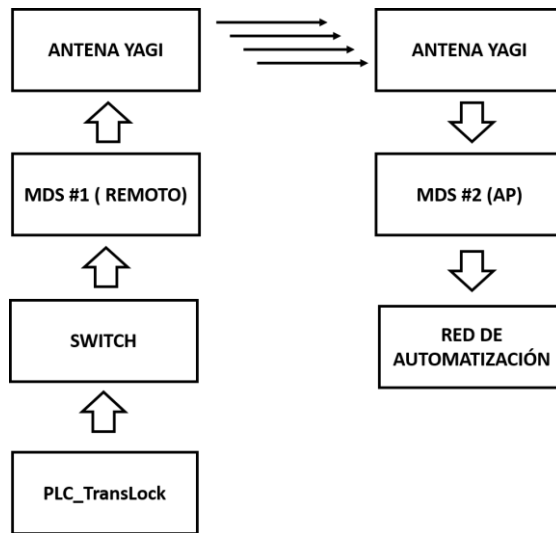


Figura 17: Topología enlace D.

FUENTE: Autor.

Según la Tabla 2, como desventaja se plantea la pérdida de comunicación en el sector de parqueo. El sector de parqueo de la locomotora es el lugar en donde se realiza su mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, utilizando este tipo de enlace no se tendría señal en este sector, en caso de que el vehículo presente fallas, el ingeniero de la estación de monitoreo las observaría una vez que la locomotora halla recorrido varios metros de la vía, lo cual no es favorable.

Debido a lo anterior no es conveniente que la señal se pierda en este punto, por lo que fue necesario elegir el tipo de enlace nombrado como *Repetidor* (Ver Tabla 2), la siguiente figura muestra la distribución de los equipos en esta topología.

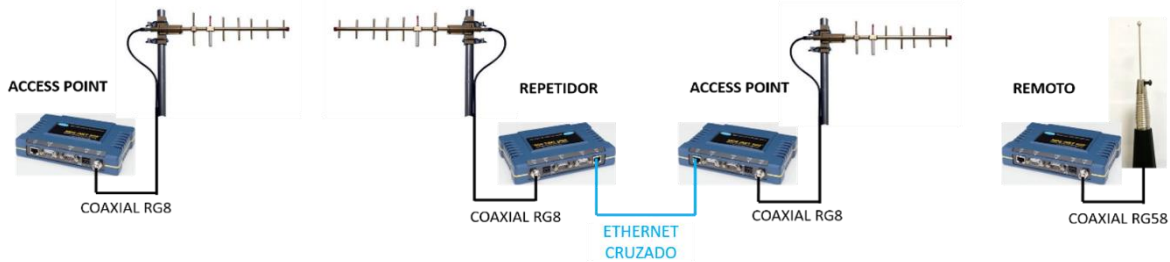


Figura 18: Topología enlace C.

FUENTE: Autor.

Simulación en el software Radio Mobile

El objetivo de esta simulación es observar de acuerdo a los patrones de radiación de las antenas si se garantiza la comunicación en todos los puntos del enlace.

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación en el cual se predice el comportamiento de sistemas de radio y se representa el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

En el programa fue necesario establecer que el punto remoto es móvil, ya que la locomotora va desde la plataforma hasta la isla. Las pérdidas de los cables fueron calculadas según la siguiente tabla:

Tipo	Pérdida (dB/m)	Diámetro externo (mm)	Impedancia (Ohms)
RG8	0.39	10.29	50
RG8X	0.6(?)	6.15	50
RG58	0.90	4.95	50
RG59	0.51	6.15	75

RG142/RG400	0.59	4.95	50
RG174	1.39	2.8	50
RG188	1.26	2.74	50
RG316	1.28	2.49	50
Belden 9913	0.20	10.29	50
(RG8/U)	0.20	10.29	50

Tabla 3: Características de cables coaxiales.

FUENTE: [10]

La antena en la locomotora está ubicada en la parte superior, el cable de conexión mide 6 metros, en el cálculo de pérdidas se escogió la máxima frecuencia del rango [900 – 928 MHz] en la cual se presenta el mayor valor de pérdidas en dBm. Adicionalmente se sumó a este valor obtenido las pérdidas en los conectores y este valor final fue el utilizado en Radio Mobile. Los conectores utilizados fueron tipo TNC, con pérdidas de 0.2 dB por metro y tipo N macho con 0.207 dB por metro.

A continuación se observarán los patrones de radiación obtenidos, en las figuras se puede observar que la ganancia de las antenas yagi tiene un valor de 13 dBi y que la antena omnidireccional tiene una ganancia de 2dBi, este valor fue ingresado al programa para lograr calcular los patrones de radiación.

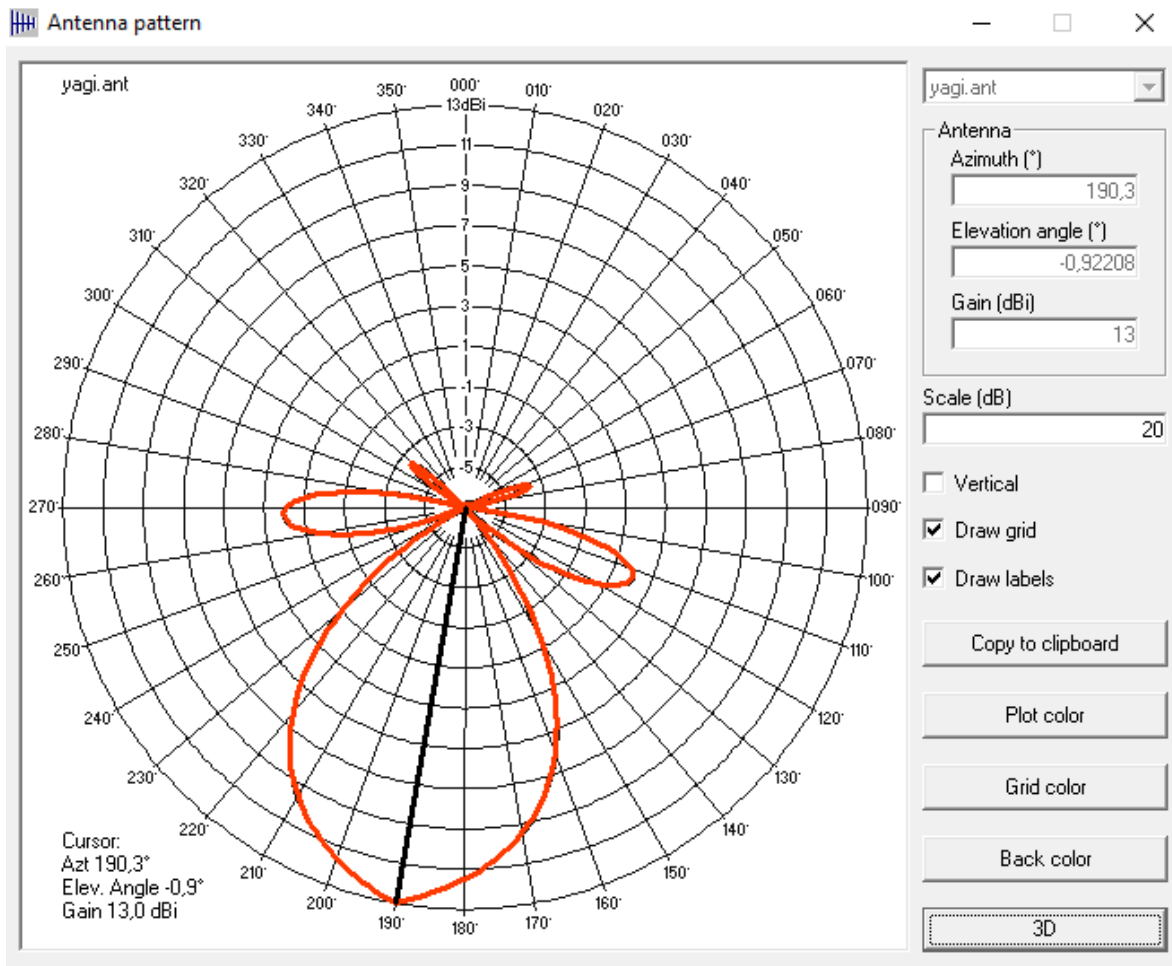


Figura 19: Patrón de radiación del access point de PF1.

FUENTE: Autor.

El próximo patrón obtenido es el del Access Point de Chipirón, se diferencia del anterior en su dirección ya que apunta hacia el sector Isla, aspectos como la forma y la ganancia son iguales al patrón de radiación anterior ya que se utilizó el mismo tipo de antena: Yagi.

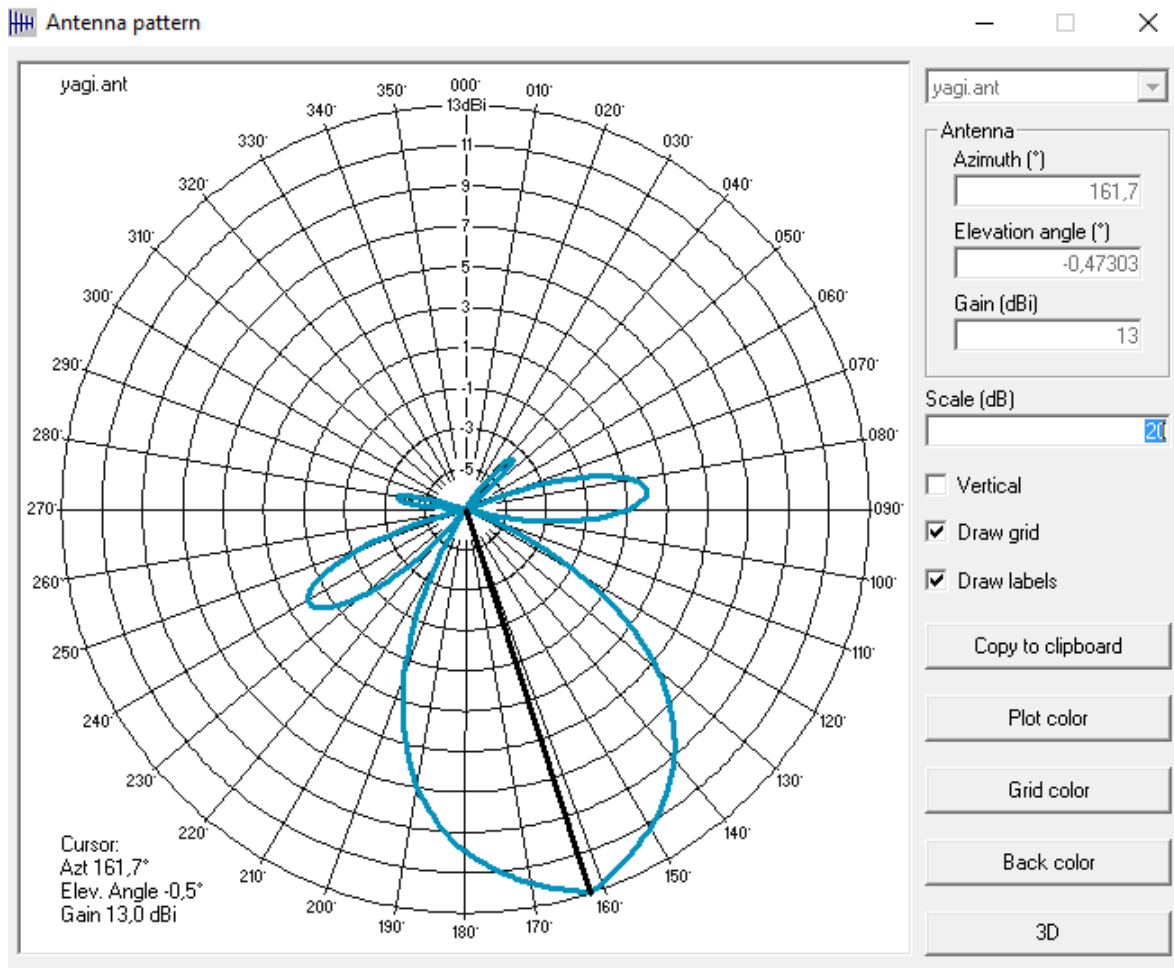


Figura 20: Patrón de radiación del access point de chipirón.

FUENTE: Autor.

La antena instalada en la locomotora es omnidireccional, con una ganancia de 2dBi, la forma del patrón de radiación difiere de los anteriores ya que no es una antena directiva como las antenas yagi.

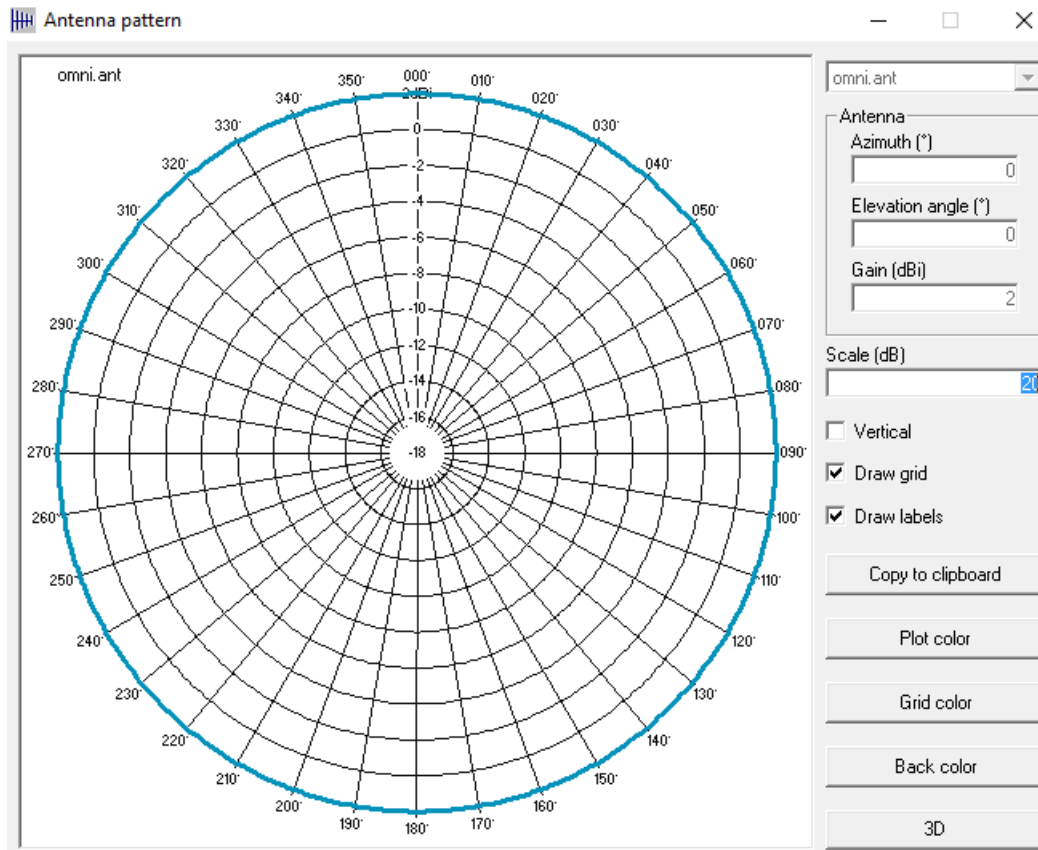


Figura 21: Patrón de radiación de la antena omnidireccional en la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.

Con el fin de lograr ver el alcance de las antenas si visualizan los patrones de radiación en la superficie. A continuación se observa el patrón de radiación en la superficie del Access Point de PF1.

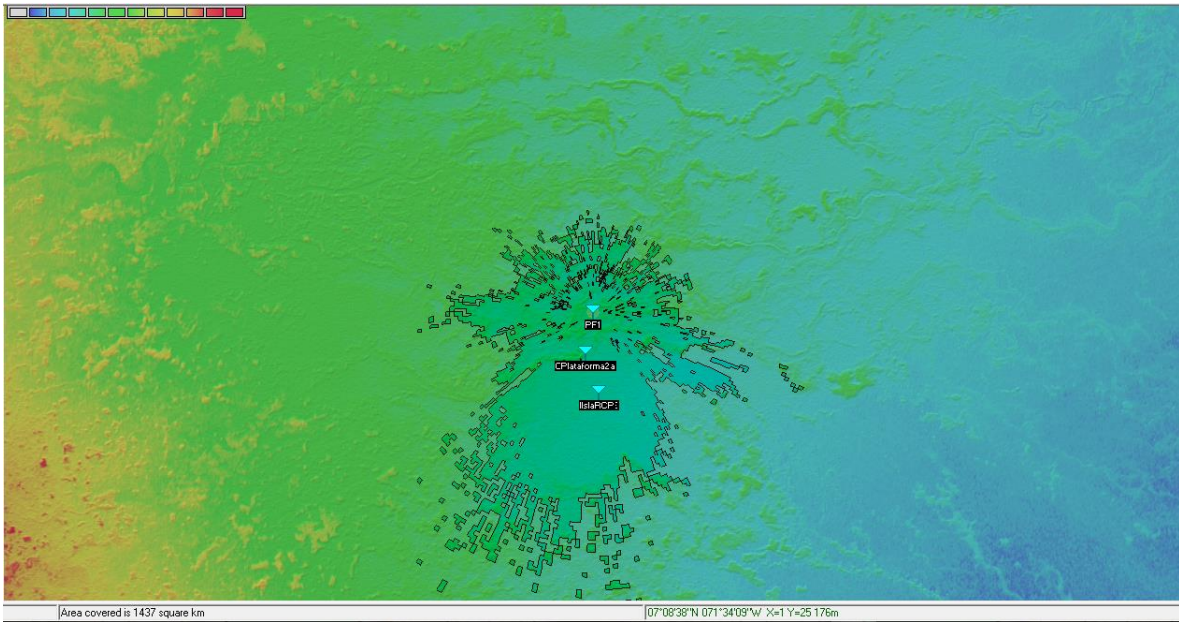


Figura 22: Patrón de radiación del access point de PF1.

FUENTE: Autor.

En este caso se tienen perfiles de elevación que ayudan a predecir en que puntos la señal será débil o nula. Se deduce de acuerdo a la Figura 22 que la radiación de esta antena abarca la plataforma de chipirón y la isla, por lo tanto la simulación hasta el momento cumple su objetivo.

El siguiente paso fue obtener el patrón de radiación de la antena instalada en la torre de chipirón (Ver Figura 23), con el fin de establecer su alcance. De acuerdo a la simulación se determinó que la radiación de la antena abarca el punto más lejano, la isla.

Se simuló el patrón de radiación de la antena omnidireccional (Ver Figura 24), se observó que su alcance es menor comparado a los patrones de radiación obtenidos anteriormente en las antenas yagi.

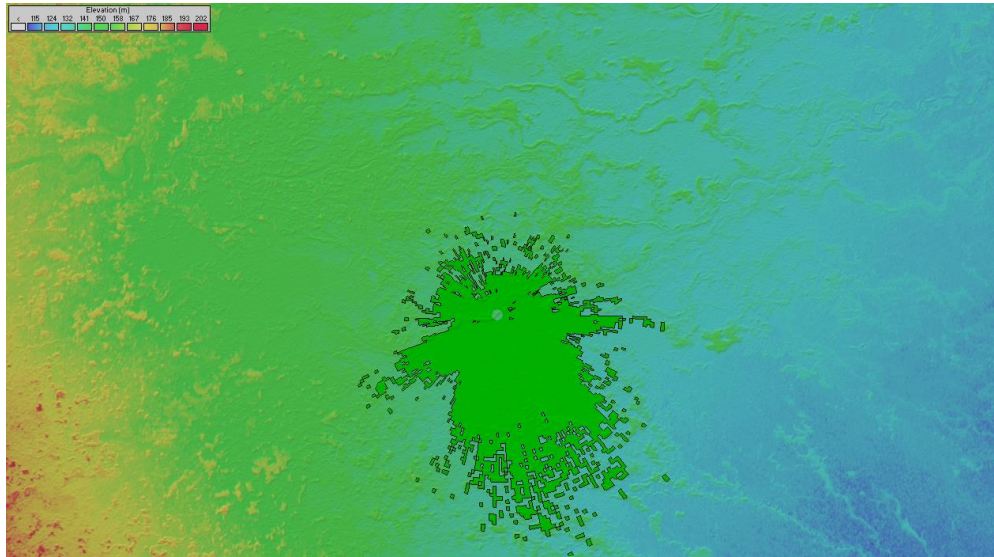


Figura 23: Patrón de radiación del access point de chipirón.

FUENTE: Autor.

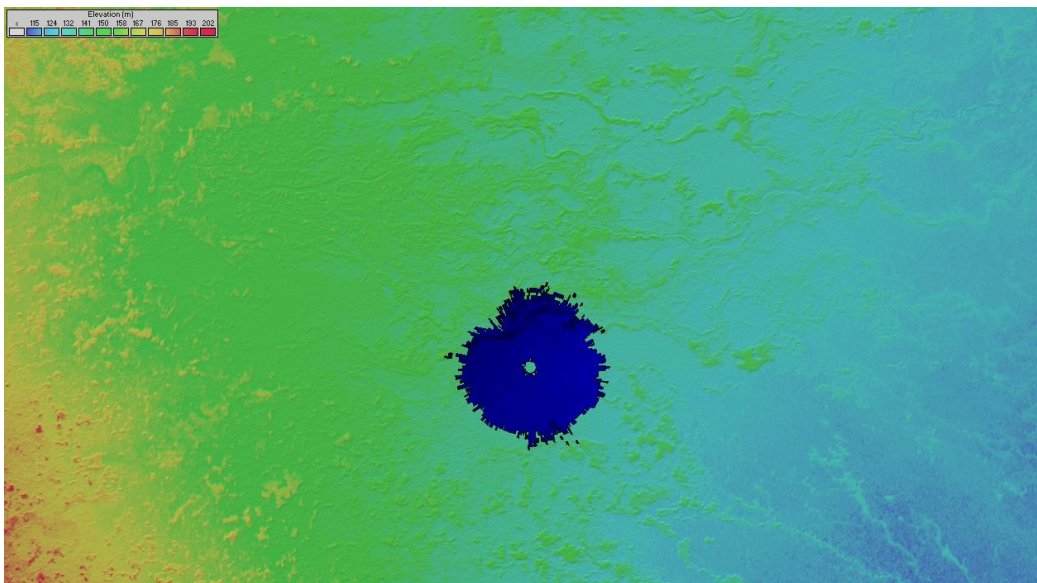


Figura 24: Patrón de radiación de la antena omnidireccional.

FUENTE: Autor.

Al sobreponer los tres patrones de radiación se observa que cubren el área interesada.

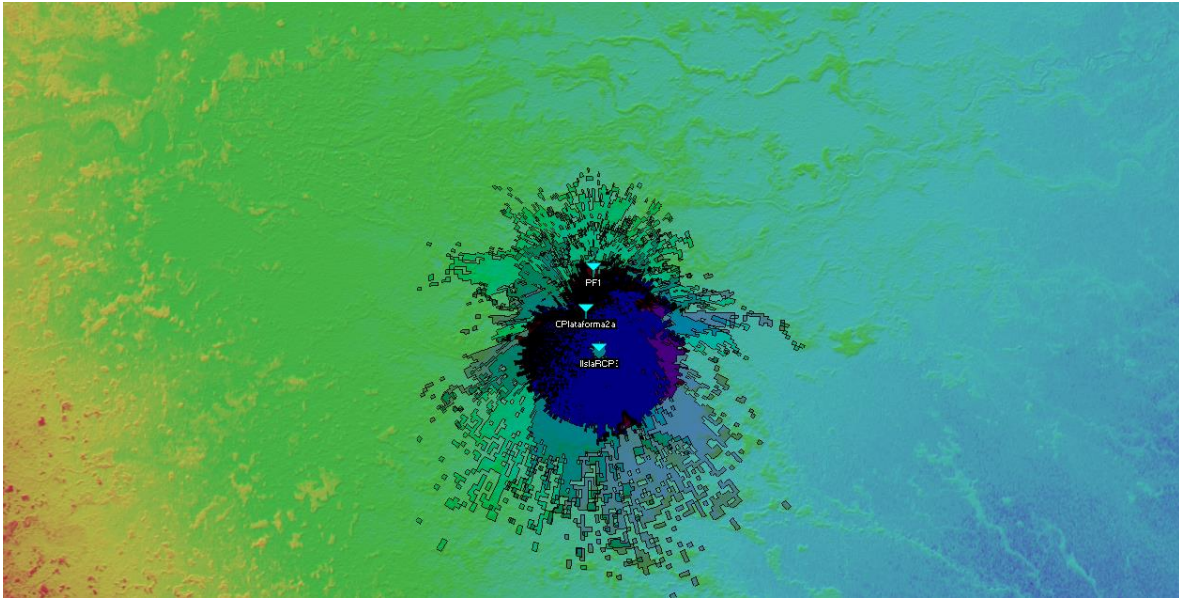


Figura 25: Patrones de radiación.

FUENTE: Autor.

Con la herramienta Radio Link del programa se puede calcular la zona de fresnel, en este caso se tiene un punto remoto móvil por lo que fue necesario establecer dos puntos remotos (Plataforma – mínima distancia , Isla – máxima distancia) y por lo tanto se obtuvieron dos zonas de fresnel.

Se obtuvo la zona de fresnel desde PF1 hasta la plataforma (Ver Figura 26), se predice que la intensidad de la señal en este punto será de -69.4 dBm igualmente se obtuvo la zona de fresnel desde PF1 hasta la isla (Ver Figura 27), de acuerdo a lo obtenido se predice que la intensidad de la señal en este punto será de -72 dBm.

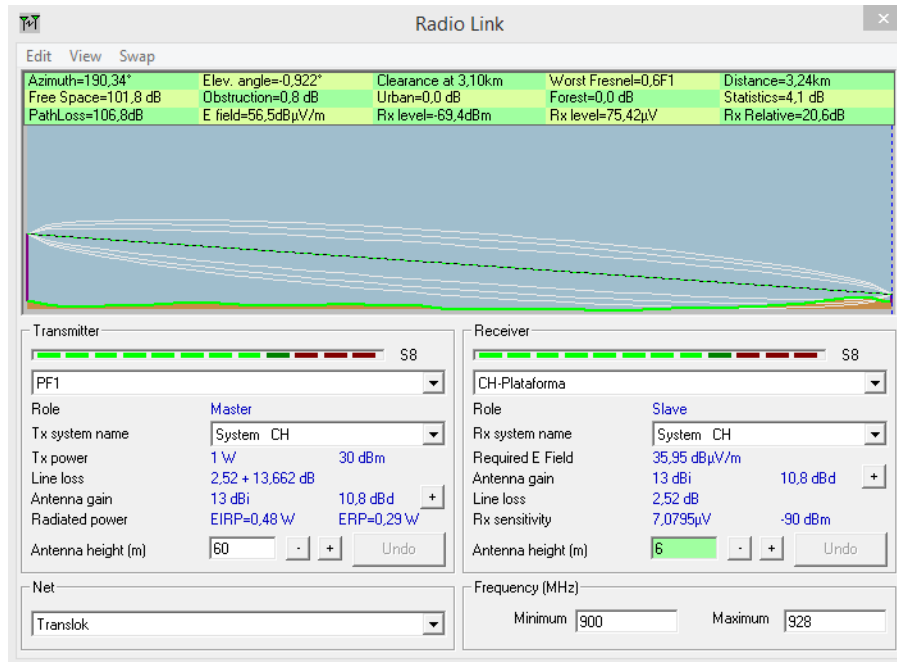


Figura 26: Zona de fresnel desde PF1 hasta la plataforma.

FUENTE: Autor.

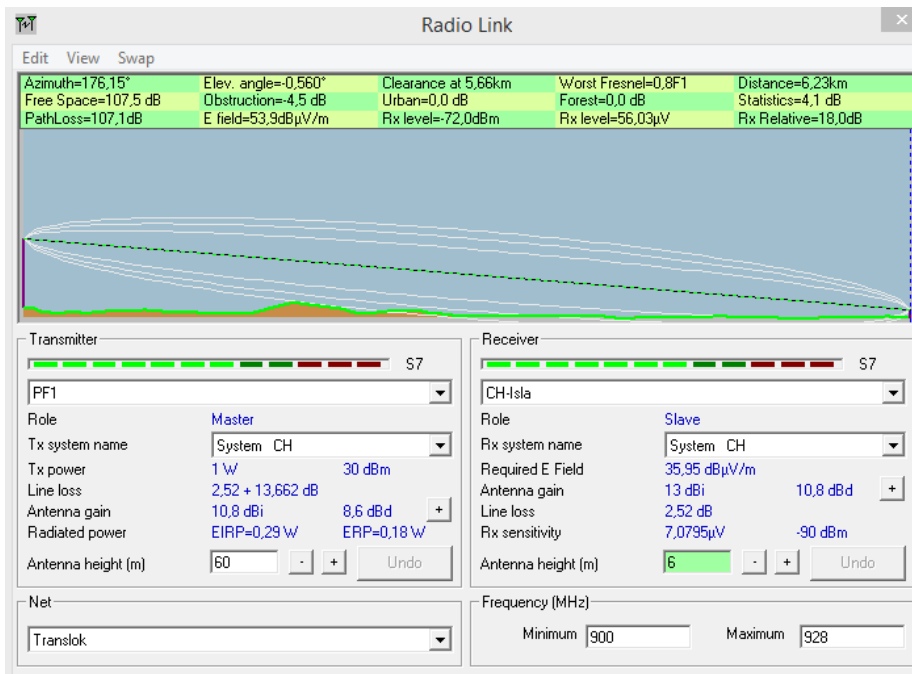


Figura 27: Zona de fresnel desde PF1 hasta la isla.

FUENTE: Autor.

3.3.2 Configuración de equipos

La topología descrita en la Figura 18, muestra 4 radios MDS, no fue necesario configurar el radio access point de PF1 ya que los equipos se conectaron a una red existente. A continuación se describirá la configuración de cada uno de los equipos, por cuestiones de privacidad los nombres de red que se darán no serán los reales, éstas configuraciones se realizaron en el software *Hyperterminal*, también se puede ingresar remotamente al radio ingresando en el *cmd* de Windows el comando *telnet* seguido por la dirección IP del equipo.

Radio MDS Remoto-Locomotora Translok

Lo principal al momento de configurar este tipo de radios es que tanto el remoto como el access point coincidan en igual subred, network y gateway o puerta de enlace, este equipo se encuentra instalado en la locomotora Translok por lo tanto éstos parámetros deben coincidir únicamente con el radio access point de chipirón.

Adicionalmente si es remoto, se debe seleccionar esa opción en los parámetros de configuración, en este caso, se estableció que la potencia de transmisión del radio remoto sería de 30dBm, la máxima potencia proporcionada por estos equipos, la velocidad por recomendación del manual se eligió como automática. Para mayor seguridad se habilitó la opción de encriptación y se configuró la clave, la cual debe ser la misma ingresada en el access point. La configuración se llevó a cabo en el software Hyperterminal.

Radio MDS Access point – Torre de Chipirón

Se ingresó la dirección IP con subred idéntica al remoto, igual *network name* con el fin de que ambos estén en la misma red, en este caso se llamará *RedNúmero1*. La potencia se configuró a un valor de 30 dBm , con el fin de asegurar un mayor alcance

debido a que la distancia desde la plataforma hasta la isla es de 3,2 Km, la velocidad se configuró en el máximo valor proporcionado por estos equipos 512 Kbps. Se ingresó la misma clave de encriptación configurada en el remoto, con el fin de que solo el remoto pueda acceder a este access point.

Radio MDS repetidor-Torre de Chipirón

Los equipos *Radio MDS Access Point Chipirón* y *Radio MDS Repetidor* se comunican mediante el puerto LAN con cable Ethernet cruzado (Ver Figura 18), el radio que actúa como repetidor fue configurado como tipo remoto al igual que el radio instalado en la locomotora, y por lo tanto detectaría dos access point , el de Chipirón y el de PF1, si esto sucede entrará en conflicto y fallará la comunicación ya que solo puede enviar la información a un solo access point. Para evitar este conflicto el nombre de red de este radio será *RedNúmero2*, igual al nombre de red del access point de PF1 al cual va dirigida la señal.

Switch MOXA EDS 405

La función de este switch es conectar el radio remoto, el PLC y la Panel View, fue necesario implementar este switch ya que el PLC de la locomotora tiene solo un puerto ethernet el cual estaba siendo utilizado por la panel view, que le permite ver al maquinista en tiempo real algunas variables del PLC, entre ellas velocidad y alarmas. Se configuró un switch en el laboratorio, al momento de instalarlo se encontró en sitio un switch de la misma referencia ya instalado, al cual se conectaban tanto el PLC como la Panel View con cable ethernet, se procedió a configurar el switch en sitio.

Se configuró de tal forma que compartiera subred, network name (*RedNúmero1*) y gateway con el remoto y por lo tanto, con el access point de chipirón.

Cambio de dirección IP del PLC y de la Panel View

Estos dos equipos funcionaban anteriormente en una red aislada, ya que el objetivo del proyecto es incluirlos a la red de automatización fue necesario cambiar su dirección IP con el fin de que compartieran subred con el resto de los equipos configurados pertenecientes al enlace.

El cambio de la dirección IP del PLC se puede efectuar mediante BOOTP si se realiza por primera vez, como éste no es el caso fue necesario utilizar el software RSLinx Classic , el procedimiento que se siguió fue conectarse con un cable Ethernet al PLC, cargar el programa y direccionarlo con una nueva IP, para esto fue necesario conseguir el mismo programa que usaba el PLC de la locomotora, ya que cualquier modificación influiría en su funcionamiento.

En el caso de la panel view el cambio de IP se efectuó en el software FactoryTalk View, en el cual se debe tener la precaución de mantener el árbol de comunicaciones.

3.3.3 Instalación de equipos

Siguiendo la topología fue necesario tener tres puntos con equipos instalados:

- ✓ Locomotora Translok.
- ✓ Torre de comunicaciones de Chipirón.
- ✓ Torre de comunicaciones de PF1.

En la torre de PF1 no fue necesario realizar la instalación o configuración de equipos, como se mencionó en la sección 3.3.2 el objetivo es conectarse a una red existente. A continuación se describirá el proceso de instalación de los equipos en

los otros dos puntos mencionados: *Locomotora Translok* y *Torre de comunicaciones de Chipirón*.

Antes de la instalación es necesario preparar los cables que conectarán al equipo con la antena, se tienen en cuenta aspectos como el tipo de antena que se va a conectar, el conector y la longitud del cable, en la torre de comunicaciones de chipirón los dos cables miden 25 metros cada uno, mientras que en la locomotora el cable mide 6 metros.

El problema que se tenía inicialmente al utilizar el *Enlace Directo* (Ver Tabla 2) era que no se tenía comunicación en la zona de parqueo debido a la altura de árboles cercanos, la longitud del cable equivale a la altura de las antenas en la torre, por lo tanto se estableció que 25 metros era la medida correcta , es importante no excederse en la longitud del cable ya que ésta medida es proporcional a las pérdidas de señal.

Preparación de cables de conexión de las antenas tipo yagi

Para este tipo de antenas se utilizó el cable RG8 y conectores tipo N macho. Se eliminó la capa aislante exterior de PVC negro y se introdujo el componente inferior del conector.



Figura 28: Vista lateral del cable RG8 con conductor externo trenzado.

FUENTE: Autor.

El conductor externo trenzado y el conductor central no pueden hacer contacto, esto significaría que están en corto, por lo tanto se debe asegurar que al colocar el conector estos dos conductores no se unan, esto se logra destrenzando el conductor externo trenzado, posteriormente se dobla hacia la cubierta plástica exterior, de esta manera queda alejado del conductor central.



Figura 29: Vista superior del cable RG8 con conductor externo des-trenzado.

FUENTE: Autor.



Figura 30: Vista lateral del cable RG8 con conductor externo des-trenzado.

FUENTE: Autor.

Se eliminó la capa dieléctrica aislante y se soldó el pin del conector al conductor central de cobre.



Figura 31: Vista lateral del cable RG8 con el pin.

FUENTE: Autor.

Se colocó la funda del conector, este elemento permite proteger la conexión de partículas externas.



Figura 32: Funda del conector.

FUENTE: Autor.



Figura 33: Vista superior de la funda del conector.

FUENTE: Autor.

Corte de antena omnidireccional

Inicialmente la antena omnidireccional funcionaba en una frecuencia de 2,4 GHz y tenía una longitud de 31.25 cm. Ésta antena debió adaptarse a las necesidades del proyecto, se trabaja en un rango de frecuencias desde 902 MHz hasta 928 MHz ya que este es el rango de funcionamiento de los radios MDS iNet 900.

Teniendo que la longitud de la antena es :

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

La equivalencia entre longitud de onda , frecuencia, y velocidad está dada por la siguiente ecuación.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Se calcula la longitud de onda obtenida en el límite inferior del rango de frecuencia.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{902 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0,3325 \text{ m} = 33,25 \text{ cm}$$

Se calcula la longitud de la antena funcionando en el mínimo valor de frecuencia.

$$L = \frac{\lambda}{4} = 8,31 \text{ cm}$$

En el límite superior del rango de frecuencia se calcula la longitud de onda obtenida.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{928 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0,3312 \text{ m} = 33,12 \text{ cm}$$

El valor obtenido anteriormente se reemplaza en la ecuación de longitud, calculando la longitud de la antena en el máximo valor de frecuencia.

$$L = \frac{\lambda}{4} = 8,03 \text{ cm}$$

Se obtuvo que la longitud de la antena en el valor máximo de frecuencia resultó menor a la calculada en el valor mínimo de frecuencia, por lo tanto se cortó a una longitud de 8,31 cm .



Figura 34: Antena omnidireccional cortada.

FUENTE: Autor.

Preparación de cables de conexión de la antena omnidireccional

Se preparó el cable de conexión del radio MDS a la antena omnidireccional, se utilizó un cable coaxial de referencia RG58 y un conector TNC.

Características del cable RG58:

- Impedancia de 50Ω.
- Malla de cobre estañado.
- Conductor estañado 19 x 0,18mm.
- Aislamiento de polietileno sólido.
- Cubierta de PVC de color negro.
- Apantallamiento: 1GHz > 65dB.
- Factor de velocidad: 0,66.
- Capacidad: 101pf /metro.
- Frecuencia máxima de trabajo: 1GHz.
- Diámetro exterior: 4,95 mm.
- Radio de curvatura: 25mm.
- Peso aproximado: 0,04 Kg/m.

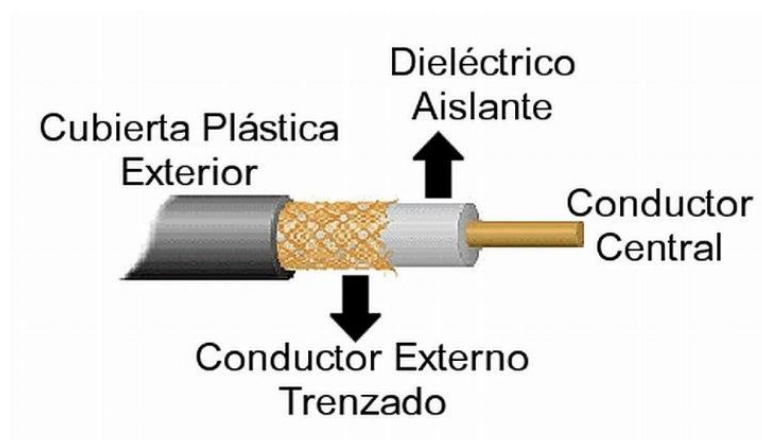


Figura 35: Partes de un cable coaxial.

FUENTE: [18]

Se procedió a eliminar parte de la capa dieléctrica aislante (Ver Figura 35) de tal forma que 2 cm aproximadamente del conductor central quedara libre.

El conductor externo trenzado y el conductor central no pueden hacer contacto, esto significaría que están en corto, por lo tanto se debe asegurar que al colocar el conector estos dos conductores no se unan, esto se logra destrenzando el conductor externo trenzado, posteriormente se dobla hacia la cubierta plástica. Se ajustó a presión el conector TNC al cable RG58.



Figura 36: Conector TNC utilizado.

FUENTE: Autor.



Figura 37: Conector TNC unido al cable RG58.

FUENTE: Autor.

Equipos en la locomotora Translok : Punto remoto móvil

La siguiente imagen muestra el PLC y la PanelView, estos equipos se encontraban previamente instalados y en funcionamiento.



Figura 38: PLC y Panel View en la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.

Se instaló el radio MDS remoto, estos equipos funcionan con un voltaje de alimentación de 13.5VDC hasta 28VDC , ya que la locomotora cuenta con una batería de 24VDC la alimentación del radio se obtuvo desde un par de borneras ubicadas en la parte superior izquierda de la Figura 31.

En la parte superior se observa el switch MOXA configurado y explicado en la sección 3.3.2 , el cual permite comunicar el PLC con la PanelView y el radio, este equipo se encuentra instalado sobre un riel mientras que el radio está atornillado a las paredes de la caja.



Figura 39: Radio remoto al interior de la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.

La antena omnidireccional se instaló en la parte superior del vehículo, en la Figura 26 se tiene la antena sobre un tubo de soporte y una platina en L, sobre esta platina se añadió una de mayor área pintada de color rojo, se aumentó el área con el fin de disminuir las pérdidas de señal, ya que de esta forma la señal no se pierde en el medio sino que rebota sobre la platina (Ver Figura 40).

El cable de la antena se ingresó hacia el interior de la locomotora por un orificio, el cual fue necesario sellarlo con silicona para evitar el ingreso de agua al interior del vehículo, el tubo de soporte se atornilló al techo, finalizando así la instalación de los equipos en la locomotora (Ver Figura 41).



Figura 40: Antena omnidireccional instalada en la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.



Figura 41: Vista superior entrada de cable de antena omnidireccional.

FUENTE: Autor.



Figura 42: Locomotora Translok con la antena omnidireccional instalada.

FUENTE: Autor.

Equipos en la torre de chipirón

En la torre de comunicaciones de chipirón se instalaron dos antenas yagi a 25 metros de altura cada una con polarización vertical, al pie de la torre se instaló una caja con los siguientes equipos:

- ✓ Radio MDS iNet 900 Access Point.
- ✓ Radio MDS iNet 900 Repetidor.
- ✓ Dos fuentes de alimentación : Suministran 24VDC a los radios.



Figura 43: Interior de la caja de equipos en la torre de chipirón.

FUENTE: Autor.

A continuación se explicarán cada uno de los puertos de los radios siguiendo el orden de izquierda a derecha:

- **Puerto LAN:** Los dos radios se comunican entre sí por este puerto, lo cual se indica en la activación del LED. Se utilizó un cable Ethernet cruzado, cortado y ponchado en el laboratorio, ya que se requería que la medida fuera exacta.
- **Puertos COM1 & COM2:** No se encuentra conectado ningún equipo a estos puertos (Ver Figura 34), sin embargo el puerto COM1 es utilizado para conectar el computador y realizar cambios en la configuración del radio, ésta conexión se da empleando un cable Ethernet directo.
- **Puerto de alimentación:** Se encuentra activado ya que las fuentes están encendidas y alimentan a los radios con 24VDC.
- **Conexión a la antena:** El LED encendido indica que el equipo se encuentra enlazado, al lado izquierdo se tiene el Access Point de chipirón enlazado con el radio Remoto en la locomotora, al lado derecho se encuentra el radio etiquetado como Repetidora, el cual se enlaza con el Access Point de PF1.

3.3.4 Estudio de la red y pruebas de estabilidad

Al tener todos los equipos configurados e instalados en sitio, el siguiente paso fue realizar las pruebas de estabilidad, con el fin de determinar la calidad de la señal en todo el tramo recorrido por la locomotora.

En el software Hyperterminal se observó la intensidad de la señal y su velocidad, y en la ventana de comandos de windows se comprobó el enlace entre el radio remoto y el gateway en el sector de PF1. El RSSI o intensidad de señal puede abarcar valores en el rango de 0 a -90dBm, al obtener un RSSI mayor a 80dBm el enlace pierde estabilidad.

Se obtuvo un RSSI de -65dBm al encontrarse la locomotora en el punto de parqueo (Ver Figura 44), la potencia configurada se visualiza en la interfaz del software, en este caso se configuró en su máximo valor 30dBm, la velocidad se mantuvo en un valor de 256 kbps.

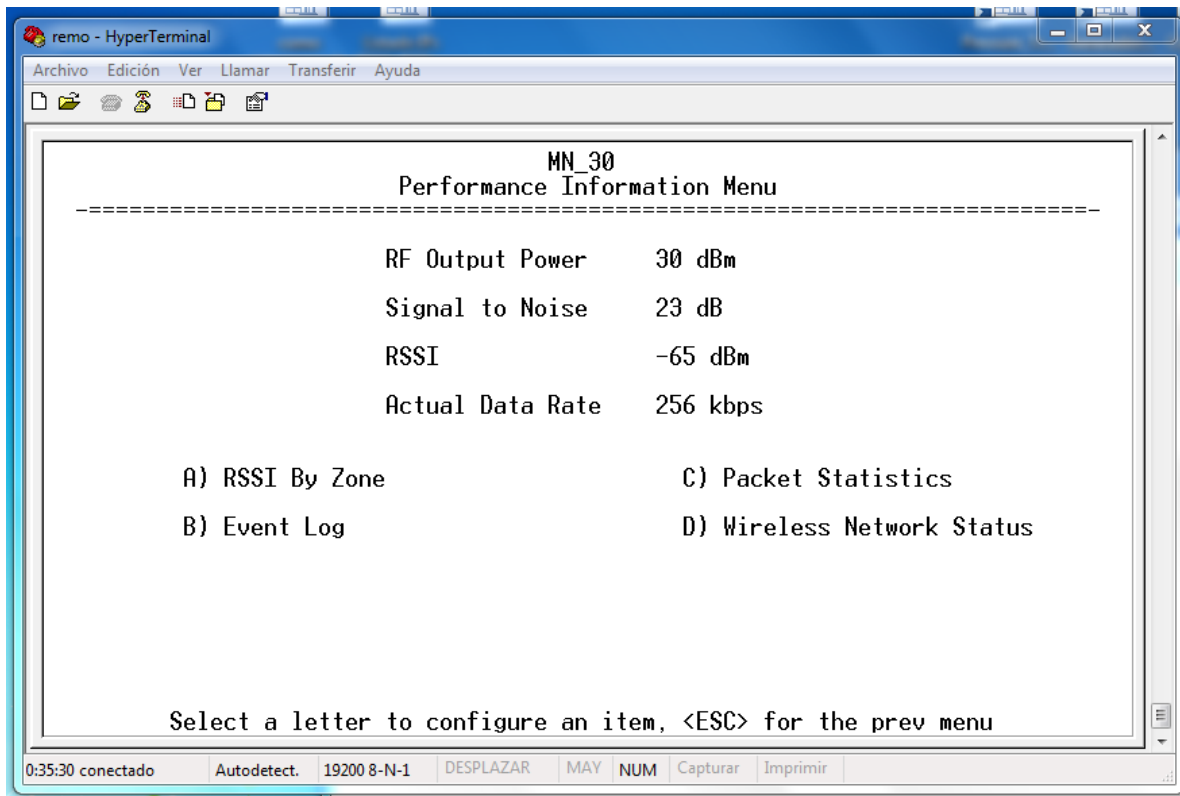


Figura 44: Resultados obtenidos por HyperTerminal.

FUENTE: Autor.

La locomotora avanzó, apartándose del punto de parqueo, y por lo tanto de la torre de chipirón, lo cual influye en el RSSI, ya que a mayor distancia aumenta la magnitud, en este caso varió de -65dBm a -69dBm (Ver Figura 45), permaneciendo en el rango de óptimo funcionamiento.

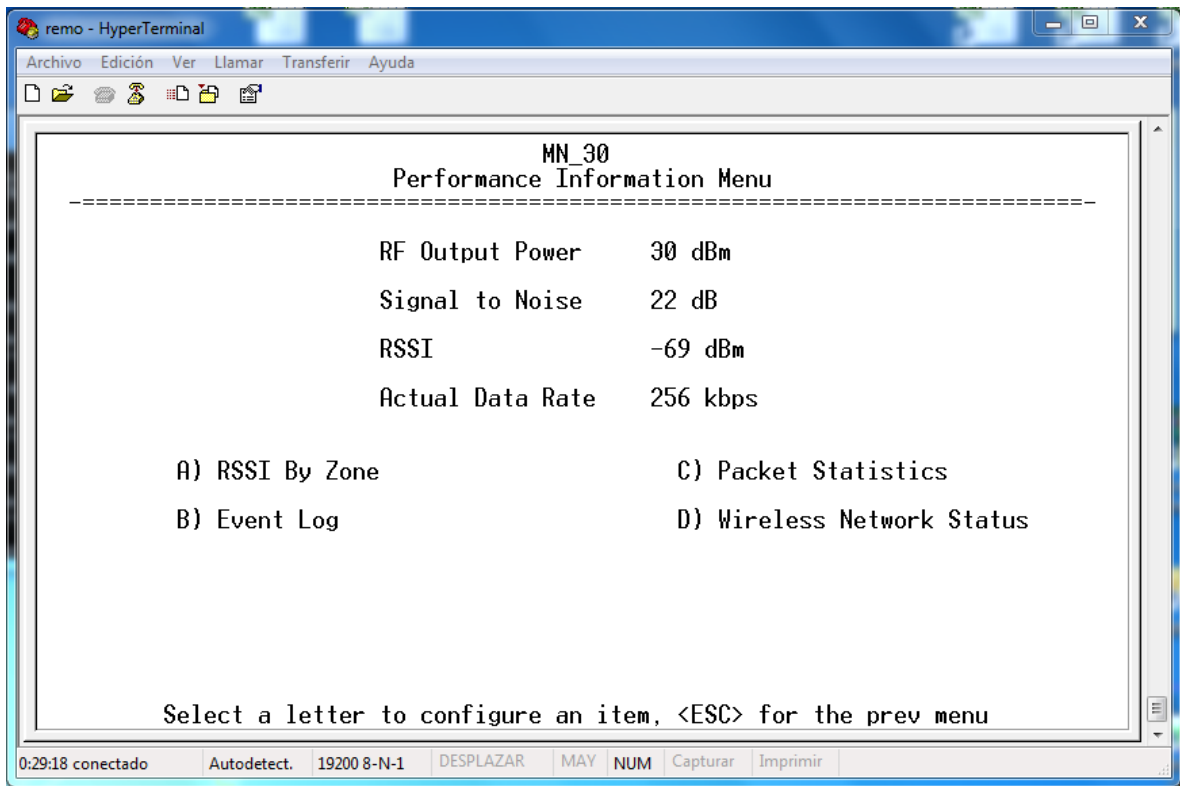


Figura 45: Resultados obtenidos por HyperTerminal.

FUENTE: Autor.

Se realizó una prueba de comunicación con el gateway en PF1 mediante la ventana de comandos de windows utilizando la herramienta PING (Ver Figura 46). A medida que la locomotora se acerca a la isla el RSSI aumenta en magnitud, sin embargo este valor se mantiene en el rango deseado.

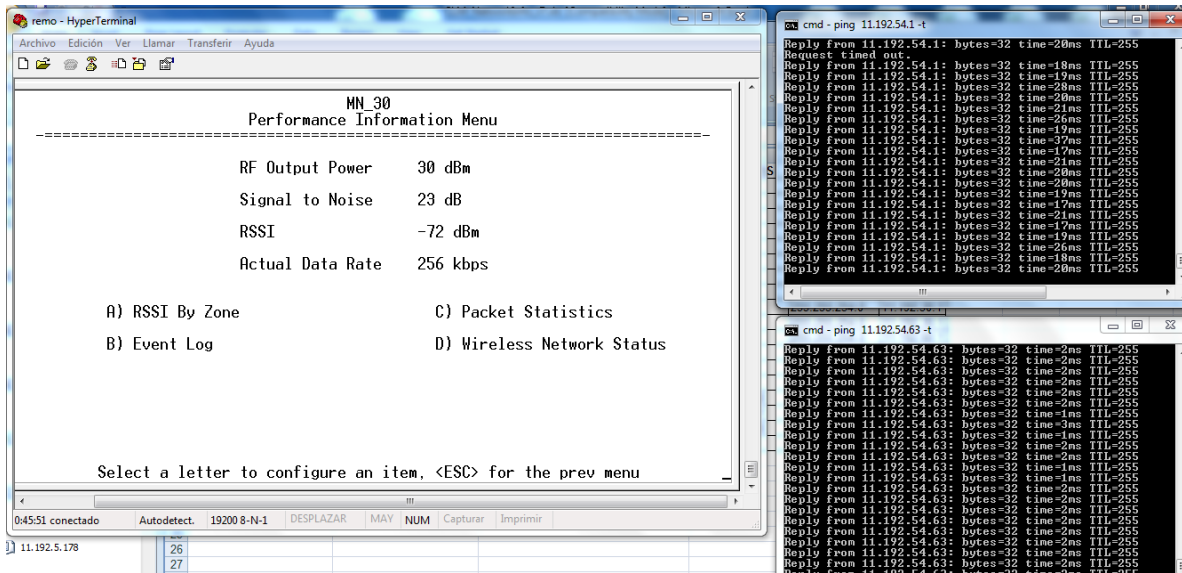


Figura 46: Prueba de comunicación a PF1.

FUENTE: Autor.

3.3.5 Conexión del plc a la red de automatización

Desde la estación de monitoreo de PF1 se comprobó la estabilidad del enlace con el comando PING del cmd de Windows. Desde PF1 hasta Chipirón el primer equipo que ve el access point de PF1 es el radio repetidor, se obtuvo un tiempo de respuesta promedio de 25ms, se recibieron los cuatros paquetes enviados, teniendo un porcentaje de 0% en pérdida, el *time to live* obtenido fue de 254 (Ver Figura 47).

El siguiente equipo es el Access Point ubicado en la torre de chipirón, se obtuvo un tiempo de respuesta de 90ms mayor al obtenido en el radio repetidor, dando un total de 128ms en el primero de cuatro paquetes(Ver Figura 48).

```
GA. Command Prompt
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\UserName>ping IP REPETIDOR

Pinging IP REPETIDOR with 32 bytes of data:
Reply from IP REPETIDOR: bytes=32 time=38ms TTL=254
Reply from IP REPETIDOR: bytes=32 time=13ms TTL=254
Reply from IP REPETIDOR: bytes=32 time=36ms TTL=254
Reply from IP REPETIDOR: bytes=32 time=13ms TTL=254

Ping statistics for IP REPETIDOR:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 13ms, Maximum = 38ms, Average = 25ms

C:\Users\UserName>
```

Figura 47: Conexión al repetidor.

FUENTE: Autor.

```
C:\Users\UserName>ping IP AP TRANSLOK

Pinging IP AP TRANSLOK with 32 bytes of data:
Reply from IP AP TRANSLOK: bytes=32 time=128ms TTL=254
Reply from IP AP TRANSLOK: bytes=32 time=18ms TTL=254
Reply from IP AP TRANSLOK: bytes=32 time=21ms TTL=254
Reply from IP AP TRANSLOK: bytes=32 time=18ms TTL=254

Ping statistics for IP AP TRANSLOK:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 18ms, Maximum = 128ms, Average = 46ms
```

Figura 48: Conexión access point de chipirón.

FUENTE: Autor.

Posteriormente la señal se detecta por la antena omnidireccional de la locomotora, conectada al Radio Remoto Translok, al realizarse ping a este equipo, el tiempo de respuesta obtenido en el primer paquete fue 112ms mayor al obtenido en el equipo anterior, dando un total de 240ms.

```
C:\Users\UserName >ping IP RADIO TRANSLOK

Pinging IP RADIO TRANSLOK with 32 bytes of data:
Reply from IP RADIO TRANSLOK : bytes=32 time=240ms TTL=254
Reply from IP RADIO TRANSLOK : bytes=32 time=32ms TTL=254
Reply from IP RADIO TRANSLOK : bytes=32 time=29ms TTL=254
Reply from IP RADIO TRANSLOK : bytes=32 time=31ms TTL=254

Ping statistics for IP RADIO TRANSLOK:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 29ms, Maximum = 240ms, Average = 83ms
```

Figura 49: Conexión al radio de la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.

Por último, se revisó la conexión al PLC, se obtuvo el resultado esperado ya que no se perdió ningún paquete , 4 enviados y 4 recibidos como se puede observar en la siguiente figura. Dentro de este enlace el PLC es el equipo más lejano al radio Access Point de PF1 , por lo tanto el tiempo de respuesta en el primer paquete supera a los obtenidos en los equipos analizados anteriormente en esta sección.

```
C:\Users\UserName >ping IP PLC

Pinging IP PLC with 32 bytes of data:
Reply from IP PLC : bytes=32 time=304ms TTL=63
Reply from IP PLC : bytes=32 time=30ms TTL=63
Reply from IP PLC : bytes=32 time=33ms TTL=63
Reply from IP PLC : bytes=32 time=28ms TTL=63

Ping statistics for IP PLC:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 28ms, Maximum = 304ms, Average = 98ms
```

Figura 50: Conexión al PLC de la locomotora Translok.

FUENTE: Autor.

3.3.6 HMI

Diseño en PI ProcessBook

En el software *PI ProcessBook* se diseñó la interfaz gráfica del proyecto, la cual incluye todas las señales de entrada y salida del PLC. El controlador consta de 6 módulos, la interfaz se diseñó con el objetivo de que fuera amigable con el usuario, debido a esto se separaron las señales tal y como se encuentran de manera física, es decir, se separaron por módulos, y se indicó si el módulo contiene ya sea entradas o salidas, de tipo análogas o digitales.

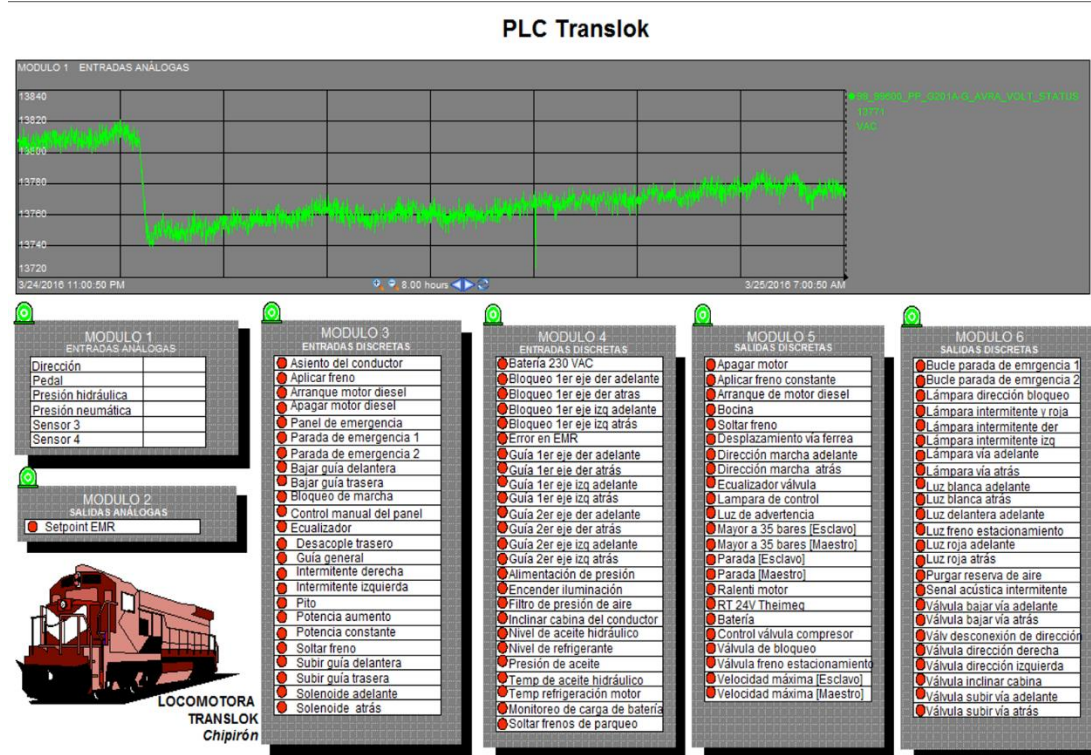


Figura 51: HMI.

FUENTE: Autor.

Adicionalmente en la parte superior de la pantalla el usuario encontrará el *trending* de la señal análoga que desea visualizar, con un histórico de 8 horas. El objeto en verde en la parte superior de cada uno de los 6 módulos indica según su color si el módulo entra en falla (cambia a color rojo) o funciona correctamente (permanece en color verde). El módulo 1 contiene 6 señales análogas, los demás módulos contienen señales digitales.

Creación de tags en PI

Debido a que el objetivo del HMI es que el usuario pueda monitorear el PLC visualizando el comportamiento de la locomotora, los objetos de la interfaz que indican el estado de una variable deben estar asociados a un tag en PI, y a su vez este tag debe estar asociado a la variable en el programa del PLC.

La información va desde el equipo en campo, en este caso el PLC, y para lograr visualizarla en la plataforma online de Coresight debe seguir la ruta mostrada en la Figura 52. En total fueron 102 tags creados en este proyecto.

El software Top Server recibe los datos de campo, en él se creó un canal ETH el cual direcciona únicamente los datos del PLC de la locomotora Translok. La empresa utiliza el sistema PI a nivel global en todas sus instalaciones, OXY Caño Limón utiliza además pantallas creadas en iFix, en el estándar OPC el *OPC Client* de iFix se desarrolla en el software Power Tool, mientras que si se requieren datos que estén en la base de datos de PI se deben direccionar al *OPCIntSWT*, posteriormente los datos serán recogidos por el servidor de PI Caño limón en donde se podrá dar inicio al proceso de creación de tags.

Para crear los tags se ingresa al servidor de PI Caño Limón, se accede al programa *PI System Management Tools*, en la sección Point → Point Builder se ingresan los parámetros deseados, y en la sección Current Values se puede observar el valor actual y a que servidor está direccionado.

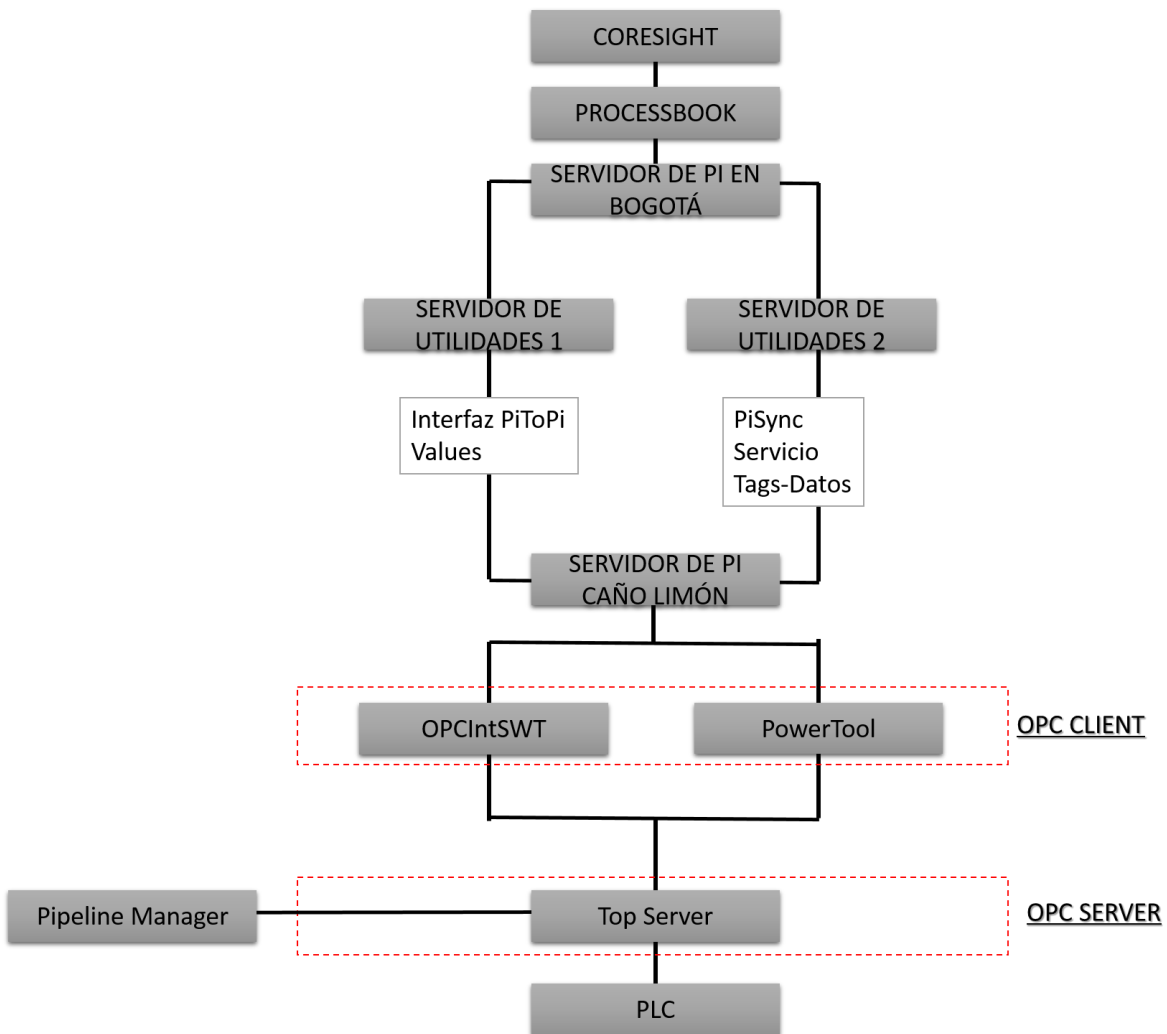


Figura 52: Ruta de datos.

FUENTE: Autor.

Una vez garantizado el funcionamiento de los tags, se deberá esperar un tiempo para su actualización con el servidor de Bogotá, parámetros como la configuración de los tags viajarán por el *Servidor de utilidades #2*, mientras que el valor o estado de la señal viajará por el *Servidor de utilidades #1*(Ver Figura 52).

En este momento la empresa en OXY Caño Limón transmite señales en 29273 tags en una sola interfaz ubicada en el Servidor de utilidades #1, lo recomendable por OSISoft PI System son 5000 tags, debido a esto se presenta un retraso considerable en la sincronización de las bases de datos de los servidores de Bogotá y Caño Limón.

Direccionamiento de objetos

Una vez se tiene creada la interfaz y los tags el siguiente paso consiste en vincularlos entre sí, para esto cada objeto se direcciona al tag respectivo.

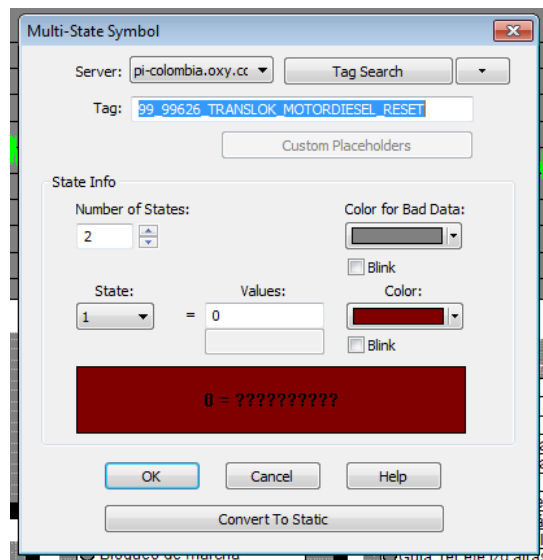


Figura 53: Ventana Multi-State Symbol en ProcessBook.

FUENTE: Autor.

En la ventana *Multi-State Symbol* (Ver Figura 53) se observa un ejemplo de direccionamiento de objetos, en este caso el objeto está vinculado a un tag digital, por lo tanto tiene dos estados, *activo* o *inactivo*, él estado se configura al momento de crear el tag.

En la sección *Server* se seleccionó el servidor de PI en Bogota(Ver Figura 53) , luego se introduce el nombre exacto del tag al cual va estar direccionado el objeto, en la sección *State Info* se establece que el objeto tendrá dos estados de comportamiento, en caso de que no exista comunicación con el PLC , es decir, que la locomotora esté apagada, el estándar de visualización de la compañía exige que cualquier elemento en una interfaz se muestre en color gris(*Color for bad data*). En la sección *State* se selecciona el color y valor para el estado 1 ó 2.

El resultado del direccionamiento se puede observar en la Figura 54, en donde se reconoce que la locomotora se encuentra apagada, ya que los objetos se encuentran en color gris y el *trending* en la parte superior no contiene históricos.

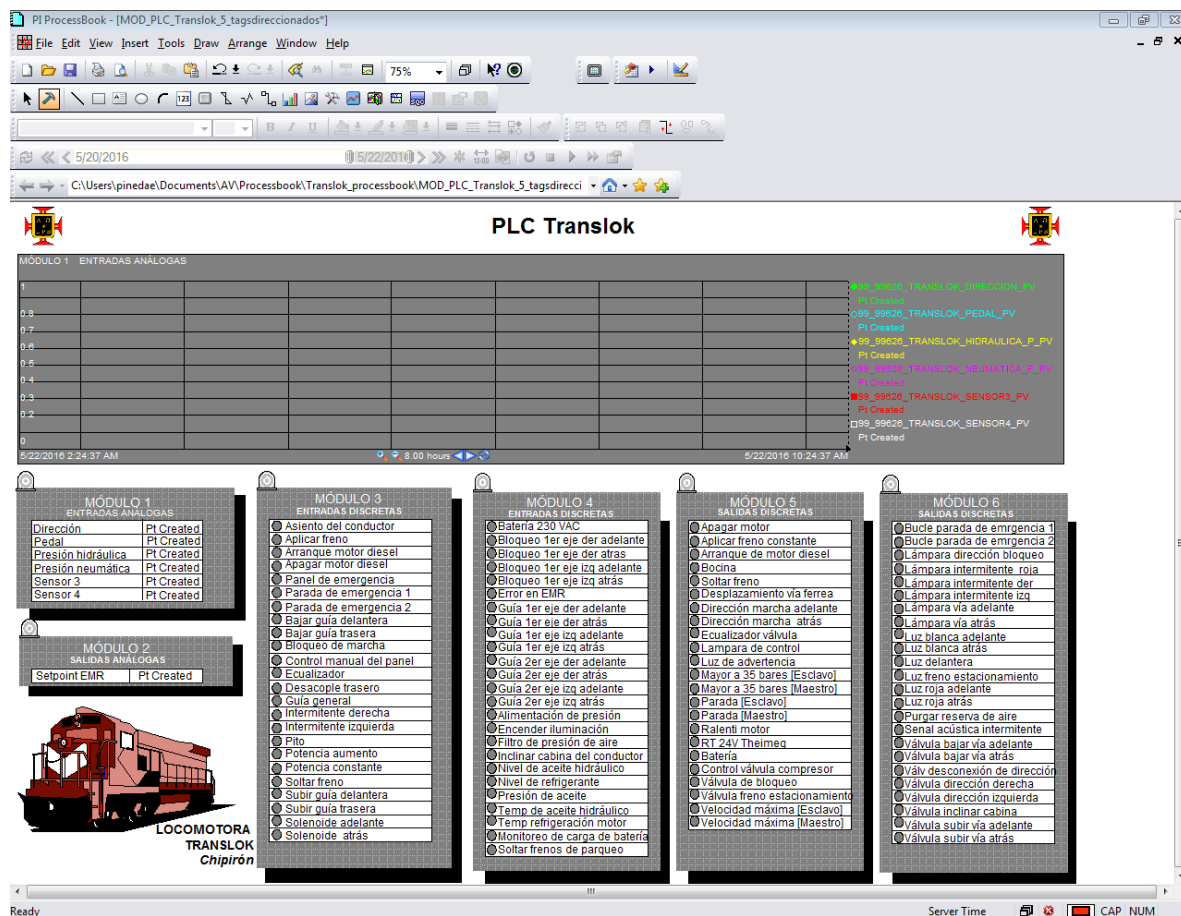


Figura 54: HMI con objetos direccionados.

FUENTE: Autor.

4. MONITOREO PREDICTIVO DE MÁQUINAS MIRRLESS

4.1 NECESIDAD DEL USUARIO

Las máquinas Mirrless son usadas en el área de generación de energía, con el fin de ayudar a la labor de mantenimiento preventivo y correctivo se creó un predictivo de fallas visualizado en Excel con código en Microsoft Visual Basic. El propósito de este proyecto consistió en crear un predictivo con visualización en Coresight, la plataforma online del sistema PI para que cualquier usuario con acceso a la red de OXY lo pudiera analizar, sin importar su ubicación geográfica.

4.2 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1 Potencia activa

La primera condición de análisis es que la potencia activa de la máquina esté por encima de 7.8 KW ya que si se encuentra en un valor menor significa que la máquina está apagada.

4.2.2 Vibración en el carrier A y B por separado

Se comparó el valor actual de la vibración del carrier con el promedio de los valores de las últimas 6 horas, esto se logra introduciendo la ecuación en la sección Point->Point Builder->ExDesc del programa *Pi Managment Tools*, el resultado será un dato digital.

Siendo X el valor en Gs de la vibración actual y T el 10% del valor actual:

$$T = 0.1X$$

Se calculó el equivalente cuando la vibración es el 10% *mayor* a su valor actual:

$$X + T = X - 0.1X = 1.1X$$

Se calculó el equivalente cuando la vibración es el 10% *menor* a su valor actual:

$$X - T = X - 0.1X = 0.9X$$

Se construyó la condición de funcionamiento normal, siendo *AvgTag* el nombre del tag que contiene el promedio de vibraciones en las últimas 6 horas, creado previamente, y *Tag* el nombre del tag que contiene el valor actual de la vibración, ya sea del carrier A o B.

$$1.1[AvgTag] > Tag > 0.9[AvgTag]$$

Si se cumple la condición el bit tomará el valor de 1, lo cual indica que la máquina se encuentra en funcionamiento normal, ya que la vibración actual no se ha sobrepasado ni disminuido al 10%, mientras que 9 sería el valor de alarma.

4.2.3 Temperatura de cilindros de los bancos A y B por separado

Esta es la única de las variables que tiene 3 condiciones, existen 8 cilindros en cada uno de los bancos A y B, teniéndose un tag para la temperatura en cada uno de los cilindros(8 tags en cada uno de los bancos), se procede a crear el tag del promedio entre los 8 cilindros, es decir, se tienen 2 tags de promedios, uno para el banco A y otro para el banco B. Una vez creados éstos tags con los parámetros de location, digital set, point source, entre otros, se crean los tags de condiciones de alarmas.

La primera condición es la diferencia de temperatura entre los bancos A y B, la cual no puede ser superior a 50°f. La segunda condición define si alguno de los cilindros tiene alta temperatura, se cumple cuando la temperatura del cilindro supera a la

temperatura promedio del banco en 50°f. La tercera condición define si alguno de los cilindros presenta baja temperatura, se cumple cuando la temperatura del cilindro es menor a la temperatura promedio del banco menos 70°f.

4.2.4 Velocidad de turbos A y B por separado

Se estableció que la diferencia entre las velocidades de los turbos A y B no puede superar el valor de 500 rpm.

4.2.5 Presión de carga

Se estableció que la diferencia entre las presiones de los turbos A y B no puede superar el valor de 40 unidades.

4.3 DISPLAYS EN PROCESSBOOK

Se creó una interfaz con el fin de visualizar valores instantáneos, promedios de variables, condiciones de operación y su estado en bits(Ver Figura 55).

El siguiente paso para la construcción del reporte fue agregar la tabla que incluye los datos de la máquina(Ver Figura 56), en total son 7 máquinas Mirrless, a continuación se observará el comportamiento en un instante de la máquina A. La tabla solo contiene el estado y el comentario que le indica al usuario cual es la falla.

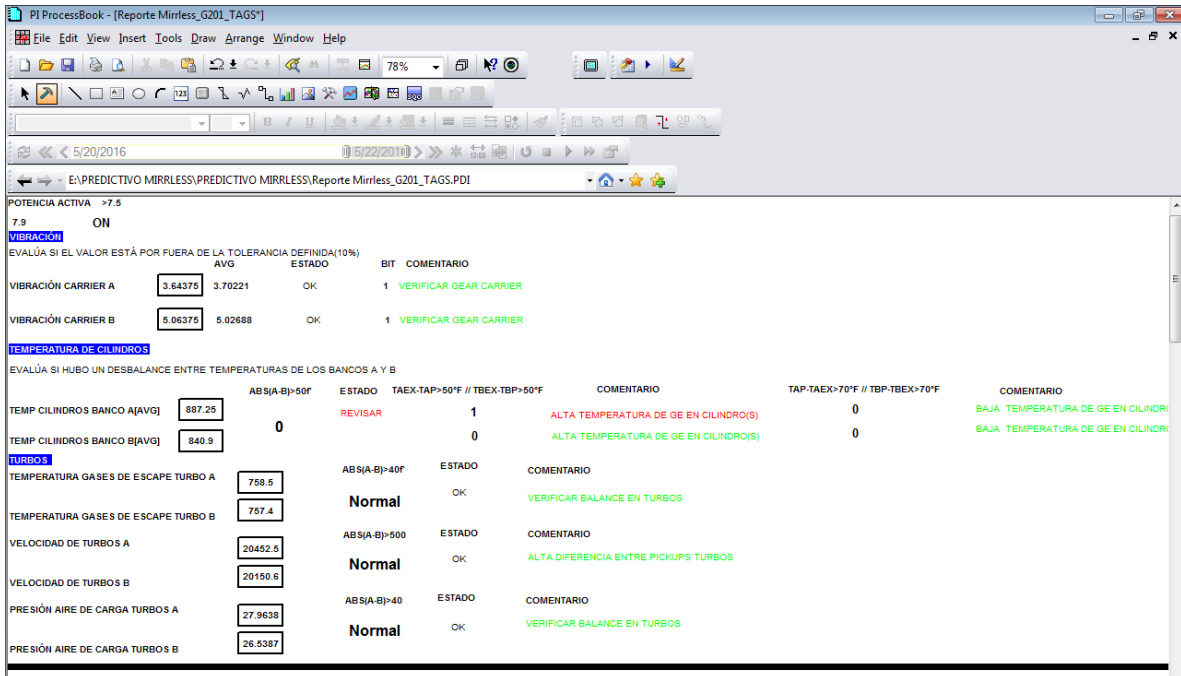


Figura 55: Estado de las variables del predictivo.

FUENTE: Autor.

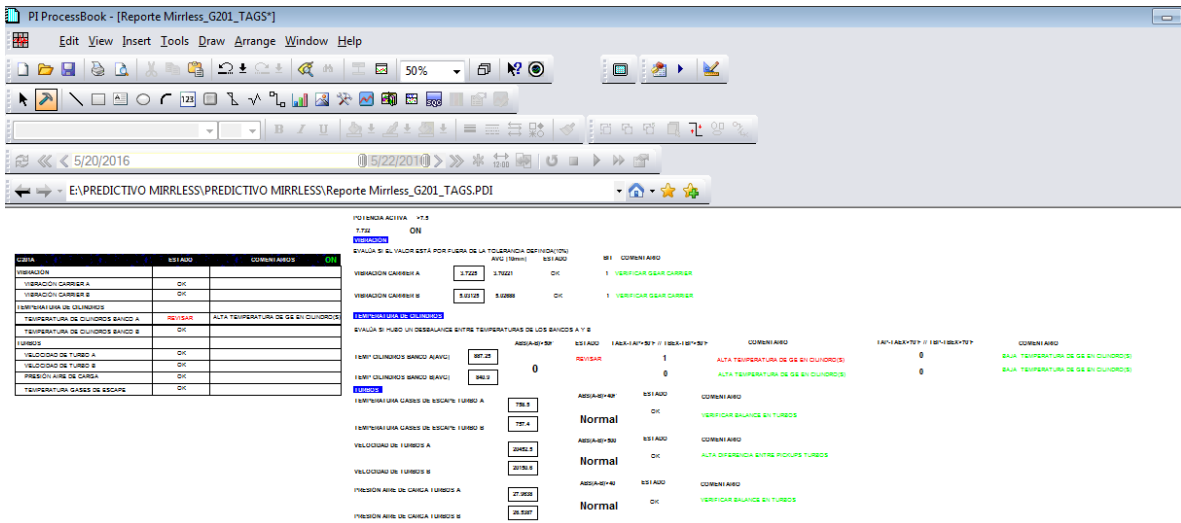


Figura 56: Tabla de estados de la máquina A.

FUENTE: Autor.

Se desarrolló el mismo modelo de la figura 56 para cada una de las 7 máquinas (Ver Figura 57).

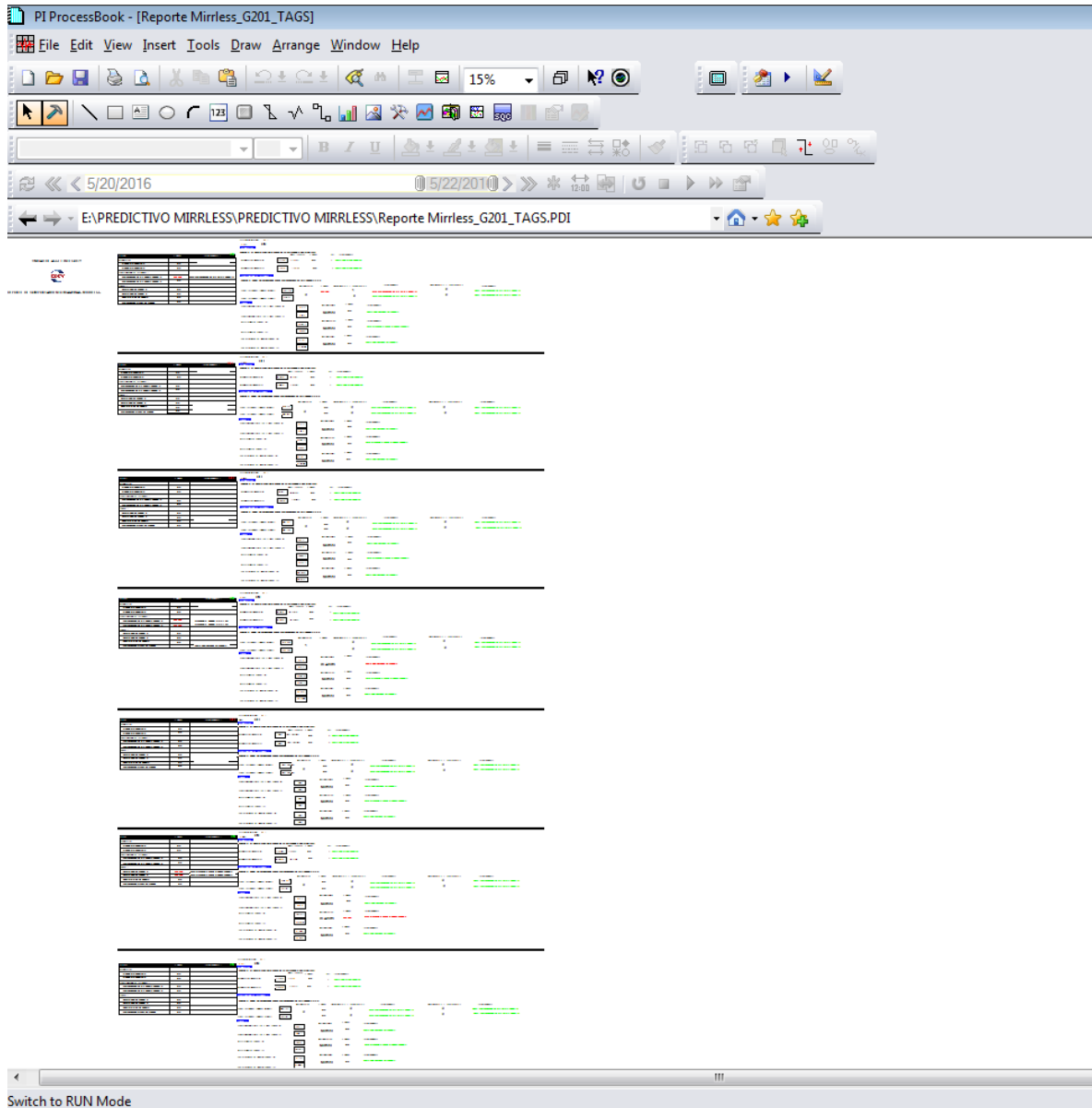


Figura 57: Visualización del estado de las variables en todas las máquinas.

FUENTE: Autor.

El siguiente paso fue construir el reporte en base a las tablas de las máquinas, ya que el display mostrado en la Figura anterior no se creó con el fin de ser publicado en Coresight.

4.4 RESULTADO FINAL

El predictivo final muestra el estado de cada una de las variables, en caso de producirse una alarma el estado pasa de OK a REVISAR en color rojo intermitente, adicionalmente se realiza un análisis se la potencia activa de cada máquina indicando en la parte superior de las tablas si las máquinas están encendidas o apagadas.


REPORTE DE COMPORTAMIENTO MÁQUINAS MIRRLESS			G201A ESTADO COMENTARIOS ON		
			VIBRACION		
			VIBRACION CARRIER A	OK	
			VIBRACION CARRIER B	OK	
			TEMPERATURA DE CILINDROS		
			TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A		ALTA TEMPERATURA DE G EN CILINDRO(S)
			TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK	
			TURBOS		
			VELOCIDAD DE TURBO A	OK	
			VELOCIDAD DE TURBO B	OK	
			PRESION AIRE DE CARGA	OK	
TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK				
G201B ESTADO COMENTARIOS OFF			G201C ESTADO COMENTARIOS OFF		
VIBRACION			VIBRACION		
VIBRACION CARRIER A	OK		VIBRACION CARRIER A	OK	
VIBRACION CARRIER B	OK		VIBRACION CARRIER B	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS			TEMPERATURA DE CILINDROS		
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A	OK		TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK		TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK	
TURBOS			TURBOS		
VELOCIDAD DE TURBO A	OK		VELOCIDAD DE TURBO A	OK	
VELOCIDAD DE TURBO B	OK		VELOCIDAD DE TURBO B	OK	
PRESION AIRE DE CARGA	OK		PRESION AIRE DE CARGA	OK	
TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK		TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK	
G201D ESTADO COMENTARIOS ON			G201E ESTADO COMENTARIOS OFF		
VIBRACION			VIBRACION		
VIBRACION CARRIER A	OK		VIBRACION CARRIER A	OK	
VIBRACION CARRIER B	OK		VIBRACION CARRIER B	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS			TEMPERATURA DE CILINDROS		
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A		DIFERENCIA BANCO A Y B + 30'	TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B		DIFERENCIA BANCO A Y B + 30'	TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK	
TURBOS			TURBOS		
VELOCIDAD DE TURBO A	OK		VELOCIDAD DE TURBO A	OK	
VELOCIDAD DE TURBO B	OK		VELOCIDAD DE TURBO B	OK	
PRESION AIRE DE CARGA	OK		PRESION AIRE DE CARGA	OK	
TEMPERATURA GASES DE ESCAPE		VERIFICAR BALANCE EN TURBOS	TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK	
G201F ESTADO COMENTARIOS ON			G201G ESTADO COMENTARIOS ON		
VIBRACION			VIBRACION		
VIBRACION CARRIER A	OK		VIBRACION CARRIER A	OK	
VIBRACION CARRIER B	OK		VIBRACION CARRIER B	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS			TEMPERATURA DE CILINDROS		
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A	OK		TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO A	OK	
TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK		TEMPERATURA DE CILINDROS BANCO B	OK	
TURBOS			TURBOS		
VELOCIDAD DE TURBO A		ALTA DIFERENCIA ENTRE PICKUPS TURBOS	VELOCIDAD DE TURBO A	OK	
VELOCIDAD DE TURBO B		ALTA DIFERENCIA ENTRE PICKUPS TURBOS	VELOCIDAD DE TURBO B	OK	
PRESION AIRE DE CARGA	OK		PRESION AIRE DE CARGA	OK	
TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK		TEMPERATURA GASES DE ESCAPE	OK	

Figura 58: Predictivo de máquinas mirrless.

FUENTE: Autor.

5. APORTES AL CONOCIMIENTO

Las actividades realizadas en la práctica empresarial de Ingeniería Electrónica en Occidental Petroleum Corporation reforzaron los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso educativo en la Universidad Pontificia Bolivariana, principalmente en las áreas de redes, telecomunicaciones y antenas, debido a la necesidad de realizar un estudio de topología para la implementación de un enlace vía microondas.

Los proyectos implementados permitieron ampliar conocimientos referentes a sistemas SCADA y automatización de equipos, en las cuales se analizó el proceso de comunicación de un equipo en campo con la red de automatización. El análisis del funcionamiento de las estaciones de control y monitoreo permitió obtener conocimientos referentes a la implementación de interfaces de visualización.

Se adquirieron conocimientos referentes a la configuración de radios MDS, preparación de cables coaxiales para conexión de antenas, configuración de árboles de comunicación en equipos, en este caso en la Panel View de Rockwell, la implementación de un radio enlace permitió reforzar los conocimientos adquiridos en el proceso educativo referentes a patrones de radiación de antenas directivas y omnidireccionales.

Adicionalmente los proyectos realizados como practicante permitieron obtener conocimientos referentes al diseño de interfaces en PI, teniendo en cuenta que es necesario usar tags y de esta manera direccionar los objetos creados en la interfaz, en el proceso de creación de tags se adquirieron conocimientos referentes a interfaces que relacionan servidores PiToPi.

6. CONCLUSIONES

- Los valores obtenidos de RSSI en el proyecto de monitoreo de la locomotora se encuentran dentro del rango de óptimo funcionamiento ya que no superan la magnitud de -80dBm.
- El punto de parqueo de la locomotora en la plataforma se encuentra rodeado de vegetación espesa que no es reconocida por los software Radio Mobile y Google Earth, ya que estos programas solo reconocen perfiles de elevación, este tipo de vegetación complica la transmisión de señal en ese punto.
- Al instalar una antena se debe tener cuenta si es de tipo monopolo o directiva, se pensaría que a mayor altura mayor alcance, pero no es recomendable exceder la altura ya que es directamente proporcional a la longitud del cable y esto influye en las perdidas de señal.
- Algunas funciones de PI ProccessBook no están disponibles para ser visualizadas en PI Coresight lo cual se debe tener en cuenta al momento de diseñar la pantalla.
- La distancia y las condiciones climáticas afectan la calidad del enlace, se observó que la lluvia afecta el tiempo de respuesta en los paquetes haciéndolo más lento.
- La conexión de dos radios MDS por el puerto LAN no es efectiva si se realiza con un cable Ethernet directo, el resultado esperado se obtuvo utilizando un cable Ethernet cruzado.
- Las antenas directivas proporcionaron mayor alcance que la antena omnidireccional, se tuvo en cuenta que trabajan a la misma frecuencia y bajo las mismas condiciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://www.oxy.com/OurBusinesses/OilandGas/Pages/default.aspx>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[2] <http://www.significados.com/telecomunicaciones/>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[3] <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=24>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[4] <http://www.telecomhall.com/es/que-es-antena.aspx>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[5] <http://www.neoteo.com/antena-yagi>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[6] <http://definicion.de/cable-coaxial/>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[7] <http://www.lacuevawifi.com/manuales/cables-ethernet-cruzados-y-directos/>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[8] http://www.rocatek.com/forum_plc1.php

Fecha de consulta: 11/06/2016

[9] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

Fecha de consulta: 11/06/2016

[10] <http://www.todoantenas.cl/perdidas-coaxial.html>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[11] Informática y comunicaciones de la empresa – Carmen de Pablos, Editorial EDIC, Madrid 2004.

[12] http://www.osisoft.com/software-support/what-is-pi/What_Is_PI.aspx

Fecha de consulta: 11/06/2016

[13] <https://www.osisoft.com/software-support/products/products.aspx>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[14] http://www.osisoft.com/software-support/products/PI_to_PI_Interface.aspx

Fecha de consulta: 11/06/2016

[15] <https://techsupport.osisoft.com/Products/PI-Server>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[16] <http://www.osisoft.com/software-support/what-is-pi/Visualize.aspx>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[17] <http://www.opcdatahub.com/WhatIsOPC.html>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[18] <https://informaticalauradm.wordpress.com/2014/10/03/fabricando-cables-de-red/>

Fecha de consulta: 11/06/2016

[19] http://www.rocatek.com/forum_plc1.php

Fecha de consulta: 11/06/2016

[20]<http://www.oxy.com/OurBusinesses/OilandGas/LatinAmerica/Pages/Colombia.aspx>

Fecha de consulta: 11/06/2016