

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA



**“DESARROLLO DE SOFTWARE SCADA RS-VIEW PARA LA VIRTUALIZACIÓN
DE UN PATIO DE LLAVES APLICADO A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA”**

Tesis presentada por el Bachiler:

JESÚS BENAVENTE MANRIQUE

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO

AREQUIPA-PERÚ

2014

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron mi educación.

A mi esposa Karín por su apoyo incondicional.

A mis hijos Imanol y Jesús.



ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. HIPOTESIS	3
4. ALCANCE	3
5. ANTECEDENTES	3
5.1 EL SECTOR ELÉCTRICO PERUANO.....	3
5.2 NORMATIVA LEGAL.....	4
6. RECURSOS	6
6.1 EQUIPOS Y SOFTWARE UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL PATIO DE LLAVES VIRTUAL.....	6
6.2 EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN QUE INTERACTUAN CON EL PATIO DE LLAVES VIRTUAL.....	10
7. MARCO TEÓRICO	14
7.1 SISTEMA DE TELECONTROL.....	14
7.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE TELECONTROL.....	14
7.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELECONTROL.....	14
7.3.1 ESTACIÓN PRINCIPAL.....	14
7.3.1 ESTACIÓN REMOTA.....	15

7.3.3 ESTACIÓN SECUNDARIA.....	15
7.3.4 SISTEMA SCADA.....	15
7.3.5 MEDIOS DE COMUNICACIÓN.....	15
7.4 SISTEMA DE SUPERVISIÓN SCADA RSVIEW 32 ALLEN BRADLEY...	15
7.4.1 DESCRIPCIÓN.....	15
7.4.2 RS LINX Y EL SERVICIO DE CONEXIÓN DDE.....	16
7.5 SISTEMA SCADA SPECTRUM POWER CC SIEMENS.....	16
7.5.1 DESCRIPCIÓN.....	16
7.5.2 FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA SCADA.....	17
7.5.3 FUNCIONES AVANZADAS DEL SISTEMA SCADA.....	17
7.6 UNIDAD TERMINAL REMOTA.....	18
7.6.1 CONCEPTO.....	18
7.6.2 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA SAI TEL 2000.....	18
7.6.3 INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA (HMI).....	22
7.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	22
7.7.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PLC.....	23
7.7.2 PROGRAMACIÓN EN PLC.....	28
7.8 SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR ONDA PORTADORA (OPLAT) DIMAT.....	33
7.8.1 ONDA PORTADORA PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN.....	33
7.8.2 TIPOS DE ACOPLAMIENTO.....	35
7.9 SISTEMA DE COMUNICACIÓN SERIAL A TRAVÉS DE MODEM.....	36
7.9.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	36
7.9.2 COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA INTERFAZ RS-232.....	39
7.9.3 MODULACIÓN FSK.....	40

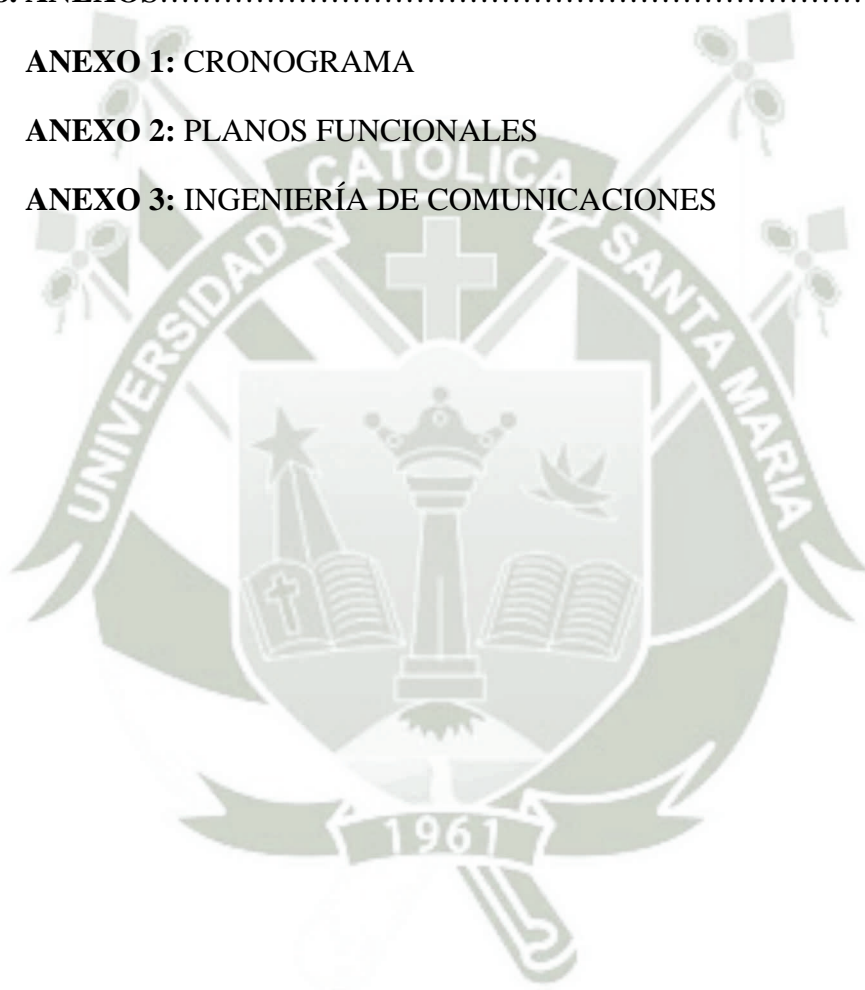
7.10 SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN HORARIA GPS.....	41
7.11 RELÉ BIESTABLE (BJ8) ARTECHE.....	42
7.12 EQUIPOS QUE CONFORMAN UN PATIO DE LLAVES ELÉCTRICO.....	42
A) INTERRUPTOR DE POTENCIA.....	43
B) SECCIONADOR DE POTENCIA.....	51
C) TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	53
D) TRAMPA DE ONDA.....	56
E) PARARRAYOS.....	57
F) TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO.....	58
G) TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	59
8. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	60
8.1 SIMULACIÓN DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA.....	60
8.2 SIMULACIÓN DE LOS SECCIONADORES DE POTENCIA.....	65
8.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	72
8.4 SIMULACIÓN DEL VARIADOR DE TAPS.....	74
8.5 SIMULACIÓN DEL NIVEL DE MANDO.....	75
8.6 SIMULACIÓN GRÁFICA EN EL SOFTWARE RS VIEW 32.....	78
8.7 SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.....	80
9. MARCO EXPERIMENTAL.....	84
9.1 IMPLEMENTACIÓN.....	84
9.2 INSTRUMENTOS.....	84
9.3 CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	84
9.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92
10. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD.....	92
11. ANALISIS ECONÓMICO.....	92

12. CRONOGRAMA.....	94
13. BIBLIOGRAFÍA.....	94
14. OBSERVACIONES.....	94
15. CONCLUSIONES.....	95
16. RECOMENDACIONES.....	95
17. GLOSARIO.....	96
18. ANEXOS.....	97

ANEXO 1: CRONOGRAMA

ANEXO 2: PLANOS FUNCIONALES

ANEXO 3: INGENIERÍA DE COMUNICACIONES



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO	
6. RECURSOS	6
Figura 6-1. PLC Premium fuente Internet.....	6
Figura 6-2. Relés biestables fuente manual ARTECHE.....	7
Figura 6-3. Logo RS View32 fuente Allen Bradley.....	7
Figura 6-4. Vista de pantalla gráfica del patio de llaves virtual.....	8
Figura 6-5. Foto de Unidad Terminal Remota (RTU).....	9
Figura 6-6. Terminal gráfico (HMI) fuente Internet.....	10
Figura 6-7. Terminal de Onda Portadora fuente manual DIMAT.....	11
Figura 6-8. Terminal de teleprotección fuente manual DIMAT.....	12
Figura 6-9. Logo de Software SCADA Spectrum Power CC fuente SIEMENS.....	12
Figura 6-10. Modem asíncrono MAS-II fuente manual DIMAT.....	13
Figura 6-11. Reloj de Posicionamiento Global TKR2 fuente Internet.....	13
7 MARCO TEÓRICO	14
Figura 7-1. Terminal gráfico fuente manual ESA.....	22
Figura 7-2. Controlador Lógico Programable fuente Internet.....	23
Figura 7-3. Direccionamiento de PLC fuente Interne.....	30
Figura 7-4. Trampa de Onda fuente Internet.....	34
Figura 7-5. Onda de modulación FSK fuente Internet.....	41
Figura 7-6. Esquema de relé biestable.....	42

Figura 7-7. Interruptor de potencia fuente Internet.....	43
Figura 7-8. Partes de interruptor de potencia fuente ABB Switchgear.....	44
Figura 7-9. Partes del seccionador de potencia fuente Internet.....	51
Figura 7-10. Simbología del seccionador de potencia fuente Internet.....	53
Figura 7-11. Partes del transformador de potencia fuente Internet.....	54
Figura 7-12. Circuito del transformador de potencia fuente Internet.....	55
Figura 7-13. Circuito de la trampa de onda fuente Internet.....	56
Figura 7-14. Forma de onda de modulación onda portadora fuente Internet.....	57
Figura 7-15. Partes de un Pararrayos fuente Internet.....	57
Figura 7-16. Esquema de un transformador de tensión capacitivo fuente Internet...	58
Figura 7-17. Partes de un transformador de tensión capacitivo fuente Internet.....	58
Figura 7-18. Esquema de un transformador de corriente fuente Internet.....	59
Figura 7-19. Transformador de corriente fuente Internet.....	59
8 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	60
Figura 8-1. Logo de software Isagraf.....	60
Figura 8-2. Estados de interruptor de potencia fuente Internet.....	62
Figura 8-3. Lógica de interruptor	62
Figura 8-4. Subprograma de posición de indeterminado.....	63
Figura 8-5. Cálculo de estado abierto del interruptor.....	63
Figura 8-6. Cálculo de estado cerrado del interruptor.....	64
Figura 8-7. Cálculo de estado indeterminado del interruptor.....	64
Figura 8-8. Estados de relé biestable.....	64

Figura 8-9. Esquema trifásico de relé biestable.....	65
Figura 8-10. Lógica de seccionadores.....	65
Figura 8-11. Tarjetas de PLC Premium.....	66
Figura 8-12. Programación ladder de seccionador 89-1.....	67
Figura 8-13. Programación ladder de seccionador 89-2.....	68
Figura 8-14. Programación ladder posición de TAP.....	69
Figura 8-15. Programación ladder para posición de TAP paso 1.....	69
Figura 8-16. Programación ladder para posición de TAP paso 2.....	70
Figura 8-17. Programación ladder para posición de TAP paso 3.....	70
Figura 8-18. Programación ladder para posición de TAP paso 4.....	71
Figura 8-19. Programación ladder para posición de TAP paso 5.....	71
Figura 8-20. Programación ladder para posición de TAP paso 6.....	71
Figura 8-21. Posición de interruptor para discordancia de fases.....	72
Figura 8-22. Equipos de patio de llaves (interruptor y seccionador abiertos).....	72
Figura 8-23. Equipos de patio de llaves (interruptor y seccionador cerrados).....	73
Figura 8-24. Bahía de Transformación (interruptor y seccionador abiertos).....	73
Figura 8-25. Bahía de Transformación (interruptor y seccionador cerrados).....	74
Figura 8-26. Esquema de transformador de potencia fuente Internet.....	75
Figura 8-27. Símbolo del transformador de potencia fuente SIEMENS.....	75
Figura 8-28. Pirámide del nivel de control.....	76
Figura 8-29. Nivel de mando desde el Centro de Control.....	76
Figura 8-30. Nivel de mando la interfaz HMI.....	76
Figura 8-31. Nivel de mando Subestación.....	77
Figura 8-32. Lógica de cálculo en la programación de la RTU.....	77
Figura 8-33. Vista de la subestación eléctrica Puno.....	78

Figura 8-34. Configuración de nodo DDE.....	78
Figura 8-35. Configuración de la base de datos de TAG.....	79
Figura 8-36. Secuencia de estados del seccionador pantógrafo.....	79
Figura 8-37. Supervisión del transformador de potencia.....	80
Figura 8-38. Líneas de transmisión fuente Internet.....	80
Figura 8-39. Diagrama de comunicaciones Laboratorio REDESUR.....	82
Figura 8-40. Diagrama de comunicaciones a través de torres AT.....	83
Figura 8-41. Diagrama de comunicaciones a través de la impedancia equivalente...	83



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA

Tabla 1. Protocolo de pruebas de señales simples.....	88
Tabla 2. Protocolo de pruebas de señales dobles.....	89
Tabla 3. Protocolo de pruebas de salidas digitales.....	90
Tabla 4. Protocolo de pruebas de señales analógicas.....	91
Tabla 5 Tabla de análisis económico de equipos del laboratorio.....	93



1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

Un **Sistema Eléctrico de Potencia** es un Sistema de suministro eléctrico, se los denomina también de alta tensión o extra alta tensión, o sistemas eléctricos de transmisión o Red eléctrica de transporte.

Estos sistemas, por la gran extensión geográfica que ocupan; por los niveles de tensión en que funcionan, y por la gran cantidad de energía eléctrica que transporta, requieren de la supervisión y de comandos a distancia (Telecontrol), lo cual se realiza en los Centros de Operación y Control a través de los Sistemas SCADA. Debido a que el funcionamiento de los sistemas eléctricos de corriente alterna tiene un comportamiento dinámico, las condiciones de funcionamiento deben ser establecidas aplicando criterios de funcionamiento muy estrictos para evitar los problemas de estabilidad dinámica, que pueden llevar al sistema al estado de colapso. En estos estados de emergencia se producen apagones que dejan a gran cantidad de consumidores sin el suministro de energía eléctrica, necesaria para el normal funcionamiento de la vida moderna, y el sistema requiere la Restauración de cargas.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los **Sistemas Eléctricos de Potencia** para la supervisión de las Subestaciones Eléctricas requieren trabajar con Sistemas SCADAS que emplean una simbología eléctrica IEC / ANSI basada en líneas y figuras geométricas que los hace muy rígidos y limitados en funcionalidad gráfica respecto a los Sistemas SCADAS industriales en la cual existe una alta supervisión dinámica y gráfica de los actuadores que intervienen en los procesos productivos.

La empresa RED ELÉCTRICA DEL SUR (REDESUR) dispone de equipos de control y comunicación en calidad de repuestos, los mismos que no tienen un valor agregado en si porque solo sirven para corregir anomalías de los equipos empleados en el Sistema de Transmisión de Energía.

Entonces nace como iniciativa emplear estos equipos para el entrenamiento del personal de mantenimiento, pero se tiene el inconveniente de no contar con un patio de llaves real, entiéndase por este al conjunto de interruptores ó disyuntores de potencia, seccionadores, transformadores de potencia, transformadores de medida, aisladores eléctricos y demás equipos que físicamente trabajan en conjunto para el envío y recepción de energía eléctrica, tampoco se dispone de una línea de transmisión de energía eléctrica que es necesaria para enlazar los medios de comunicación que requieren las subestaciones eléctricas, todo ello demandaría un gran presupuesto económico que haría inviable el uso integrado de los equipos de repuesto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un patio de llaves simulado que interactúe eléctricamente con los equipos reales de control y comunicación que a través de software permita ver en su conjunto un Sistema de Control y Protección integrado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Descripción de las funciones de los equipos de patio de llaves para su simulación.
- ✓ Comparación gráfica de los Sistemas SCADAs Eléctricos y los SCADAs Industriales.
- ✓ Selección de variables de programación para el Sistema SCADA
- ✓ Mapeo de TAG en la base de datos del Sistema SCADA.
- ✓ Programación lógica en la RTU para la interacción con el PLC.
- ✓ Verificación de las posiciones y estados de los equipos de patio de llaves simulado.

3. HIPOTESIS

Para dar solución a este problema se pretende simular una línea de transmisión construyendo un circuito PI equivalente en impedancia a una línea de transmisión típica de tal manera que se pueda conectar en cada terminal de la línea un equipo de Onda Portadora.

Para la integración de los equipos de Control (RTU y SCADA eléctrico) se debe contar con replicadores de órdenes y posiciones de equipos, para tal fin se estaría empleando un Controlador Lógico Programable (PLC), relés biestables para los cambios de posición instantáneos y como software de supervisión SCADA se emplearía el software SCADA RS VIEW 32. Donde se programarían las pantallas gráficas y los despliegues de control que simularían un patio de llaves real.

4. ALCANCE

El alcance del presente Patio de Llaves permitiría cubrir todas las expectativas de integración de los equipos de control y comunicación empleados en este Proyecto físicamente este laboratorio de Telecontrol estará ubicado en la Subestación Socabaya ubicado en el Sector Umopalca S/N distrito de Socabaya en la ciudad de Arequipa.

5. ANTECEDENTES

5.1 EL SECTOR ELÉCTRICO PERUANO

Está en un crecimiento vertiginoso desde el año 1992, fecha donde se propiciaron las primeras Concesiones Eléctricas del Perú que originaron la modernización del Sector Eléctrico del Perú que en décadas pasadas había tenido una realidad adversa debido a las épocas de terrorismo y el nacionalismo del gobierno en las empresas del Estado.

Es así que se empezó una reforma laboral y un cambio en la concepción de las empresas eléctricas, lográndose en el año 2000 con recursos privados la interconexión Eléctrica del Sistema Centro Norte con el Sistema Sur del Perú (Transmantaro) y el reforzamiento de las líneas de transmisión Sur (Red Eléctrica del Sur).

Fue necesario entonces seguir una línea de modernización en todo el parque eléctrico. Generación, Transmisión y Distribución a lo largo de todo el territorio nacional.

Esta realidad hace necesario tener sitios de entrenamiento donde se pueda experimentar en su conjunto las materias de control, comunicación y protección, no obstante es diferente entrenar directamente sobre un equipo en servicio ya que la misma arquitectura de las empresas eléctricas es supervisada por un Sistema SCADA Nacional que no permite la ocurrencia de errores humanos porque repercute en todo el Sistema Eléctrico.

5.2 NORMATIVA LEGAL

Esta implementación e integración de equipos debe cumplir los requerimientos técnicos, normas y estándares de un Sistema de Transmisión Real, la adecuación de los Centros de Control obedece a lo dispuesto en la Norma Técnica de Operación en Tiempo Real (NTCOTR), exigidos por el Comité de Operación Económica del Sistema (COES-SINAC).

Entre los principales estándares y normas técnicas exigidos por la Coordinación de la Operación en Tiempo Real del SEIN se tiene:

- Canales de comunicación dedicados e ininterrumpidos.
- Protocolo de Mensajes de Control y Error de internet, ICMP.
- OLE para Servidor de acceso de datos de control de procesos.
- IEC 60870-6 TASE.2 (ICCP) Bloques 1,2,4 & 5 como cliente y servidor.

-TCP/IP o ISO/OSI transporte de red.

-Protocolos IEC-61870-5-101 para niveles de control 1, 2 y 3.

-IEEE 802.3 (ISO 8802.3) Estándar para Ethernet

La Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados requiere el envío de señales provenientes de los Sistema SCADA de los integrantes del Sistema.

Las señales correspondientes a los titulares de transmisión son las siguientes.

- a) La posición de los interruptores.
- b) La posición de los seccionadores.
- c) La posición de los TAPs de los transformadores.
- d) Los niveles de tensión de barra.
- e) Las potencias activa y reactiva de las líneas y transformadores.
- f) Las potencias activa y reactiva de los equipos de compensación reactiva, inductiva / capacitiva.
- g) Las señales de alarma de subestaciones, líneas, transformadores y equipos de compensación reactiva de manera centralizada por equipo.
- h) La información técnica adicional que el Coordinador requiera.

6. RECURSOS

Dividiremos el total de equipos en dos grupos de equipos, los equipos que intervienen directamente con la simulación del patio de llaves virtual y los equipos complementarios que permiten tener un sistema completo de Telecontrol.

6.1 EQUIPOS Y SOFTWARE UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL PATIO DE LLAVES VIRTUAL

01 Controlador Lógico Programable (PLC)

El término PLC proviene de las siglas en inglés para Programable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores o sensores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Este proyecto empleará un PLC Premium de la familia SCHNEIDER con el software de programación PL7.



Figura 6-1. PLC Premium fuente Internet.

12 Relés de posición biestable

Los equipos de patio de llaves necesitan confirmación de estados binarios instantáneos (interruptores), para este fin se empleará relés biestables BJ8 que simularan los cambios de estado de los interruptores de potencia, se instalarán de 03 por interruptor para simular las tres fases A, B y C.



Figura 6-2. Relés biestables fuente manual ARTECHE.

01 Software SCADA para la simulación del patio de llaves virtual

Como es característico de las subestaciones eléctricas contar con un patio de llaves donde se encuentran instalados los actuadores de la subestación eléctrica (interruptores de potencia, seccionadores, transformadores de potencia, transformadores de medida TT, TC, etc).

El software SCADA RS-VIEW 32 permitirá mostrar de modo gráfico el patio de llaves virtual en el cual se verán representados los interruptores, seccionadores, el transformador de potencia y permitirá tener vistas dinámicas las actuaciones de los equipos mencionados, además de conservar las características propias de un patio de llaves en jerarquías de control.



Figura 6-3. Logo RS View32 fuente Allen Bradley

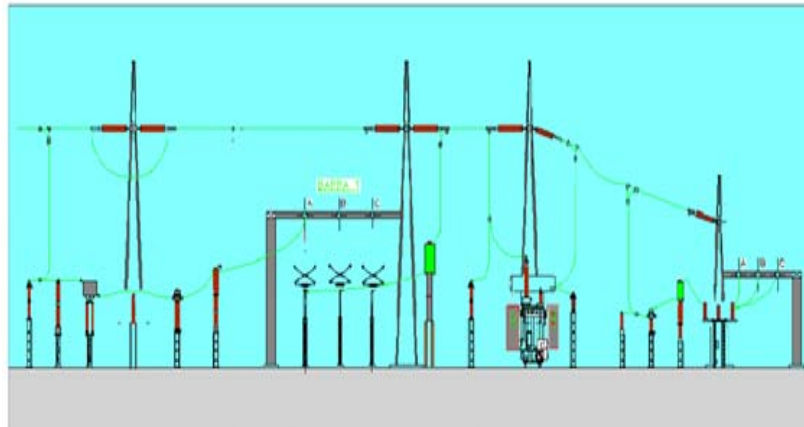


Figura 6-4. Vista de pantalla gráfica del patio de llaves virtual.

01 Unidad Terminales Remotas (RTU)

Una unidad terminal remota es un dispositivo de control que permite tener adquisición y mando dispersos geográficamente e interconectados entre sí.

La principal tarea de un Sistema de Telecontrol es el tratamiento de las señales de campo, estas de naturaleza digital o analógica permiten gobernar las Subestaciones Eléctricas, entre sus principales características se tiene:

- Existen dispositivos cuyo estado debe conocerse permanentemente.
- Dichos dispositivos admiten, en muchos casos, operaciones de mando.
- Se encuentran geográficamente dispersos.
- Gobiernan a los interruptores, seccionadores, transformadores de potencia, SVC, etc.
- Admiten sincronización horaria para los eventos cronológicos del Sistema.



Figura 6-5. Foto de Unidad Terminal Remota (RTU).

Este proyecto empleará una RTU de la generación SAITEL 2000 de marca TELVENT.

02 Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Un Vídeo Terminal HMI es un dispositivo que permite controlar o, simplemente, monitorizar un proceso productivo.

El HMI puede recibir y visualizar informaciones procedentes del proceso productivo, enviar mandos mediante controles específicos a dispositivos de campo y enviar datos para determinar el proceso productivo. Las informaciones pueden tener formato de Alarma, Mensaje de Información y formato dato binario.

El terminal HMI empleado para este proyecto es el modelo VT858 de marca ESA.



Figura 6-6. Terminal gráfico (HMI) fuente Internet

6.2 EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN QUE INTERACTUAN CON EL PATIO DE LLAVES VIRTUAL

02 Terminales de Onda Portadora (OPLAT)

La tecnología Power Line Carrier (PLC) puede usar el cableado eléctrico doméstico como medio de transmisión de señales. Las tecnologías INSTEON y X10 son los dos estándares de facto más populares empleados para control de hogar. Esta es una técnica usada en la automatización de hogares para el control remoto de iluminación y de equipos sin necesidad de instalar cableado adicional.

Típicamente, los dispositivos para control de hogar funcionan mediante la modulación de una onda portadora cuya frecuencia oscila entre los 20 y 200 kHz inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor. Esta onda portadora es modulada por señales digitales. Cada receptor del sistema de control tiene una dirección única y es gobernado individualmente por las señales enviadas por el transmisor. Estos dispositivos pueden ser enchufados en las tomas eléctricas convencionales o cableados en forma permanente en su lugar de conexión. Ya que la señal portadora puede propagarse en los hogares o apartamentos vecinos al mismo sistema de distribución, estos sistemas tienen una "dirección doméstica" que designa al propietario.

Este sistema de comunicación se puede extender hacia las redes de transmisión de energía eléctrica denominándose Sistema de Onda Portadora para Líneas de Alta Tensión (OPLAT)



Figura 6-7. Terminal de Onda Portadora fuente manual DIMAT

Se empleará un Sistema de Onda Portadora marca DIMAT modelo OPC-1

Un sistema de Comunicación por Onda Portadora permite prestar los siguientes servicios:

- Telecontrol.
- Teleprotección.
- Telefonía.

02 Terminales de Teleprotección analógica.

El Sistema de Teleprotección permite transferir disparos remotos de los relés de protección, este beneficio se emplea también para el Sistema de Telecontrol el cual permite realizar disparos voluntarios sobre los interruptores de las subestaciones e impedir que las líneas se queden energizadas ya que generarían reactivos en el Sistema Eléctrico.

Las unidades de teleprotección a emplearse en este proyecto son TPC-1 de la marca DIMAT



Figura 6-8. Terminal de teleprotección fuente manual DIMAT

01 Sistema de Control Adquisición de Supervisión de Datos (SCADA)

El Sistema SCADA viene del acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition Sistema (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Un SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar local o a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles de control (0, 1, 2 y 3),

Para este proyecto se empleará el Sistema SCADA de marca SIEMENS denominado SPECTRUM POWER CC instalado en un ordenador portátil.



Figura 6-9. Logo de Software SCADA Spectrum Power CC fuente SIEMENS

02 Modem de comunicación serial RS-232

Las especificaciones RS-232 definen la comunicación entre un DTE (equipo terminal de datos, normalmente un ordenador o una terminal) y un DCE (equipo de comunicación de datos, normalmente un modem). Se ha utilizado tradicionalmente para conectar las terminales, las impresoras y otros dispositivos seriales con un ordenador sobre cualquier conexión del modem (remotamente, sobre las líneas telefónicas) o cables directos (localmente, con un adaptador null-modem). La comunicación serial puede ser half-duplex (solamente en una dirección al mismo tiempo) o full-duplex (en ambas direcciones al mismo tiempo). En el pasado, algunos modems y dispositivos de comunicaciones fueron limitados a la comunicación half-duplex. Hoy en día todos los dispositivos utilizan full-duplex.



Figura 6-10. Modem asíncrono MAS-II fuente manual DIMAT

02 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El sistema de posicionamiento global juega un papel importante para la determinación de tiempos en la RTU los cuales se respetan cronológicamente en el Sistema SCADA, he de considerarse que los reloj GPS sincronizan además de las RTU a los relés de protección, registradores de falla, equipos de comunicación, etc.



Figura 6-11. Reloj de Posicionamiento Global TKR2 fuente Internet

7. MARCO TEÓRICO

7.1 SISTEMA DE TELECONTROL

Se denomina Sistema de Telecontrol al conjunto de equipos de adquisición y mando dispersos geográficamente e interconectados entre sí.

La principal tarea de un Sistema de Telecontrol es el tratamiento de las señales de campo. Estas señales pueden estar referidas a diferentes entornos de la vida cotidiana y tienen varias características comunes:

Existen dispositivos cuyo estado debe conocerse permanentemente.

Dichos dispositivos admiten, en muchos casos, operaciones de mando.

Se encuentran geográficamente dispersos.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE TELECONTROL

Las características principales de un Sistema de Telecontrol son:

- Alta fiabilidad y disponibilidad.
- Bajo consumo energético.
- Posibilidad de operación manual sobre el sistema.
- Alta dependencia de las comunicaciones.
- Componentes digitales de alto rendimiento.

7.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELECONTROL

Los componentes de un Sistema de Telecontrol son:

7.3.1 ESTACION PRINCIPAL

Proporciona al usuario las herramientas y equipos necesarios para una correcta supervisión y control local, constituyendo un elemento adicional cuyo estado operativo no afecta al correcto funcionamiento del Sistema de Telecontrol en caso de ausencia.

7.3.2 ESTACIÓN REMOTA

Una estación que es vigilada, o mandada y vigilada, por una estación principal.

7.3.3 ESTACIÓN SECUNDARIA

Una estación, dentro de una red jerarquizada de telecontrol, en la que la información de vigilancia procede de las estaciones remotas se concentra para su envío a la estación principal y en la que los mandos se distribuyen a las estaciones remotas.

7.3.4 SISTEMA SCADA

Se denomina un Sistema SCADA al Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos, que permite controlar las estaciones principales, secundarias y remotas, provee toda la información que se genera durante los procesos de Control.

7.3.5 MEDIOS DE COMUNICACIÓN

El tener que supervisar estaciones remotas hace necesario disponer de medios de comunicación dedicados a este fin, pueden ser fibra óptica, onda portadora, enlace microondas, etc.

7.4 SISTEMA DE SUPERVISIÓN SCADA RS VIEW32 ALLEN BRADLEY

7.4.1 DESCRIPCIÓN

El Sistema SCADA RS-VIEW 32 es un software de supervisión basado en entorno Windows para el desarrollo y la ejecución de aplicaciones de interfaz operador-máquina, está diseñado para uso en Microsoft Windows NT, Windows XP, Windows Seven y proporciona todas las herramientas que necesita para crear y ejecutar eficazmente las aplicaciones de monitoreo y control que realiza el software de control RS View Works contiene software

de desarrollo.

RS View Runtime sólo contiene el software de ejecución para ejecutar aplicaciones desarrolladas en RSView32 Works.

7.4.2 RSLINX Y EL SERVICIO DE CONEXIÓN DDE

El software RSLinx de Rockwell Automation permite a los usuarios conectarse a otras aplicaciones de Rockwell. Por ejemplo, un programa que registra el número de elementos que se producen en una fábrica puede comunicarse con el software de inventario. Los usuarios también pueden configurar Microsoft Excel para tomar automáticamente la información de RSLinx y grabarlo en una celda de una hoja de cálculo. Esto puede lograrse mediante el intercambio dinámico de datos (DDE, Dynamic Data Exchange). DDE está integrado en Microsoft Windows como un protocolo para la comunicación entre aplicaciones.

Para poder enlazar el software ISaGRAF con el software de control de la familia de autómatas programables Allen Bradley se puede emplear la herramienta DDE (Intercambio Dinámico de Datos).

7.5 SISTEMA SCADA SPECTRUM POWER CC SIEMENS

7.5.1 DESCRIPCIÓN

El Sistema SCADA SPECTRUM POWER CC es una herramienta de altas prestaciones que por su es una plataforma multisesión dedicada al control de instalaciones eléctricas, agua, gas.

La solución de SCADA a menudo tiene componentes de sistemas de control distribuido, DCS (Distributed Control System). El uso de RTUs o PLCs o últimamente PACs sin involucrar computadoras maestras está aumentando, los cuales son autónomos ejecutando procesos de lógica simple. Frecuentemente se usa un lenguaje de programación funcional para crear

programas que corran en estos RTUs y PLCs, siempre siguiendo los estándares de la norma IEC 61131-3. Esto les permite a los ingenieros de sistemas SCADA implementar programas para ser ejecutados en RTUs o un PLCs.

SPECTRUM POWER CC permite supervisar y controlar Unidades Terminales Remotas de toda índole, directa e indirectamente a través de protocolos de comunicación abiertos.

IEC-60870-101, IEC-60870-104, IEC-61850, ICCP, OPC Server y Cliente.

7.5.2 FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA SCADA.

Adquisición e intercambio de datos.

Periodicidad de recolección de información.

Procesamiento de datos.

Cálculo de datos.

Control remoto.

7.5.3 FUNCIONES AVANZADAS DEL SISTEMA SCADA.

Recolección de datos bajo disturbio.

Secuencia de eventos.

Coloreo dinámico.

Monitoreo de balances de potencia.

Interfaz de usuario.

Funciones de Ingeniería (EMS)

7.6 UNIDAD TERMINAL REMOTA (RTU)

7.6.1 CONCEPTO

Sigla más conocida como RTU (sigla en inglés), define a un dispositivo basado en microprocesadores, el cual permite obtener señales independientes de los procesos y enviar la información a un sitio remoto donde se procese. Generalmente este sitio remoto es una sala de control donde se encuentra un sistema central SCADA el cual permite visualizar las variables enviadas por la RTU. Dentro del universo de las RTU existen los Controlador lógico programable quienes han complementado sus facilidades de comunicación. En el mundo PLC surgieron los protocolos de comunicaciones para pequeños sistemas de control (RS-485, SINEC L1, MODBUS, DNP3, CAN, IEC-101, IEC -105 etc.) En forma paralela en el mundo RTU ha evolucionado en la industria eléctrica, y otras ramas, donde grandes sistemas SCADA, requieren la gestión de gran número de señales con precisión de mili-segundos, cosa que es imposible realizar con los PLCs. En las RTUs se ha desarrollado y expandido a otros equipamientos (medidores de energía, relés de protecciones, reguladores automáticos), el protocolo de comunicaciones IEC o CEI 60870-5. Para las comunicaciones internas de los equipos, o entre ellos, las RTU han adoptado el protocolo MODBUS, en la forma de MODBUS/RTU, que puede implementarse sobre una red RS-485 o sobre una red TCP/IP.

7.6.2 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA SAITEL 2000

El Sistema de Control SAITEL 2000 tiene su fundamentación en la utilización de una arquitectura modular sobre la base de estándares hardware y software del mercado.

Esta solución, totalmente modular, permite presentar una solución adecuada para cada una de las arquitecturas necesarias con el mismo equipamiento tanto hardware como software.

El Sistema SAITEL 2000 se encarga de recoger toda la información, en

tiempo real, tanto de señales digitales y analógicas como de las señales obtenidas de los diferentes relés de protección, a través de las líneas de comunicaciones.

Un sistema SAITEL 2000 puede adquirir los siguientes roles dentro de un sistema de telecontrol:

Estación remota, estación secundaria, estación remota y secundaria simultáneamente.

En el caso de actuar como estación remota, su funcionalidad está enfocada a la adquisición y control de señales de campo.

Cuando un sistema SAITEL 2000 tiene carácter de estación secundaria, funciona de concentrador tanto para la información que ofrecen las estaciones remotas como para las órdenes que expiden las estaciones principales.

Componentes del Sistema SAITEL 2000:

- Módulo de fuentes de alimentación (MFA).
- Módulo de control y adquisición de datos (MCAD).
- Módulo de señalización, anomalía y permiso de órdenes (MSP).
- Unidad de aireación.

Un sistema SAITEL 2000 se halla integrado físicamente dentro de un armario. Dicho armario está diseñado para soportar todos los esfuerzos mecánicos que puedan acontecer durante el traslado (con embalaje adecuado), instalación y operación sin que se produzca daño al mismo o a su contenido, ni tampoco pérdida de aislamiento eléctrico.

Dentro de un mismo armario pueden hallarse integrados más de un sistema SAITEL 2000. Para ello, se dispone cada sistema SAITEL 2000 en un rack:

La configuración usada normalmente es aquella en la que se dispone de un armario para cada sistema SAITEL 2000, dualidad del Sistema SAITEL 2000

En algunas instalaciones, debido a la importancia de la continua operatividad

del sistema SAITEL 2000, es usual utilizar dualidad.

Denominamos dualidad de un sistema SAITEL 2000 a la duplicidad física de ambos nodos de control, esta dualidad está configurada de forma que uno de los sistemas SAITEL 2000 está activo y el otro en reserva.

MÓDULOS

Ejecuta todo el software de aplicación, gestiona canales serie de comunicaciones con el nivel superior y recibe la señal de sincronización externa.

Este módulo actúa como front-end de comunicaciones, es decir, como concentrador, que procesa la información referente a las siguientes fuentes:

Las medidas que reportan los módulos de entrada correspondientes a las señales de campo y a las señales de supervisión internas del sistema SAITEL 2000.

Las órdenes que el operador o el sistema realizan, y que a través de los módulos de salida, se reflejan en los dispositivos de campo.

Las comunicaciones con dispositivos especializados para recoger la información que éstos generan, mediante el módulo de comunicaciones.

MÓDULO DE SUPERVISIÓN

Vigila el estado interno del MCAD y proporciona las alarmas necesarias en caso de mal funcionamiento.

MÓDULO DE COMUNICACIONES

Control de la adquisición de señales procedentes de dispositivos externos, generalmente magnitudes analógicas de multimedidores e integración de las protecciones.

MÓDULO DE CONTROL ESCLAVO

Destinado a la adquisición de las señales de las diferentes tarjetas de entrada/salida existentes.

MÓDULOS DE ENTRADA/SALIDA

Específicos para cada tipo de señal, con sus correspondientes regleteros de interface, éstos últimos ubicados en el interior del armario sobre la placa de montaje.

Elementos del Módulo de Control y Adquisición de Datos

Los elementos integrantes del MCAD son los siguientes:

1 Bus VME para la interconexión de los diferentes módulos.

1 Módulo de Control maestro para bus VME para soportar y ejecutar el software de aplicación.

1 Módulo de Supervisión interna.

Módulos de Comunicaciones necesarios para la comunicación con los diferentes dispositivos externos de adquisición.

1 Módulo de Control esclavo que aglutina la información referente al módulo de entrada/salida.

1 Módulo de entrada/salida compuesto por:

Módulos de entradas digitales.

Módulos de salidas digitales.

Módulos de entradas analógicas.

Módulos de salidas analógicas.

Módulos de entradas contadores.

Módulos de salidas contadores.

(cada módulo irá conectado a su respectivo regletero de campo)

7.6.3 INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)

Se complementa la Unidad Terminal Remota con una pantalla táctil VT que permite desarrollar entornos de control avanzados para el operario.

Mediante la pantalla táctil VT se pueden crear ventanas para control y mantenimiento de señales y mandos, listas de señales, listas de alarmas y eventos, menús de acceso, etc.

Para el diseño del entorno de control se dispone del software necesario que suministra el fabricante.

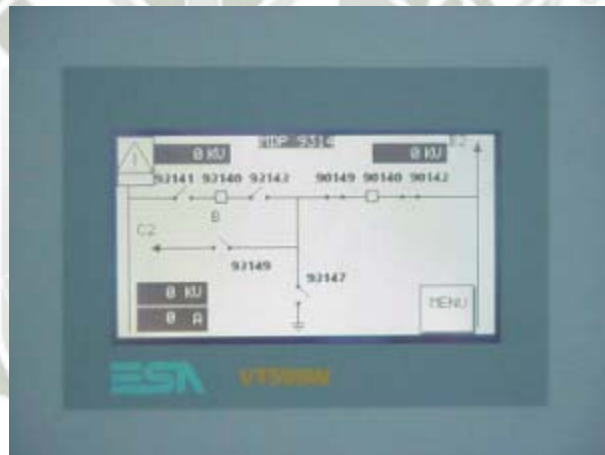


Figura 7-1. Terminal gráfico fuente manual ESA

7.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (Programmable Controllers), pero con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión se emplearon definitivamente las siglas PLC.

7.7.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PLC

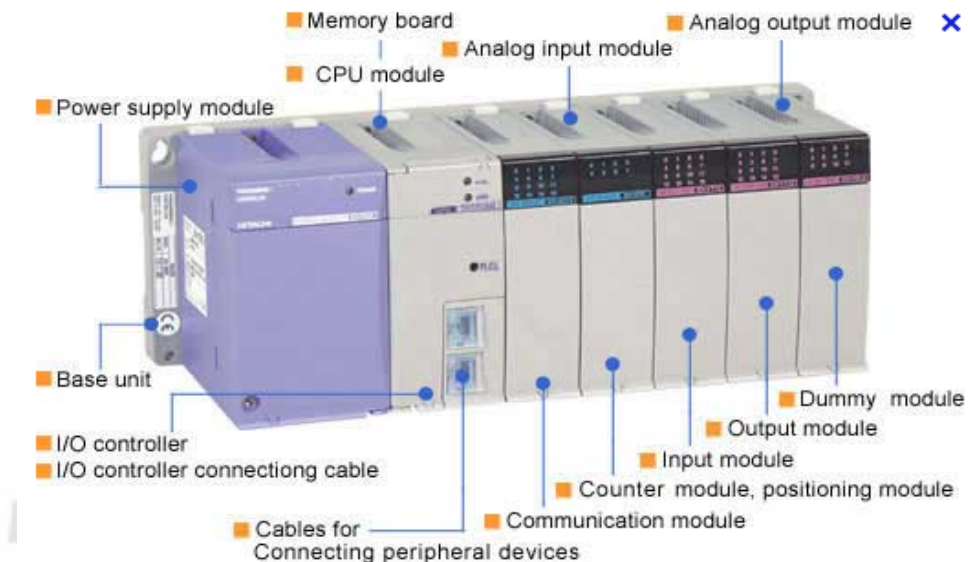


Figura 7-2. Controlador Lógico Programable fuente Internet

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o Control de Flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas

señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control para mantener la operación estable de dicha máquina.

Las instrucciones almacenadas en memoria permiten modificaciones así como su monitoreo externo.

El desarrollo e introducción de los relés, hace muchos años, fue un paso gigantesco hacia la automatización e incremento de la producción. La aplicación de los relés hizo posible añadir una serie de lógica a la operación de las máquinas y de esa manera reducir la carga de trabajo en el operador, y en algunos casos eliminar la necesidad de operadores humanos.

Por ejemplo, los relés hicieron posible establecer automáticamente una secuencia de operaciones, programar tiempos de retardo, conteo de eventos o hacer un evento dependiente de que ocurrieran otros.

Los relés con todas sus ventajas, tienen también naturalmente sus desventajas, tienen sólo un período de vida; su naturaleza electromecánica dictamina, que después de un tiempo de uso serán inservibles, sus partes conductores de corriente pueden en un momento quemarse o fundirse, desbaratando la lógica establecida y requiriendo su reemplazo.

Tal vez la inconveniencia más importante de la lógica con relés es su naturaleza fija. La lógica de un panel de relés es establecida por los ingenieros de diseño, se implementa entonces colocando relés en el panel y se alambra como se prescribe.

Mientras que la máquina dirigida por el panel de relés continúa llevando a cabo los mismos pasos en la misma secuencia, todo está perfecto, pero cuando existe un rediseño en el producto o un cambio de producción en las operaciones de esa máquina o en su secuencia, la lógica del panel debe ser rediseñada.

Si el cambio es lo suficientemente grande, una opción más económica puede ser desechar el panel actual y construir uno nuevo.

Este fue el problema encarado por los productores de automóviles a mediados de los setenta.

A lo largo de los años se habían altamente automatizado las operaciones de producción mediante el uso de los relés, cada vez que se necesitaba un cambio, se invertía en él una gran cantidad de trabajo, tiempo y material, sin tomar en cuenta la gran cantidad de tiempo de producción perdido.

La computadora ya existía en esos tiempos y se les dio la idea a los fabricantes de que la clase de control que ellos necesitaban podría ser llevado a cabo con algo similar a la computadora. Las computadoras en sí mismas, no eran deseables para esta aplicación por un buen número de razones.

La comunidad electrónica estaba frente a un gran reto: diseñar un artefacto que, como una computadora, pudiese efectuar el control y pudiese fácilmente ser re programada, pero adecuado para el ambiente industrial.

El reto fue enfrentado y alrededor de 1969, se entregó el primer controlador programable en las plantas ensambladoras de automóviles de Detroit, Estados Unidos.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos.

El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un consolador Programable propiamente dicho está constituido por:

- A. Fuente de alimentación
- B. Unidad de procesamiento central (CPU)
- C. Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- D. Modulo de memorias
- E. Unidad de programación

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes.

A. Fuente De Alimentación

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía ala CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

- + 5 V para alimentar a todas las tarjetas
- + 5.2 V para alimentar al programador
- + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

B. Unidad De Procesamiento Central (C.P.U.)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el **cerebro** del controlador.

La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

C. Módulos o Interfaces de Entrada y Salida (E/S)

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso.

Tipos de Módulos de Entrada y Salida

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores, actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

- Módulos de entradas discretas
- Módulos de salidas discretas
- Módulos de entrada analógica
- Módulos de salida analógica

D. Módulos de Memorias

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente

Se cuenta con dos tipos de memorias:

Volátiles (**RAM**)

No volátiles (**EPROM y EEPROM**)

E. Unidad de Programación

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización

Existen tres tipos de programadores los manuales (**Hand Held**) tipo de

calculadora, Los de video tipo (**PC**), y la (**computadora**).

Funcionamiento del CPU

Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación.

7.7. 2 PROGRAMACIÓN EN PLC

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con "lógica de escalera"("ladder logic"). Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

ESTANDAR IEC 61131-3

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define los elementos comunes entre los lenguajes de

programación, así como también define cuatro lenguajes de programación para los sistemas de control programables.

ELEMENTOS COMUNES

Tipos de datos

Dentro de los elementos comunes, se definen los tipos de datos. Los tipos de datos previenen de errores en una fase inicial, como por ejemplo la división de un dato tipo fecha por un número entero. Los tipos comunes de datos son: variables booleanas, número entero, número real, byte y palabra, pero también fechas, horas del día y cadenas (strings).

Basado en estos tipos de datos, el usuario puede definir sus propios tipos de datos, conocidos como tipos de datos derivados. De este modo, se puede definir por ejemplo un canal de entrada analógica como un tipo de dato.

Variables

Las variables permiten identificar los objetos de datos cuyos contenidos pueden cambiar, por ejemplo, los datos asociados a entradas, salidas o a la memoria del autómata programable. Una variable se puede declarar como uno de los tipos de datos elementales definidos o como uno de los tipos de datos derivados. De este modo se crea un alto nivel de independencia con el hardware, favoreciendo la reusabilidad del software.

La extensión de las variables está normalmente limitada a la unidad de organización en la cual han sido declaradas como locales. Esto significa que sus nombres pueden ser reutilizados en otras partes sin conflictos, eliminando una frecuente fuente de errores. Si las variables deben tener una extensión global, han de ser declaradas como globales utilizando la palabra reservada `VAR_GLOBAL`.

Pueden ser asignados parámetros y valores iniciales que se restablecen al inicio, para obtener la configuración inicial correcta.

Configuración, recursos y tareas

Para entender esto mejor, vamos a ver el modelo de software, que define IEC 61131-3.

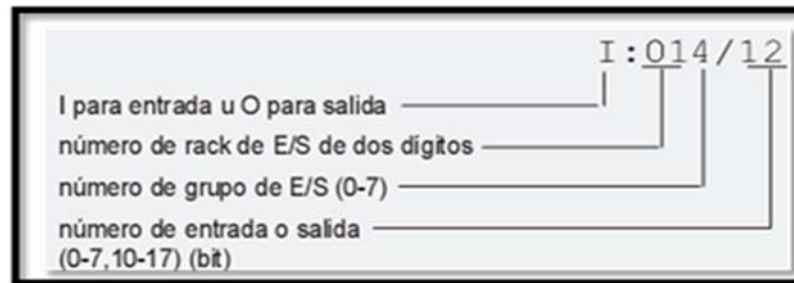


Figura 7-3. Direccionamiento de PLC fuente Internet

Al más alto nivel, el elemento software requerido para solucionar un problema de control particular puede ser formulado como una *configuración*. Una configuración es específica para un tipo de sistema de control, incluyendo las características del hardware: procesadores, direccionamiento de la memoria para los canales de I/O y otras capacidades del sistema.

Dentro de una configuración, se pueden definir uno o más *recursos*. Se puede entender el recurso como un procesador capaz de ejecutar programas IEC.

Con un recurso, pueden estar definidas una o más *tareas*. Las tareas controlan la ejecución de un conjunto de programas y/o bloques de función. Cada una de ellos puede ser ejecutado periódicamente o por una señal de disparo especificada, como el cambio de estado de una variable.

Los *programas* están diseñados a partir de un diferente número de elementos de software, escrito en algunos de los distintos lenguajes definidos en IEC 61131-3. Típicamente, un programa es una interacción de *Funciones* y *Bloques Funcionales*, con capacidad para intercambiar datos. Funciones y bloques funcionales son las partes básicas de construcción de un programa, que contienen una declaración de datos y variables y un conjunto de instrucciones.

Comparado esto con un PLC convencional, éste contiene un solo recurso, ejecutando una tarea que controla un único programa de manera cíclica. IEC 61131-3 incluye la posibilidad de disponer de estructuras más complejas. El futuro que incluye multi-procesamiento y gestión de programas por eventos ¡Y no está muy lejos!, observar simplemente las características de los sistemas distribuidos o los sistemas de control de tiempo real. IEC 61131-3 está disponible para un amplio rango de aplicaciones, sin tener que conocer otros lenguajes de programación adicionales.

Unidades de Organización de Programa

Dentro de IEC 1131-3, los programas, bloques Funcionales y funciones se denominan Unidades de Organización de Programas, *POU's*.

- **Funciones**

IEC 61131-3 especifica funciones estándar y funciones definidas por usuario. Las funciones estándar son por ejemplo ADD (suma), ABS (valor absoluto), SQRT (raíz cuadrada), SIN (seno), y COS (coseno). Las funciones definidas por usuario, una vez implementadas pueden ser usadas indefinidamente en cualquier POU.

Las funciones no pueden contener ninguna información de estado interno, es decir, que la invocación de una función con los mismos argumentos (parámetros de entrada) debe suministrar siempre el mismo valor (salida).

- **Bloques Funcionales, FB's**

Los bloques funcionales son los equivalentes de los circuitos integrados, IC's, que representan funciones de control especializadas. Los FB's contienen tanto datos como instrucciones, y además pueden guardar los valores de las variables (que es una de las diferencias con las funciones). Tienen un interfaz de entradas y salidas bien definido y un código interno oculto, como un circuito integrado o una caja negra. De este modo, establecen una clara separación entre los diferentes niveles de programadores, o el personal de

mantenimiento. Un lazo de control de temperatura, PID, es un excelente ejemplo de bloque funcional. Una vez definido, puede ser usado una y otra vez, en el mismo programa, en diferentes programas o en distintos proyectos. Esto lo hace altamente reutilizable.

Los bloques funcionales pueden ser escritos por el usuario en alguno de los lenguajes de la norma IEC, pero también existen FB's estándar (biestables, detección de flancos, contadores, temporizadores, etc.). Existe la posibilidad de ser llamados múltiples veces creando copias del bloque funcional que se denominan *instancias*. Cada instancia llevará asociado un identificador y una estructura de datos que contenga sus variables de salida e internas.

- **Programas**

Los programas son "un conjunto lógico de todos los elementos y construcciones del lenguaje de programación que son necesarios para el tratamiento de señal previsto que se requiere para el control de una máquina o proceso mediante el sistema de autómeta programable". Un programa puede contener, aparte de la declaración de tipos de datos, variables y su código interno, distintas instancias de funciones y bloques funcionales.

LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Los lenguajes de programación son necesarios para la comunicación entre el usuario, sea programador u operario de la máquina o proceso donde se encuentre el PLC y el PLC. La interacción que tiene el usuario con el PLC la puede realizar por medio de la utilización de un cargador de programa también reconocida como consola de programación o por medio de un PC.

En procesos grandes o en ambientes industriales el PLC recibe el nombre también de API (Autómata Programable Industrial) y utiliza como interface para el usuario pantallas de plasma, pantallas de contacto (touch screen) o sistemas SCADA (sistemas para la adquisición de datos, supervisión,

monitoreo y control de los procesos).

Clasificación de los Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

Los programadores de PLC poseen formación en múltiples disciplinas y esto determina que exista diversidad de lenguajes. Los programadores de aplicaciones familiarizados con el área industrial prefieren lenguajes visuales, por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática optan, inicialmente por los lenguajes escritos.

Literales o Escritos:

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

Visuales o Gráficos:

- Diagrama de contactos (LD).
- Diagrama de bloques funcionales (FBD).

7.8 SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR ONDA PORTADORA (OPLAT)

7.8.1 ONDA PORTADORA PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN

El terminal de onda portadora analógico **OPC-1** es el resultado de la combinación las más modernas tecnologías de comunicación y de los muchos años de experiencia de DIMAT en el campo de las ondas portadoras.



Figura 7-4. Trampa de Onda fuente Internet

Se trata de un terminal sencillo, compacto y totalmente programable por el usuario.

Gracias a su modularidad y a la diversidad de opciones disponibles (modem, teleprotección, filtros de tránsito, etc.) puede adaptarse fácilmente a cualquier necesidad de las redes de comunicaciones.

Sistemas de Ondas Portadoras sobre Líneas de Alta Tensión

- Tipo OPC-1.
- Terminales monocanal y bicanal de 5 W, 20 W, 40 W y 80 W.
- Totalmente programable, localmente y a distancia.
- Banda disponible de 300 Hz a 3850 Hz.
- Sistema de supervisión del enlace.
- Terminal de teleprotección y módem incorporables.
- Tecnología avanzada.

Generalidades

El terminal OPC-1 es el resultado de la combinación de la larga experiencia de DIMAT en la transmisión por Ondas Portadoras (OP) y de la tecnología más moderna en el campo de la telecomunicación.

Se trata de un terminal compacto y de gran flexibilidad en el cual los

parámetros más importantes, tales como las frecuencias de transmisión, los niveles de entrada y salida y los porcentajes de modulación pueden programarse desde un ordenador personal o una consola dedicada. Gracias a su modularidad, tanto la configuración como las características del equipo pueden adaptarse fácilmente, y en cualquier momento, a los requerimientos particulares de la red de comunicación.

El equipo dispone de un sistema de supervisión que permite acceder a cualquier terminal OPC-1 de los que constituyen la red. Es posible, desde un ordenador personal conectado a uno de los terminales a través de un interfaz RS-232C, recoger datos relativos al estado del sistema.

Tanto la supervisión como la programación pueden efectuarse también a distancia mediante un canal exterior, a la velocidad máxima de 9600 bit bien mediante el canal piloto y de llamada interno, a la velocidad de 50 Bd.

7.8.2 TIPOS DE ACOPLAMIENTO

- a) **Acoplamiento fase a tierra.-** Es un arreglo en el cual los transceptores (transmisor y receptor) de la onda portadora están conectados entre una de las fases de la línea de potencia y la tierra de la subestación. En este tipo de acoplamiento la trayectoria de retorno es a través de los otros dos cables de la línea. Debido a sus ventajas económicas se puede usar donde no se requiere gran seguridad en caso de fallas en la línea.
- b) **Acoplamiento fase a fase.-** Es un arreglo en el cual los transceptores (transmisor y receptor) de la onda portadora están conectados entre dos fases de la línea de potencia y opera esencialmente con balance a tierra. En este tipo de acoplamiento en caso de cortocircuito o circuito abierto de una de las fases, se convierte en un acoplamiento fase a tierra por lo que no existe pérdida total de la señal. Debido a que el 80% de las fallas de línea son monofásicas, cabe de esperar de que esta configuración

proporcione una seguridad mayor.

- c) **Acoplamiento intercircuitos.-** Este arreglo básicamente se diferencia con el fase - fase en que en este caso el acoplamiento se hace entre la fase de una línea de potencia a la fase de la otra línea en un sistema de doble circuito de transmisión de potencia. Con este tipo de acoplamiento se mantiene la comunicación incluso si se condensa una de las líneas y se pone a tierra.

7.9 SISTEMA DE COMUNICACIÓN SERIAL A TRAVÉS DE MODEM

7.9.1 RESEÑA HISTÓRICA

Desde que comenzaron a popularizarse las computadoras, allá por fines de los años 60 y principios de los 70, surgió la necesidad de comunicarlas a fin de poder compartir datos, o de poder conectar controladores de terminales bobas. En esos días lo más común era que dichas computadoras o controladores estuvieran alejados entre sí. Una de las soluciones más baratas y eficientes era la utilización de la red telefónica, ya que tenía un costo razonable y su grado de cobertura era muy amplio.

La red telefónica no es un medio apto para transmitir señales digitales, ya que fue optimizada para la transmisión de voz. Por ejemplo, a fin de evitar interferencias, se limitó el rango de frecuencias que puede transportar a una banda que va de los 300 a los 3000 Hz. Denominada "banda vocal", pues dentro de la misma se encuentra la mayor parte de las frecuencias que componen la voz humana. Por ello, al estar limitada en su máxima frecuencia.

Para poder transmitir datos binarios por las líneas telefónicas comunes, entonces, es necesario acondicionarlos a las mismas. Con este fin se debió crear un dispositivo que pudiese convertir la señal digital en una señal apta para ser transmitida por la red telefónica, y poder efectuar la operación inversa, es decir, recuperar la señal de la red telefónica y convertirla en la

señal digital original, dicho acondicionamiento de la información digital consiste en generar alteraciones en una señal de frecuencia fija, llamada portadora. A esta operación se la conoce como modulación, y es muy utilizada en otras aplicaciones, por ejemplo, para transmitir radio. La operación inversa es la demodulación.

Al dispositivo que efectuaba ambas operaciones se lo conoció como modulador-demodulador.

La empresa Hayes Microcomputer Products Inc. en 1979 fue la encargada de desarrollar el primer modelo de módem llamado Hayes Smart modem, este podía marcar números telefónicos sin levantar la bocina, este se convirtió en el estándar y es por esto que la mayoría de fabricantes desarrollaba modems compatibles con este modelo, los primeros modems permitían la comunicación a 300 bps los cuales tuvieron un gran éxito y pronto fueron apareciendo modelos más veloces.

La evolución de los modems es asombrosa, Si nos retrotraemos unos 15 años la máxima velocidad de transmisión posible era de 300 bps (bits por segundo: unos 30 caracteres por segundo. Diez años atrás la velocidad se había cuadruplicado a 2.400 bps. Hoy en día es común hablar de modems de 28.800 bps y 33.600 bps: una multiplicación por 100 de los 300 bps iniciales; siempre utilizando las mismas líneas telefónicas. Finalmente han hecho su aparición los módem de 56 Kbps, que explotan las características digitales de las nuevas redes telefónicas.

Otros mecanismos como la modulación de fase o los métodos combinados permiten transportar más información utilizando el mismo canal de comunicación.

Baudios. Número de veces de cambio en el voltaje de la señal por segundo en la línea de transmisión. Los modem envían datos como una serie de tonos a través de la línea telefónica. Los tonos se "encienden"(ON) o "apagan"(OFF) para indicar un nivel de estado a 1 o un nivel de estado 0 digital. Bits por segundo (BPS). Es el número efectivo de bits/seg que se transmiten

en una línea por segundo. Como hemos visto un modem de 600 baudios puede transmitir a 1200, 2400 o, incluso a 9600 BPS.

La señal está formada por diferentes tonos que viajan hasta el otro extremo de la línea telefónica, donde se vuelven a convertir a datos digitales. Las leyes físicas establecen un límite para la velocidad de transmisión en un canal ruidoso, con un ancho de banda determinado. Por ejemplo, un canal de banda 3000Hz, y una señal de ruido 30dB (que son parámetros típicos del sistema telefónico), nunca podrán transmitir a más de 30.000 BPS. Throughput. Define la cantidad de datos que pueden enviarse a través de un modem en un cierto período de tiempo. Un modem de 9600 baudios puede tener un throughput distinto de 9600 BPS debido al ruido de la línea (que puede ralentizar) o a la compresión de datos (que puede incrementar la velocidad hasta 4 veces el valor de los baudios a transmitir por el medio de comunicación).

Para mejorar la tasa efectiva de transmisión o throughput se utilizan técnica de compresión de datos y corrección de errores y compresión de datos. Describe el proceso de tomar un bloque de datos y reducir su tamaño. Se emplea para eliminar información redundante y para empaquetar caracteres empleados frecuentemente con sólo uno o dos bits. Control de errores. La ineludible presencia de ruido en las líneas de transmisión provoca errores en el intercambio de información que se debe detectar introduciendo información de control. Así mismo puede incluirse información redundante que permita además corregir los errores cuando se presenten.

Estándares de modulación dos modems para comunicarse necesitan emplear la misma técnica de modulación. La mayoría de los modem son full-duplex, lo cual significa que pueden transferir datos en ambas direcciones. Hay otros modem que son half-duplex y pueden transmitir en una sola dirección al mismo tiempo. Algunos estándares permiten sólo operaciones asíncronas y otros síncronas o asíncronas con el mismo modem. Veamos los tipos de

modulación más frecuentes:

7.9.2 COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA INTERFAZ RS-232

La interfaz de comunicación RS-232 entre un ordenador PC y una conexión Módem

se conecta a través de un puerto de comunicaciones serial del primero. A través del cable RS232 conectado entre el ordenador y modem estos se comunican. Hay varios circuitos independientes en el interfaz RS232. Dos de estos circuitos, el de transmitir datos (TD), y el de recibir datos (RD) forman la conexión de datos entre PC y Modem. Hay otros circuitos en el interfaz que permiten tener acceso directo a lectura y controlar estos circuitos. Vamos a ver como se utilizan estas señales para conectarse con el modem:

- DTR (Data Terminal Ready). Esta señal indica al modem que el PC está conectado y listo para comunicar. Si la señal se pone a OFF mientras el modem esta en on-line, el modem termina la sesión y cuelga el teléfono.
- CD (Carrier Detect). El modem indica al PC que esta on-line, es decir conectado con otro modem.
- RTS (Request to send). Normalmente en ON. Se pone OFF si el modem no puede aceptar más datos del PC, por estar en esos momentos realizando otra operación.
- CTS (Clear to send). Normalmente en ON. Se pone OFF cuando el PC no puede aceptar datos del modem.

El control de flujo es un mecanismo por el cual modem y ordenador gestionan los intercambios de información.

Estos mecanismos permiten detener el flujo cuando uno de los elementos no puede procesar más información y reanudar el proceso no mas vuelve a estar disponible. Los métodos más comunes de control de flujo son:
Control de flujo hardware

- RTS y CTS permiten al PC y al modem parar el flujo de datos que se establece entre ellos de forma temporal. Este sistema es el más seguro y el que soporta una operación adecuada a altas velocidades.
- Control de flujo software: XON/XOFF
- Aquí se utilizan para el control dos caracteres especiales XON y XOFF (en vez de las líneas hardware RTS y CTS) que controlan el flujo. Cuando el PC quiere que el modem pare su envío de datos, envía XOFF. Cuando el PC quiere que el modem le envíe más datos, envía XON. Los mismos caracteres utiliza el modem para controlar los envíos del PC. este sistema no es adecuado para altas velocidades.

Para intercambiar archivos entre dos computadoras, se deberá utilizar en ambas un protocolo de transmisión adecuado. Existen muchos aunque, el protocolo de datos más usado actualmente es el protocolo XMODEM y ZMODEM.

El protocolo de la maquina que envía los archivos, envía la información del nombre, tamaño, etc. La información la manda en bloques, que contienen, además, un CRC de 32 bits de bloque, si no coincide, este se reenvía.

7.9.3 MODULACIÓN FSK

La Modulación por desplazamiento de frecuencia o **FSK**, (**F**requency **S**hift **K**eying) es una técnica de transmisión digital de información binaria (ceros y unos) utilizando dos frecuencias diferentes. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde uno representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama bit-rate y tiene como unidad el bit por segundo (bps).

A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama baud-rate. En esencia el baud-rate es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo.

En FSK, el bit rate = baud rate. Así, por ejemplo, un **0** binario se puede representar con una frecuencia f_1 , y el **1** binario se representa con una frecuencia distinta f_2 .

El módem usa un VCO, que es un oscilador cuya frecuencia varía en función del voltaje aplicado.

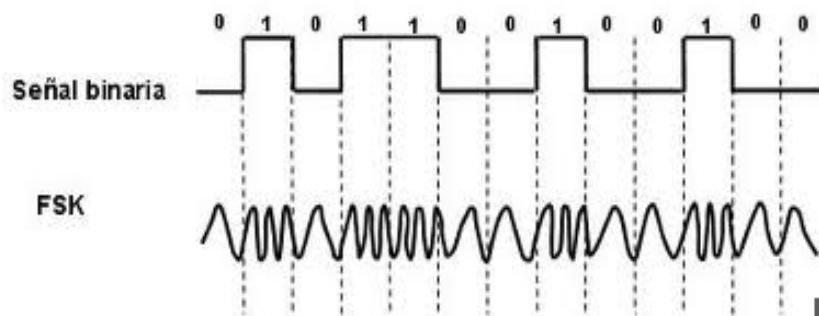


Figura 7-5. Onda de modulación FSK fuente Internet

7.10 SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN HORARIA GPS

El sistema GPS es una constelación de 24 satélites orbitando a gran altitud alrededor de la Tierra. Este sistema fue establecido y es mantenido por el departamento de defensa de los Estados Unidos.

GPS está basado en medidas de distancias a satélites. Esto quiere decir que nosotros podemos conocer nuestra posición en la tierra midiendo la distancia a 4 satélites en el espacio. Los satélites GPS están a gran altitud para evitar los problemas del campo gravitatorio terrestre y utilizan una tecnología lo suficientemente precisa para poder dar cobertura mundial durante las 24 horas del día.

La constelación GPS está equipada con relojes atómicos controlados desde la tierra lo que permite trabajar con un patrón de Tiempo Universal Coordinado

(UTC).

El reloj de tiempo TKR2 es un reloj, basado en el receptor GPS SV6, de alta precisión orientado a aplicaciones donde la correcta sincronización.

7.11 RELÉ BIESTABLE (BJ8) ARTECHE

Relés con 2 posiciones estables para los contactos de salida. Dependiendo de la bobina que se alimente, los contactos pasarán de una posición a otra.

El diseño del relé Arteche permite que no tenga consumo en permanencia, ni se pueda actuar simultáneamente sobre las dos bobinas.

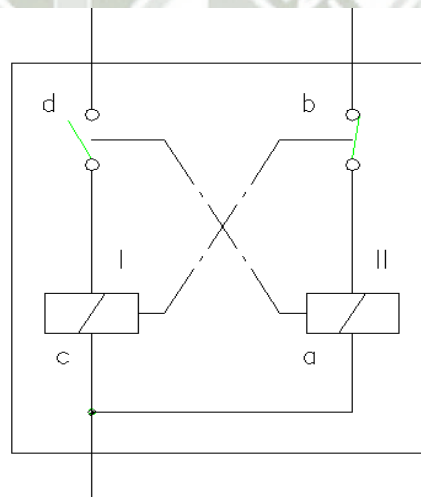


Figura 7-6. Esquema de relé biestable

7.12 EQUIPOS QUE CONFORMAN UN DE PATIO DE LLAVES ELÉCTRICO

Relés con 2 posiciones estables para los contactos de salida. Dependiendo de la bobina que se alimente, los contactos pasarán de una posición a otra. El diseño del relé Arteche.

A). INTERRUPTOR DE POTENCIA

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.



Figura 7-7. Interruptor de potencia trifásico fuente Internet

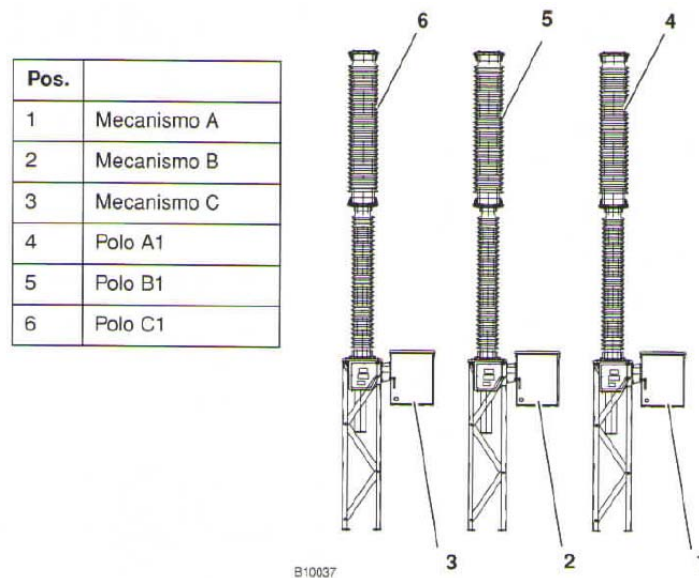


Figura 7-8. Partes de interruptor de potencia fuente ABB Switchgear

Existen diferentes formas de energizar los circuitos de control. Para obtener una mayor confiabilidad, estos circuitos se conectan a bancos de baterías. Este tipo de energización, sí bien aumenta los índices de confiabilidad, también aumenta el costo y los requerimientos de mantenimiento exigidos por las baterías. Las tensiones más empleadas por estos circuitos son de 48 y 125 V. También es común energizar estos circuitos de control, a través de transformadores de servicios auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o subestación, con un voltaje secundario en estrella de 400/231 Volts.

Arco Eléctrico

Cuando un interruptor abre un circuito con carga o por despejar una falla es inevitable la presencia del arco eléctrico, la que sin duda es una condición desfavorable, en la operación de interruptores. Durante la presencia del arco se mantiene la circulación de corriente en el circuito de potencia. Las características del arco dependen, entre otras cosas de:

- La naturaleza y presión del medio ambiente donde se induce.
- La presencia de agentes ionizantes o desionizantes.
- La tensión entre los contactos y su variación en el tiempo.
- La forma, separación y estructura química de los contactos.
- La forma y composición de la cámara apaga chispa.
- Sistema de extinción del arco.

La generación del arco se debe a la ionización del medio entre los contactos, haciéndolo conductor, lo que facilita la circulación de corriente. La presencia de iones se origina por la descomposición de las moléculas que conforman el medio entre los contactos, producto de colisiones entre éstas y los electrones aportados por la corriente. Se puede decir que la emisión de electrones desde la superficie de los contactos de un interruptor, se debe a las siguientes causas:

- Aumento de temperatura, originando una emisión termo-iónica de electrones.
- Presencia de un alto gradiente de tensión, responsable de la emisión de electrones por efecto de campo.

Formas de Extinguir el Arco

En los interruptores de potencia una de las formas de extinguir el arco, es aumentando la resistencia que ofrece el medio a la circulación de corriente.

La resistencia del arco puede aumentarse enfriando el arco, o bien alargándolo, o dividiéndolo. El inconveniente de este último método, es que la energía que debe ser disipada es alta, razón por la cual su uso se limita a aplicaciones en baja y media tensión tanto en corriente alterna como en continua.

Características comparativas de los Interruptores:

Los interruptores se pueden clasificar de acuerdo a sus características constructivas. Las principales características constructivas de los interruptores consisten en la forma en que se extingue el arco y a la habilidad mostrada para establecer la rigidez dieléctrica entre los contactos para soportar en buena forma (sin reencendido del arco) las tensiones de reignición.

Las ventajas y desventajas de los principales tipos de interruptores se indican a continuación:

Interruptores de gran volumen de aceite:

Ventajas:

- Construcción sencilla,
- Alta capacidad de ruptura,
- Pueden usarse en operación manual y automática,
- Pueden conectarse transformadores de corriente en los bushings de entrada.

Desventajas:

- Posibilidad de incendio o explosión.
- Necesidad de inspección periódica de la calidad y cantidad de aceite en el estanque.
- Ocupan una gran cantidad de aceite mineral de alto costo.
- No pueden usarse en interiores.
- No pueden emplearse en conexión automática.
- Los contactos son grandes y pesados y requieren de frecuentes cambios.
- Son grandes y pesados.

Interruptores de pequeño volumen de aceite

Ventajas:

- Comparativamente usan una menor cantidad de aceite.

- Menor tamaño y peso en comparación a los de gran volumen.
- Menor costo.
- Pueden emplearse tanto en forma manual como automática.
- Fácil acceso a los contactos.

Desventajas:

- Peligro de incendio y explosión aunque en menor grado comparados a los de gran volumen.
- No pueden usarse con reconexión automática.
- Requieren una mantención frecuente y reemplazos periódicos de aceite.
- Sufren de mayor daño los contactos principales.

Interruptores Neumáticos

Se usan principalmente en alta tensión y poseen las siguientes características:

Ventajas:

- No hay riesgos de incendio o explosión.
- Operación muy rápida.
- Pueden emplearse en sistemas con reconexión automática.
- Alta capacidad de ruptura.
- La interrupción de corrientes altamente capacitivas no presenta mayores dificultades.
- Menor daño a los contactos.
- Fácil acceso a los contactos.
- Comparativamente menor peso.

Desventajas:

- Poseen una compleja instalación debido a la red de aire comprimido, que incluye motor, compresor, cañerías, etc.,
- Construcción más compleja,

- Mayor costo,

Interruptores en vacío

La alta rigidez dieléctrica que presenta el vacío (es el aislante perfecto) ofrece una excelente alternativa para apagar en forma efectiva el arco. En efecto, cuando un circuito en corriente alterna se desenergiza separando un juego de contactos ubicados en una cámara en vacío, la corriente se corta al primer cruce por cero o antes, con la ventaja de que la rigidez dieléctrica entre los contactos aumenta en razón de miles de veces mayor a la de un interruptor convencional (1 KV por μ s para 100 A en comparación con 50 V/ μ s para el aire). Esto hace que el arco no vuelva a reencenderse. Estas propiedades hacen que el interruptor en vacío sea más eficiente, liviano y económico.

La presencia del arco en los primeros instantes después de producirse la apertura de los contactos se debe principalmente a:

- Emisión termoiónica.
- Emisión por efecto de campo eléctrico.

En otras palabras, los iones aportados al arco, provienen de los contactos principales del interruptor. Conviene destacar que en ciertas aplicaciones se hace conveniente mantener el arco entre los contactos hasta el instante en que la corriente cruce por cero. De esta forma se evitan sobre-tensiones en el sistema, producto de elevados valores de di/dt . La estabilidad del arco depende del material en que estén hechos los contactos y de los parámetros del sistema de potencia (voltaje, corriente, inductancia y capacitancia). En general la separación de los contactos va entre los 5 y los 10 mm.

Ventajas

- Tiempo de operación muy rápida, en general la corriente se anula a la primera pasada por cero.
- Rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente impidiendo la reignición del arco.

- Son menos pesados y más baratos.
- Prácticamente no requieren mantención y tienen una vida útil mucho mayor a los interruptores convencionales.
- Especial para uso en sistemas de baja y media tensión.

Desventajas:

- Dificultad para mantener la condición de vacío.
- Generan sobre-tensiones producto del elevado di/dt .
- Tienen capacidad de interrupción limitada.

Es importante destacar la importancia que tiene el material con que se fabrican los contactos de los interruptores en vacío. La estabilidad del arco al momento de separarse los contactos, depende principalmente de la composición química del material con que fueron fabricados. Si el arco es inestable, significa que se apaga rápidamente antes del cruce natural por cero de la corriente, generando elevados di/dt con las consiguientes sobre tensiones. Para evitar esta situación, se buscan materiales que presenten baja presión de vapor en presencia de arco. Estos materiales no son fáciles de encontrar, pues tienen propiedades no del todo apropiadas para uso en interruptores en vacío. Por ejemplo materiales con buena conductividad térmica y eléctrica, tienen bajos puntos de fusión y ebullición, y alta presión de vapor a altas temperaturas. Sin embargo, metales que presentan baja presión de vapor a altas temperaturas son malos conductores eléctricos. Para combinar ambas características se han investigado aleaciones entre metales y materiales no metálicos como Cobre-Bismuto, Cobre-Plomo, Cobre-Tantalio, Plata-Bismuto, o Plata-Telorium.

Interruptores en Hexafluoruro de Azufre (SF₆):

El SF₆ se usa como material aislante y también para apagar el arco. El SF₆ es un gas muy pesado (5 veces la densidad del aire), altamente estable, inerte, inodoro e inflamable. En presencia del SF₆ la tensión del arco se mantiene en un valor bajo, razón por la cual la energía disipada no alcanza valores muy

elevados. La rigidez dieléctrica del gas es 2.5 veces superior a la del aire (a presión atmosférica). La rigidez dieléctrica depende de la forma del campo eléctrico entre los contactos, el que a su vez depende de la forma y composición de los electrodos. Si logra establecerse un campo magnético no uniforme entre los contactos, la rigidez dieléctrica del SF₆ puede alcanzar valores cercanos a 5 veces la rigidez del aire. Son unidades selladas, trifásicas y pueden operar durante largos años sin mantención, debido a que prácticamente no se descompone, y no es abrasivo.

Otra importante ventaja de este gas, es su alta rigidez dieléctrica que hace que sea un excelente aislante. De esta forma se logra una significativa reducción en las superficies ocupadas por subestaciones y switchgear. La reducción en espacio alcanzada con el uso de unidades de SF₆ es cercana al 50% comparado a subestaciones tradicionales. Esta ventaja muchas veces compensa desde el punto de vista económico, claramente se debe mencionar que hay un mayor costo inicial, en su implementación. La presión a que se mantiene el SF₆ en interruptores, es del orden de 14 atmósferas, mientras que en switchgear alcanza las 4 atmósferas.

El continuo aumento en los niveles de cortocircuito en los sistemas de potencia ha forzado a encontrar formas más eficientes de interrumpir corrientes de fallas que minimicen los tiempos de corte y reduzcan la energía disipada durante el arco. Es por estas razones que se han estado desarrollando con bastante éxito interruptores en vacío y en hexafluoruro de azufre (SF₆).

B). SECCIONADOR DE POTENCIA



Figura 7-9. Partes del seccionador de potencia fuente Internet

Con el fin de evitar riesgos innecesarios, los equipos eléctricos deben ser manipulados sin carga o en vacío, tanto si es para su mantenimiento o su reparación. Para poder cumplir con este requisito disponemos de un concepto, el seccionamiento de las cuchillas desconectadoras (llamados también **Seccionadores**) son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas. Son muy utilizadas en las centrales de transformación de energía eléctrica de cada ciudad. Consta de las siguientes partes:

1. **Contacto fijo.** Diseñado para trabajo rudo, con recubrimiento de plata.
2. **Multicontacto móvil.** Localizado en el extremo de las cuchillas, con recubrimiento de plata y muelles de respaldo que proporcionan cuatro puntos de contacto independientes para óptimo comportamiento y presión de contacto.
3. **Cámara interruptiva.** Asegura la interrupción sin arco externo. Las levas de las cuchillas y de la cámara interruptiva están diseñadas para eliminar cualquier posibilidad de flameo externo.

4. **Cuchillas.** Fabricadas con doble solera de cobre. La forma de su ensamble proporciona una mayor rigidez y alineación permanente, para asegurar una operación confiable.
5. **Contacto de bisagra.** Sus botones de contacto troquelado y plateados en la cara interna de las cuchillas, en unión con un gozne plateado giratorio y un resorte de presión de acero inoxidable, conforman un diseño que permite combinar óptimamente la presión de contacto, evitando puntos calientes pero facilitando la operación y estabilidad de las cuchillas.
6. **Aisladores tipo estación.** De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas.
7. **Base acanalada.** De acero galvanizado de longitud variable, con varios agujeros y ranuras para instalarse en cualquier estructura.
8. **Cojinete.** De acero, con buje de bronce que proporciona una operación suave. No requiere mantenimiento y resiste la corrosión.
9. **Mecanismo de operación.** Permite una amplia selección de arreglos de montaje para diferentes estructuras.

La maniobra de operación con estas cuchillas implica abrir antes los interruptores que las cuchillas en el caso de desconexión. Y cerrar antes las cuchillas y después los interruptores en el caso de conexión.

Esto es debido a que los seccionadores son un tipo de apartamiento eléctrica más de seguridad, que de corte propiamente dicho, pues su objetivo es proporcionar una seguridad visual de desconexión real ante operaciones que requieren desconexión. De esta forma, un operario trabajando puede ver visualmente que la desconexión se ha llevado a cabo, y que no sufrirá ninguna clase de daños, aunque exista un fallo en los interruptores, y que las cuchillas pueden tener peligro de arco eléctrico mientras que los interruptores, no.

El seccionador, si así lo permite, puede ir acompañado de fusibles, dependerá de sus características físicas.

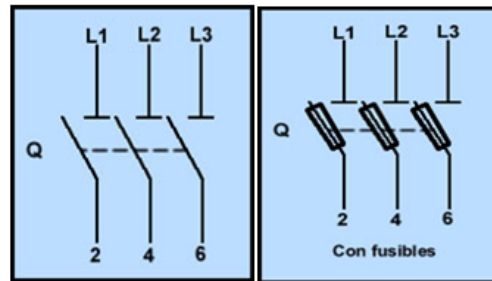


Figura 7-10. Simbología del seccionador de potencia fuente Internet

C). TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Se denomina por tanto al transformador de potencia como un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

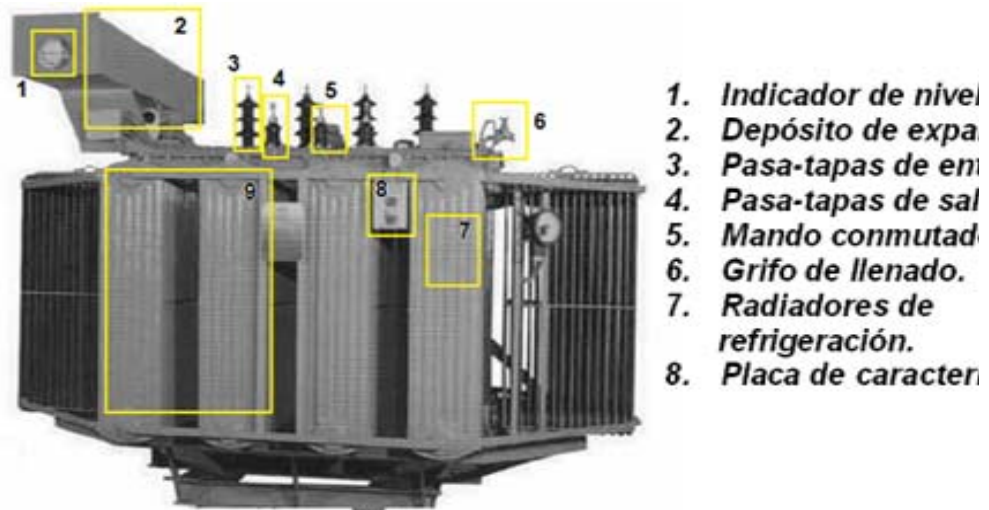


Figura 7-11. Partes del transformador de potencia fuente Internet

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s), según la ecuación:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

La **relación de transformación (m)** de la tensión entre el bobinado primario y el bobinado secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de tensión.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$

Donde: (**V_p**) es la tensión en el devanado primario o tensión de entrada, (**V_s**) es la tensión en el devanado secundario o tensión de salida, (**I_p**) es la corriente en el devanado primario o corriente de entrada, e (**I_s**) es la corriente en el devanado secundario o corriente de salida.

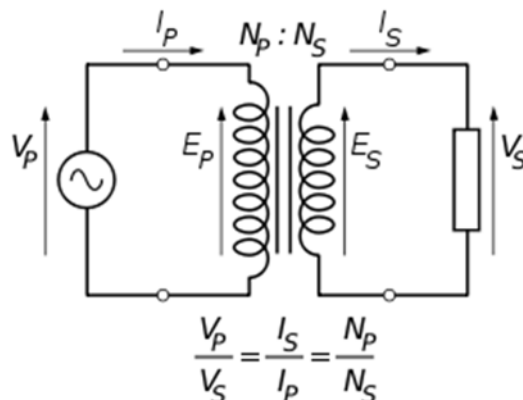


Figura 7-12. Circuito del transformador de potencia fuente Internet

Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se

obtienen 23.000 voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama *relación de vueltas* del transformador o relación de transformación.

Ahora bien, como la potencia eléctrica aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario:

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

D). TRAMPA DE ONDA

Las trampas de onda son dispositivos que se conectan en serie en las líneas de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia industrial de tal forma que no perturbe la transmisión de energía, pero debe ser relativamente alta para cualquier banda de frecuencia utilizada para comunicación por portadora. Por lo general el rango de frecuencia utilizado para comunicación por portadora es de 30-500 KHz, lo cual se escoge de acuerdo con las frecuencias ya usadas por la compañía de servicios y con la longitud de la línea.

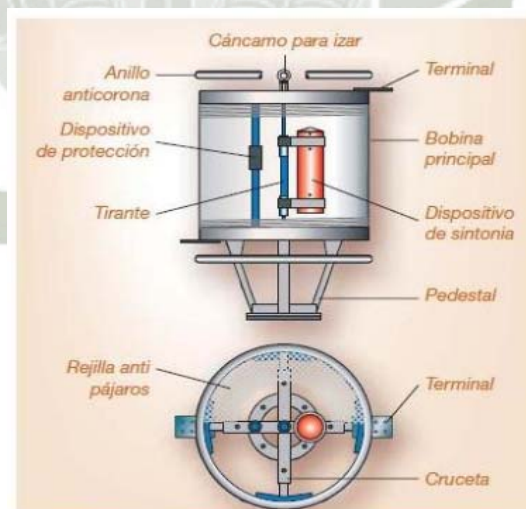


Figura 7-13. Circuito de la trampa de onda fuente Internet

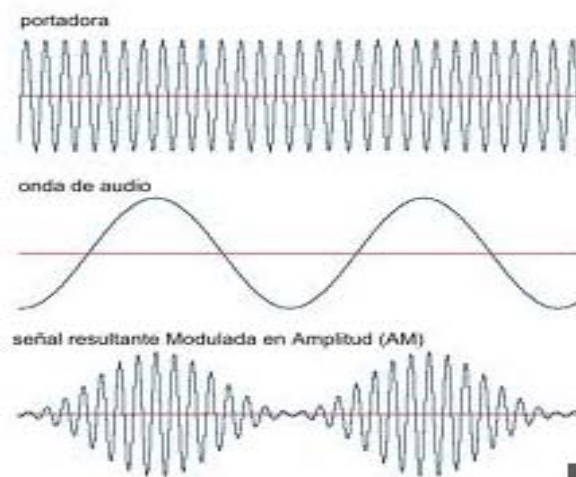


Figura 7-14. Forma de onda de modulación onda portadora fuente Internet

E). PARARRAYOS

Un **pararrayos** es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones. Fue inventado en 1753 por Benjamín Franklin. El primer modelo se conoce como «pararrayos Franklin», en homenaje a su inventor.

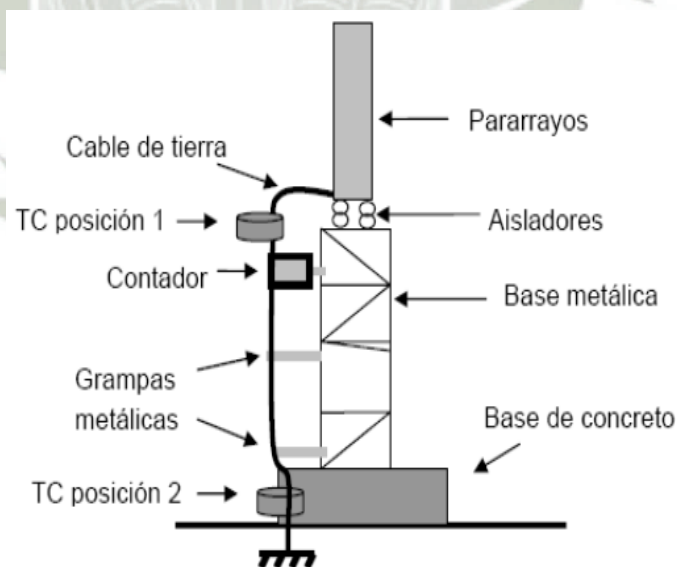


Figura 7-15. Partes de un Pararrayos fuente Internet

F). TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO

Los transformadores de medida traducen las intensidades y tensiones de las líneas de Alta, Media y Baja Tensión a valores medibles por contadores y protecciones. ACJ HIGH VOLTAGE.

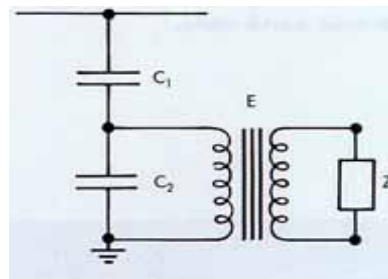


Figura 7-16. Esquema de un transformador de tensión capacitivo fuente Internet

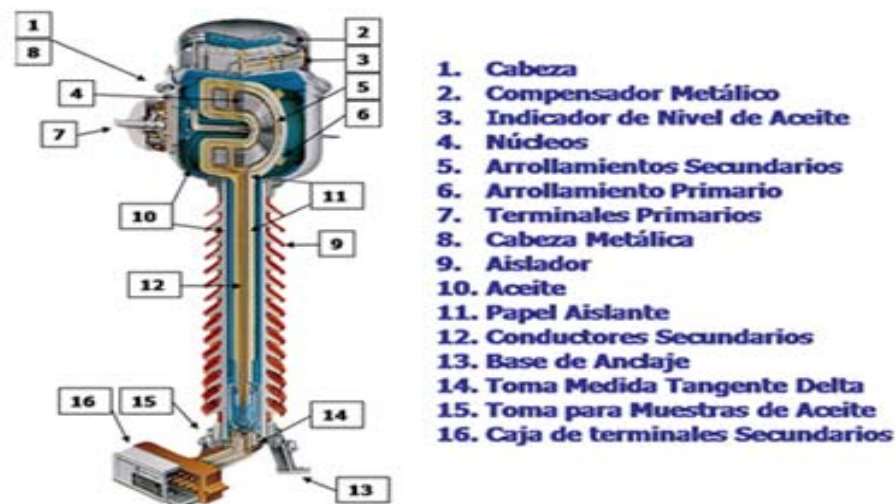


Figura 7-17. Partes de un transformador de tensión capacitivo fuente Internet

Los Transformadores de Medida con aislamiento seco están diseñados para reducir tensiones a valores manejables y proporcionales a las primarias originales, separando del circuito de alta tensión los instrumentos de medida, contadores, relés, ideal para ser instalados en puntos de medida por su muy alta clase de precisión, excelente respuesta frecuencial, apta para monitorización de la calidad de onda y medida de armónicos.

G). TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de los transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser 600/5, 800/5, 1000/5 600/1. Los valores nominales de los transformadores de corriente son de 5 A y 1 A.

El primario de estos transformadores se conecta en serie con la carga, y la carga de este transformador está constituida solamente por la impedancia del circuito que se conecta a él

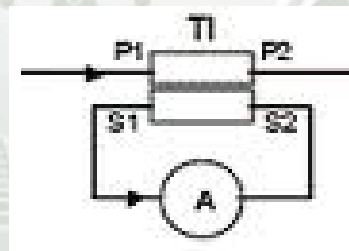


Figura 7-18. Esquema de un transformador de corriente fuente Internet



Figura 7-19. Transformador de corriente fuente Internet

8. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

8.1 SIMULACIÓN DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA

Para la simulación de un patio de llaves real se ha previsto emplear relés de posición biestables BJ8 que replicarán las posiciones instantáneas de los interruptores de potencia, un PLC para la simulación de estados temporizados de los seccionadores, replicadores de TAP del transformador de potencia y se empleará un software SCADA RS VIEW32 que supervisará los estados de los equipos de patio de llaves.

El Sistema SCADA mantendrá los criterios y las jerarquías de control propias de un sistema de control:

- 0 Patio de llaves
- 1 IED, Bastidores de Control.
- 2 HMI
- 3 Sistema SCADA.

Se diseñarán y graficarán los interruptores, seccionadores, transformador de potencia representados en un esquema unifilar y vista longitudinal.

Se dispondrá de una pantalla gráfica por equipo permitiendo ver su dinamismo eléctrico.

Simbología eléctrica:

PROGRAMACIÓN LÓGICA DE POSICIÓN DE INTERRUPTOR



Figura 8-1. Logo de software Isagraf

ISaGRAF es un paquete completo de software industrial que consiste en aplicaciones y herramientas de programación lógica, un motor de ejecución en tiempo de ejecución y herramientas de desarrollo personalizados VAR / OEM para aplicaciones de control de automatización. ISaGRAF está diseñado para convertir cualquier equipo industrial en un alto rendimiento, pero Controlador Lógico barata Soft. ISaGRAF se basa en el lenguaje de control de automatización industrial única reconocida internacionalmente, la normativa IEC61131-3. ISaGRAF fue el primer entorno de desarrollo basado en Windows para apoyar plenamente los cinco idiomas del PLC: Diagrama de contactos (LD), Diagrama de bloque de funciones (FBD), texto estructurado (ST) y Lista de instrucciones (IL). Además, para lograr la máxima potencia y flexibilidad, ISaGRAF es compatible con las funciones y bloques de funciones escritas en lenguajes IEC61131-3. Las solicitudes de gama ISaGRAF soportan desde el control de máquinas simples a complejos procesos de alta velocidad y alto rendimiento, y las tareas de alta fiabilidad.

Al agregar programación ISaGRAF, existen tres ventajas.

La primera es que el lenguaje PLC es fácil de diseñar. En lugar del lenguaje C.

La segunda ventaja es la extraordinaria capacidad de comunicación. Hay 4 puertos de comunicación de los controladores I- 84X7 / 88X7. COM1 es un dispositivo RS-232 simple que está vinculado a PC con ISaGRAF Workbench. Es compatible con el protocolo Modbus. Para el controlador de E - 8x17, COM2 es un dispositivo RS-485 a de red Modbus para un máximo de 255 controladores. Para el controlador I- 8x37, COM2 es un puerto ethernet apoyo Modbus TCP / IP que tiene el sistema de control para el mundo Internet. Tiene puertos dedicados para aplicaciones de redes RS232/RS485.

La tercera ventaja es que la integración con el software HMI y MMI se convierte fácil y potente cuando se utiliza el protocolo Modbus. Iconics , Intouch , FIX , Wizcon , Citect , Labview, LabLink , servidor OPC Modbus, son ejemplos de software HMI.

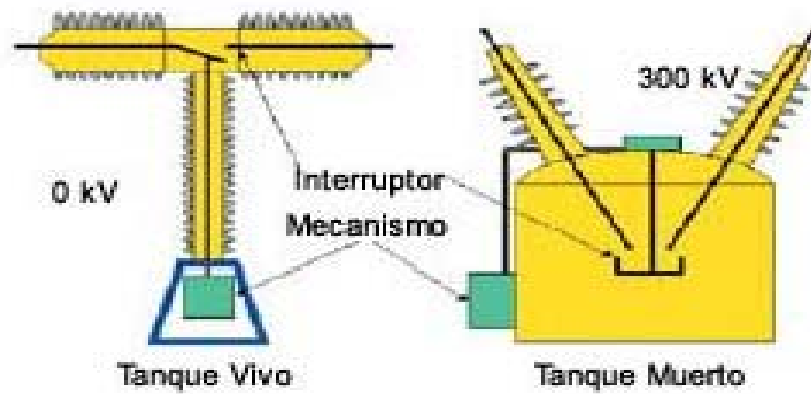


Figura 8-2. Estados de interruptor de potencia fuente Internet

CALCULO DEL ESTADO INTERRUPTOR 52-1

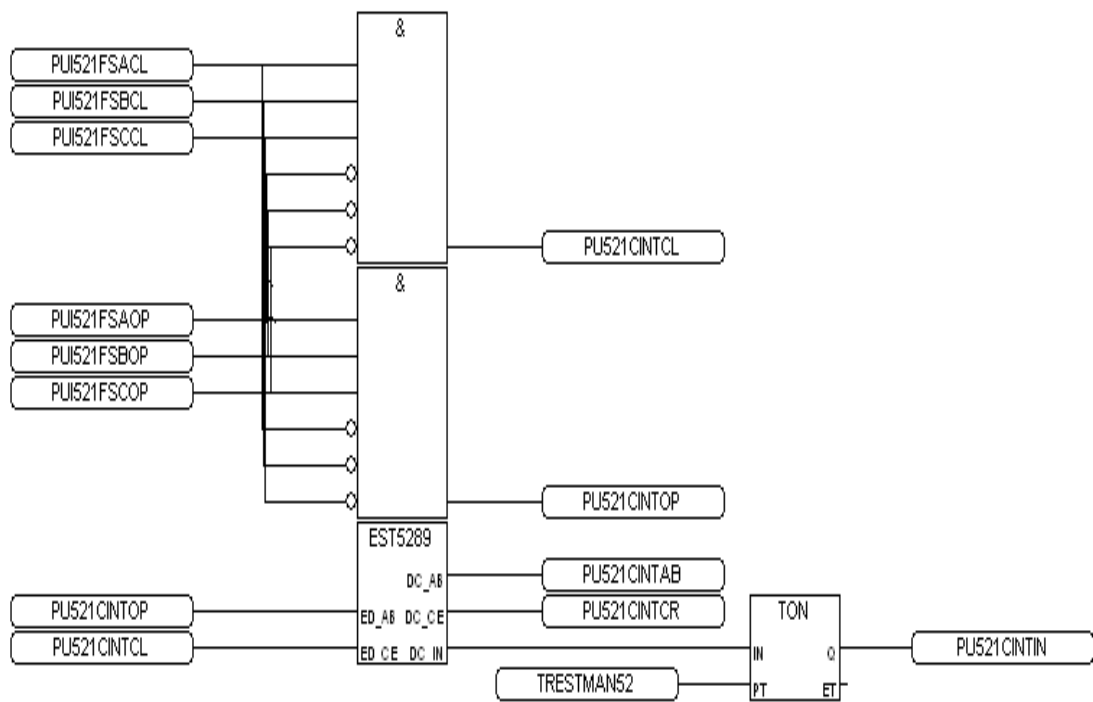


Figura 8-3. Lógica de interruptor

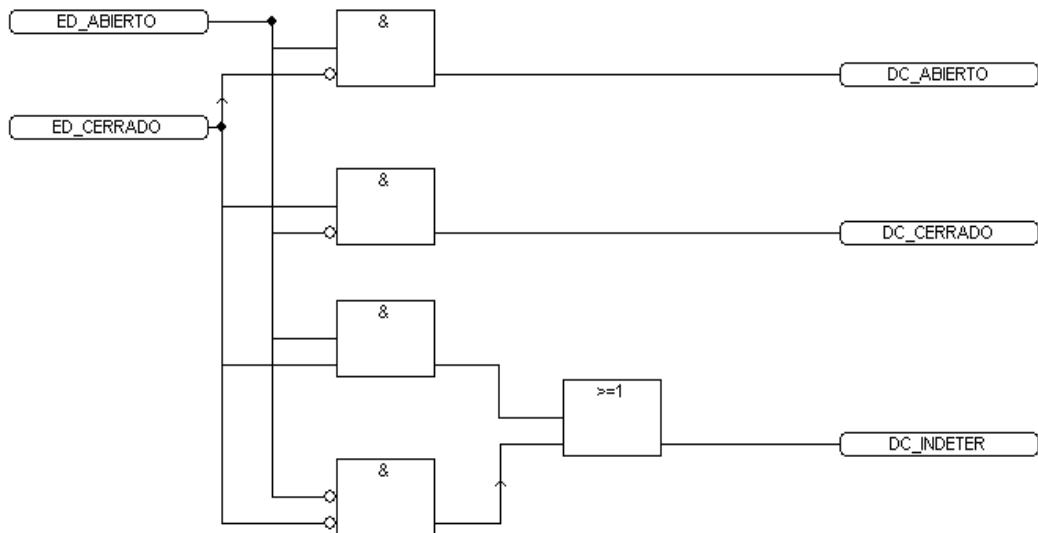


Figura 8-4. Subprograma de posición de indeterminado

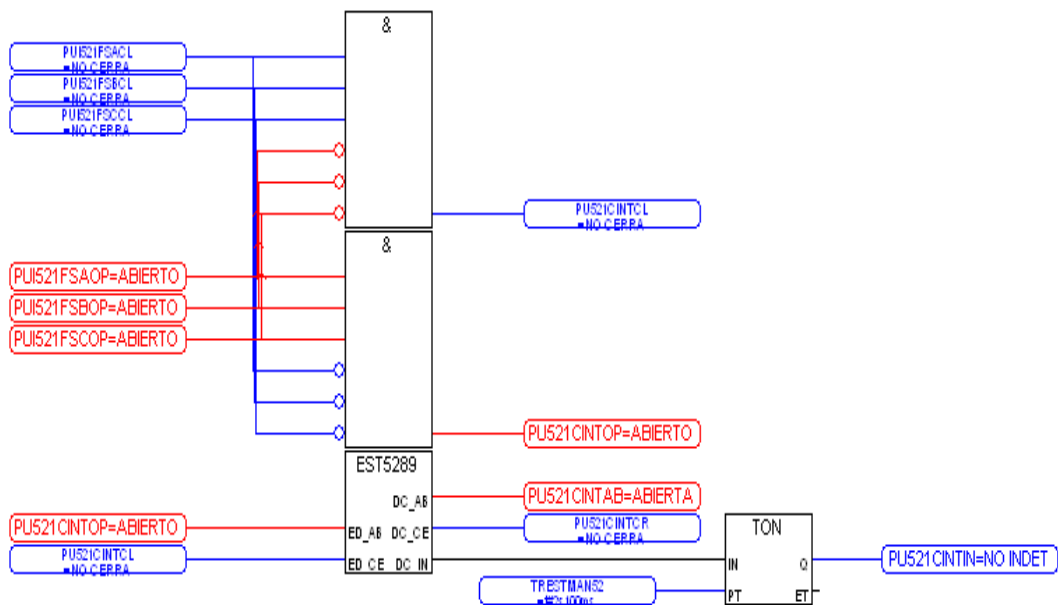


Figura 8-5. Cálculo de estado abierto del interruptor

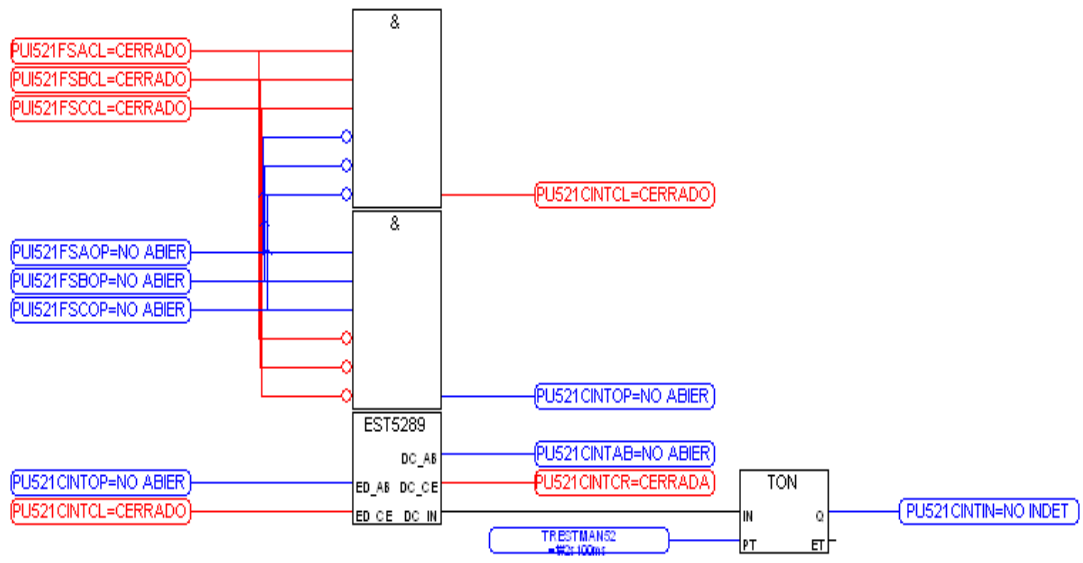


Figura 8-6. Cálculo de estado cerrado del interruptor

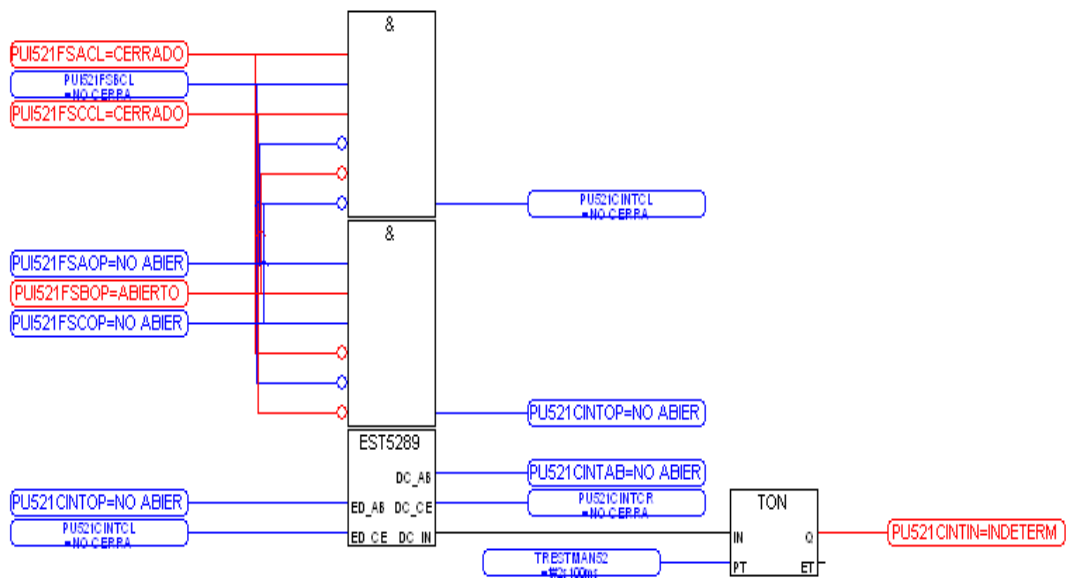


Figura 8-7. Cálculo de estado indeterminado del interruptor

El relé biestable simulará la condición física del interruptor de potencia

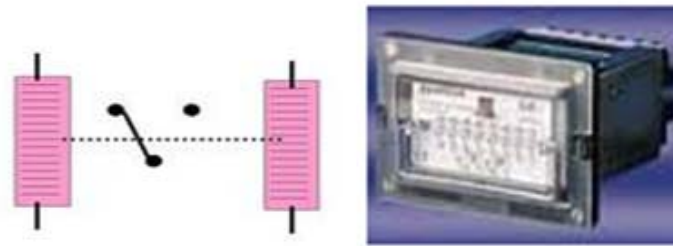


Figura 8-8. Estados de relé biestable

Planos de relés biestables para fase A, fase B y fase C.

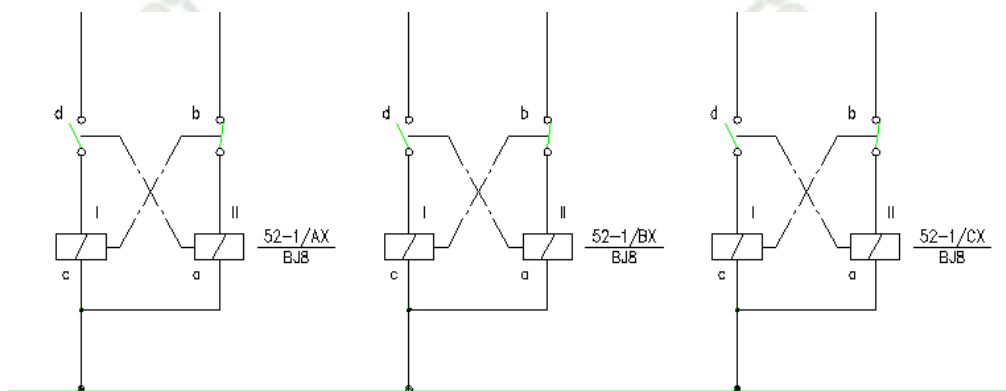


Figura 8-9. Esquema trifásico de relé biestable

8.2 SIMULACIÓN DE LOS SECCIONADORES DE POTENCIA

Los seccionadores de potencia requieren de un tiempo de transito que no es obtenido por los relés de biestables, para satisfacer este requerimiento se emplea el PLC con estados temporizados

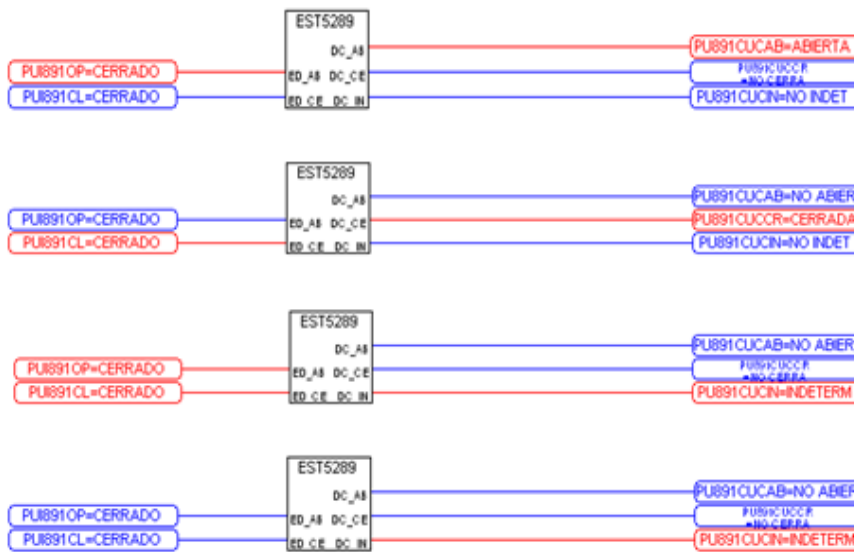


Figura 8-10. Lógica de seccionadores

PROGRAMA LADDER SECCIONADOR

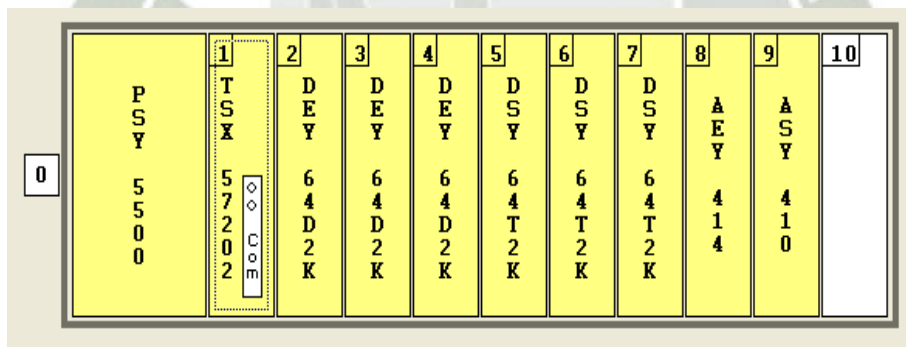


Figura 8-11. Tarjetas de PLC Premium

- PSY 5500 Fuente de alimentación
- TSX 57202 Tarjeta de comunicaciones
- DEY 64D2K Tarjeta de 64 entradas digitales 24VDC
- DEY 64D2K Tarjeta de 64 entradas digitales 24VDC
- DEY 64D2K Tarjeta de 64 entradas digitales 24VDC
- DSY 64T2K Tarjeta de 64 salidas digitales

DSY 64T2K	Tarjeta de 64 salidas digitales
DSY 64T2K	Tarjeta de 64 salidas digitales
AEY 414	Tarjeta de entradas analógicas
ASY 410	Tarjeta de salidas analógicas

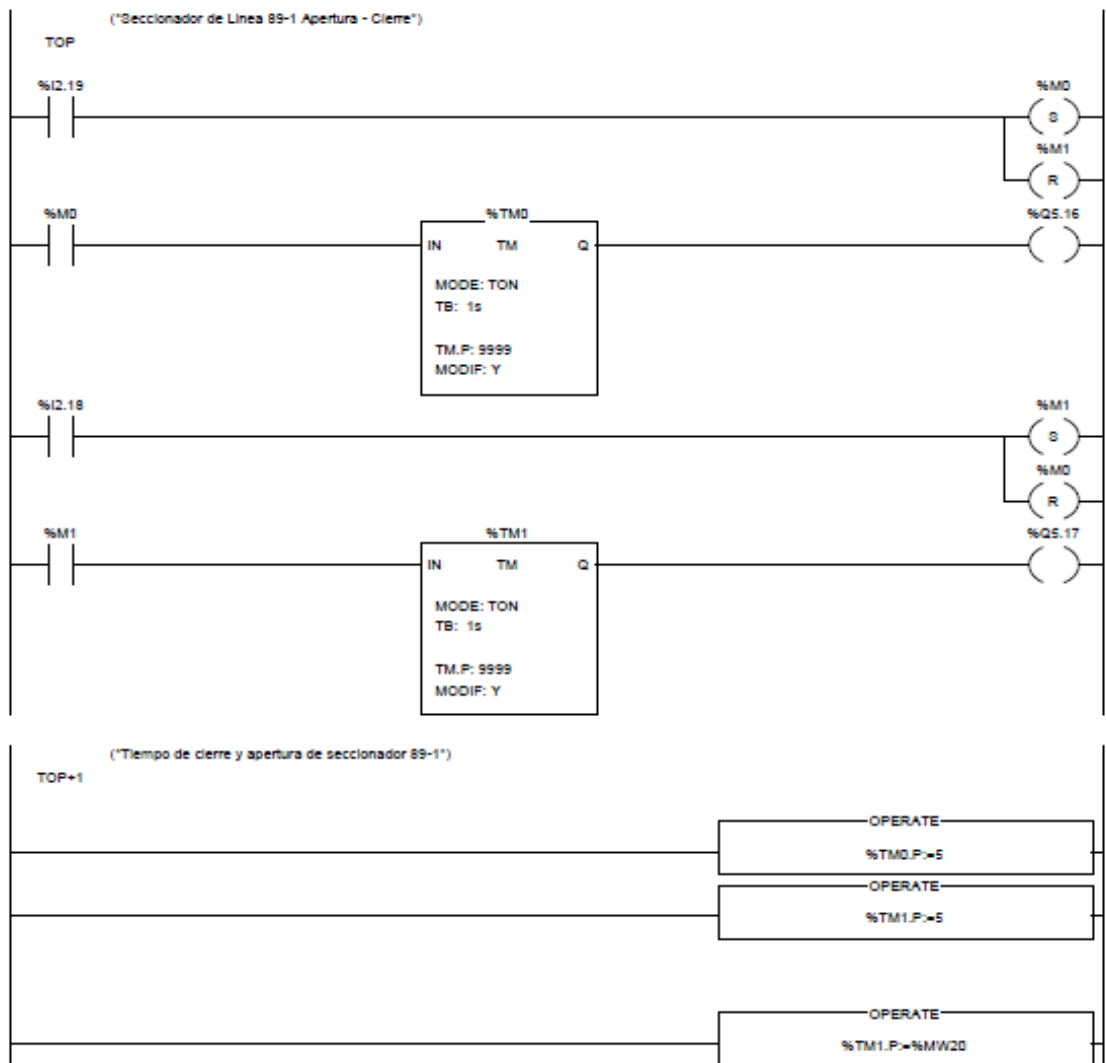


Figura 8-12. Programación ladder de seccionador 89-1

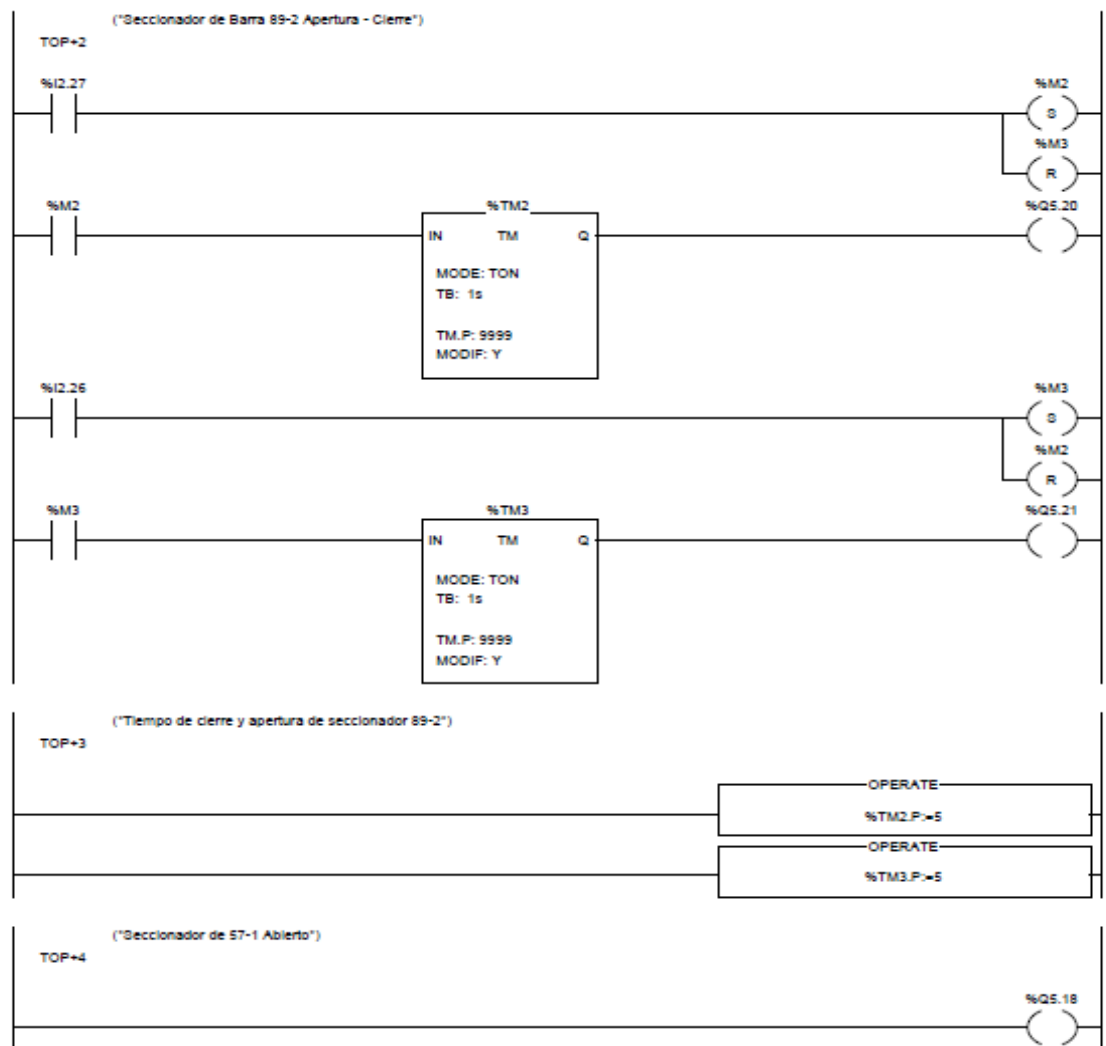


Figura 8-13. Programación ladder de seccionador 89-2

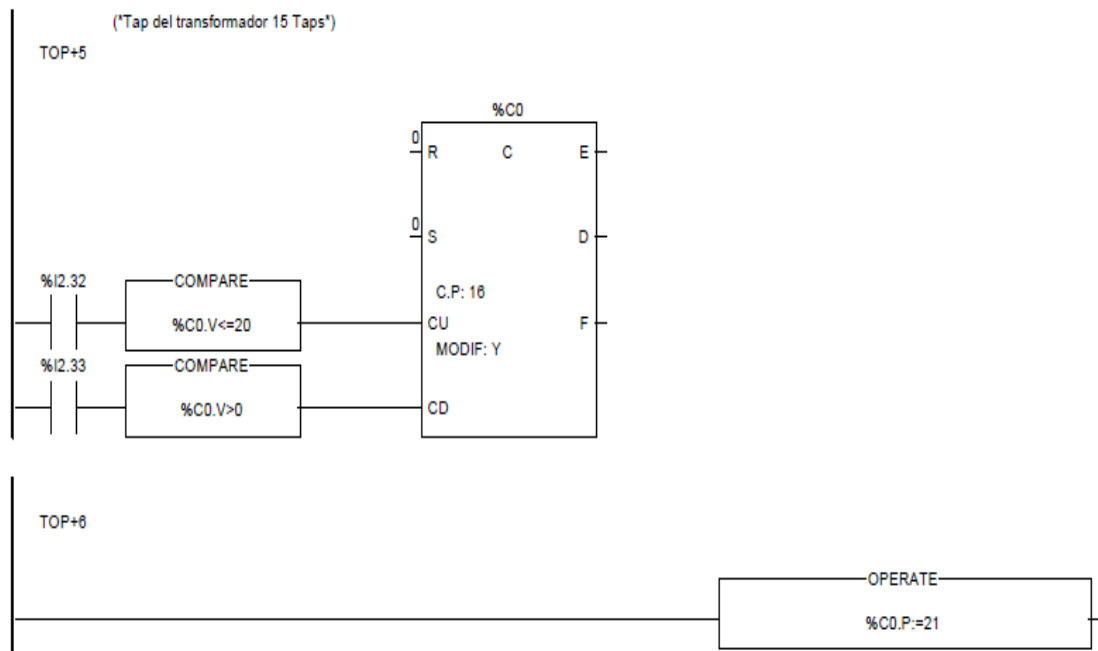


Figura 8-14. Programación ladder posición de TAP

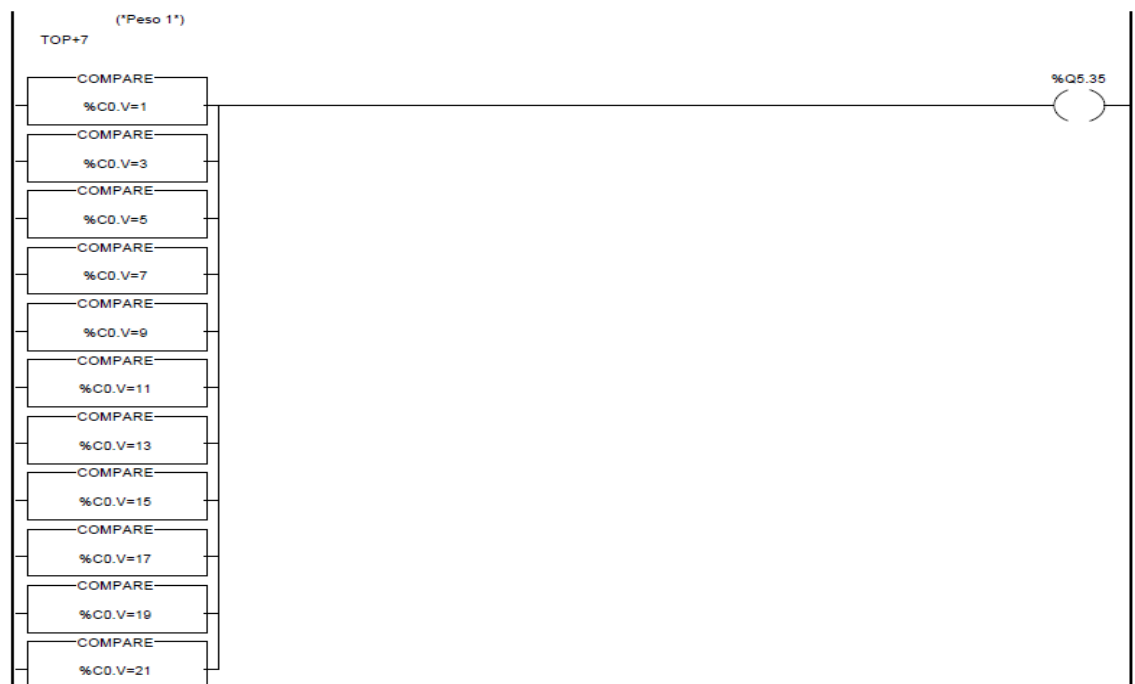


Figura 8-15. Programación ladder para posición de TAP paso 1

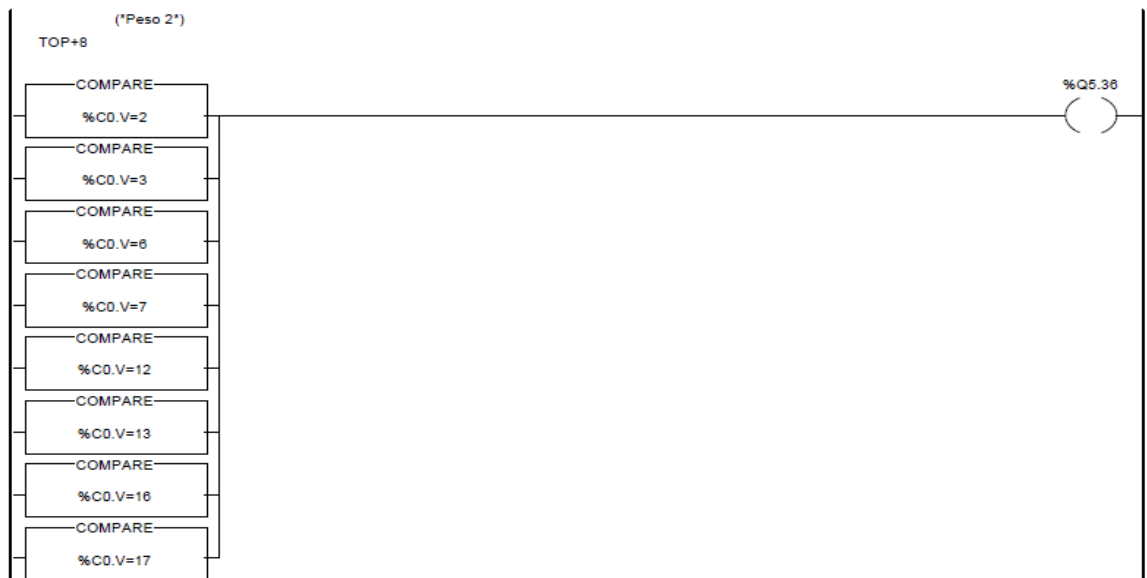


Figura 8-16. Programación ladder para posición de TAP paso 2



Figura 8-17. Programación ladder para posición de TAP paso 3



Figura 8-18. Programación ladder para posición de TAP paso 4

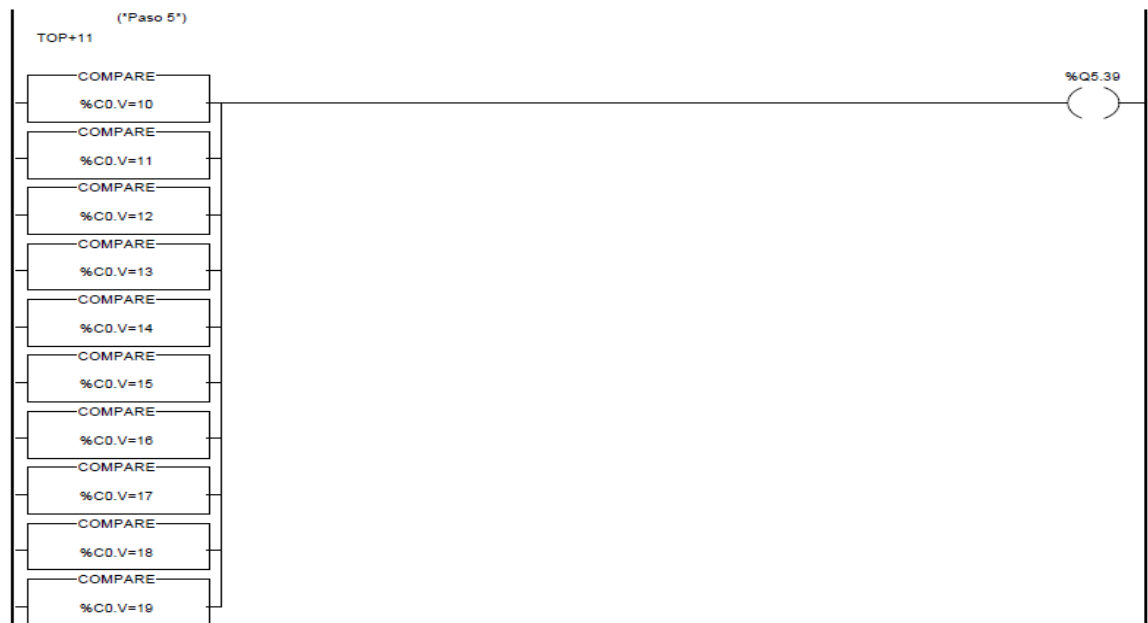


Figura 8-19. Programación ladder para posición de TAP paso 5



Figura 8-20. Programación ladder para posición de TAP paso 6

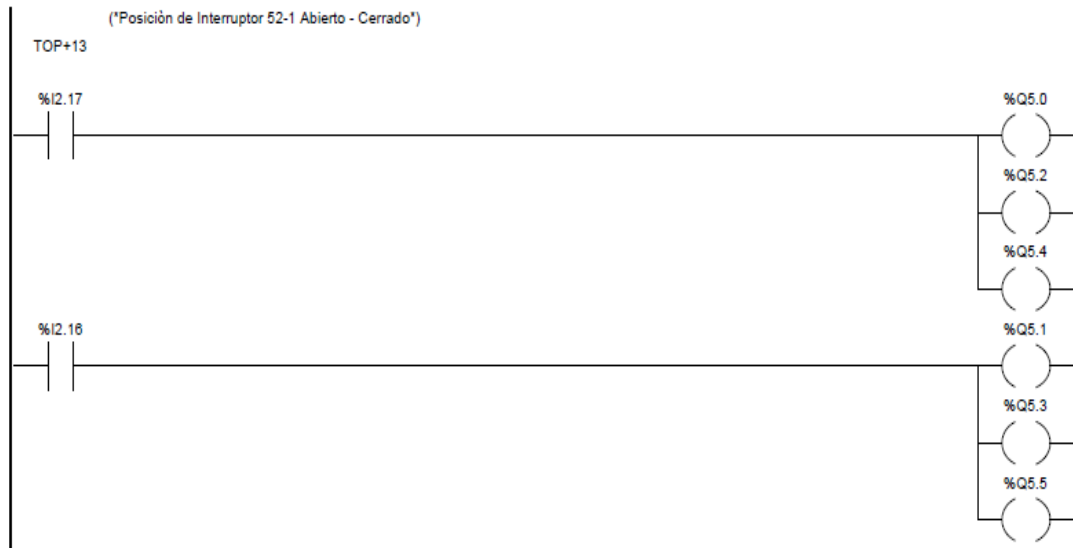


Figura 8-21. Posición de interruptor para discordancia de fases

8.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Para la simulación de un patio de llaves real se ha previsto emplear relés de posición biestables BJ8 que replicarán las posiciones instantáneas de los interruptores de potencia

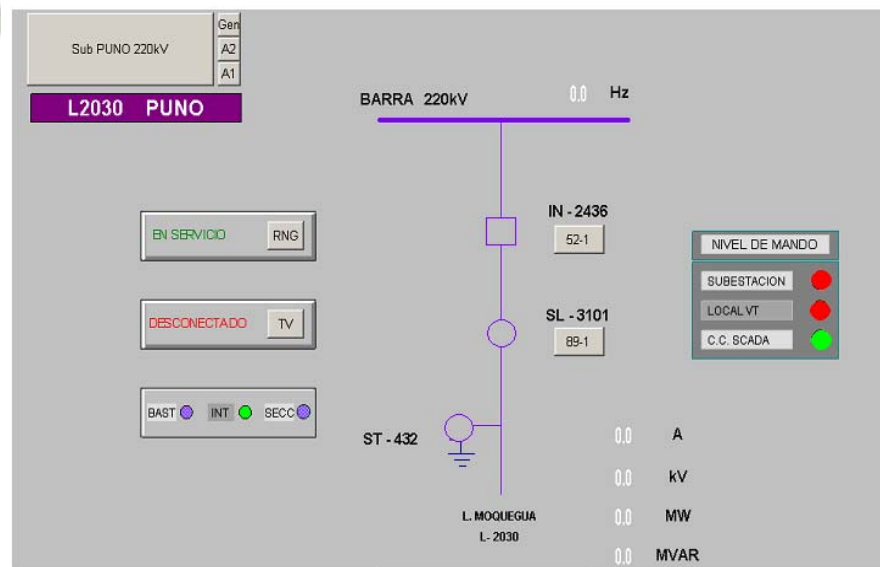


Figura 8-22. Equipos de patio de llaves (interruptor y seccionador abiertos)

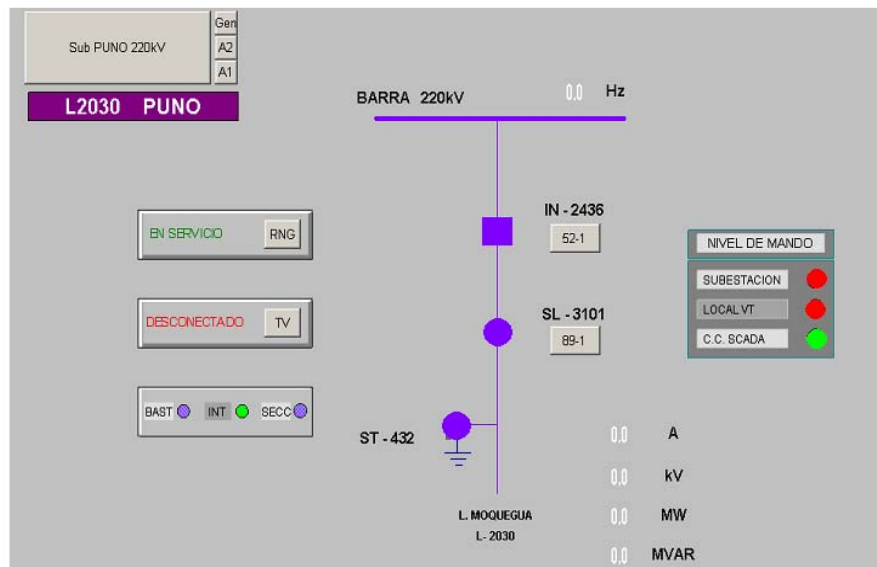


Figura 8-23. Equipos de patio de llaves (interruptor y seccionador cerrados)

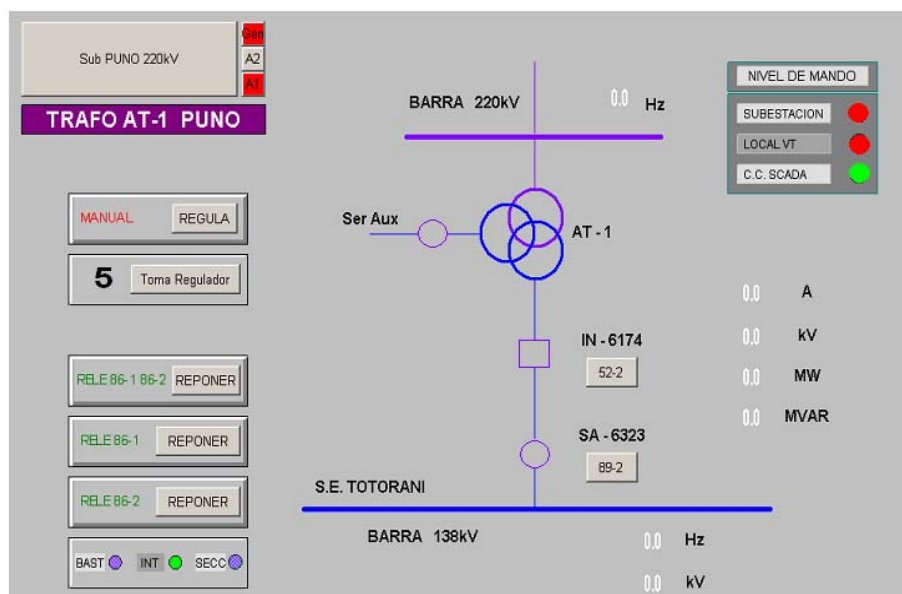


Figura 8-24. Bahía de Transformación (interruptor y seccionador abiertos)

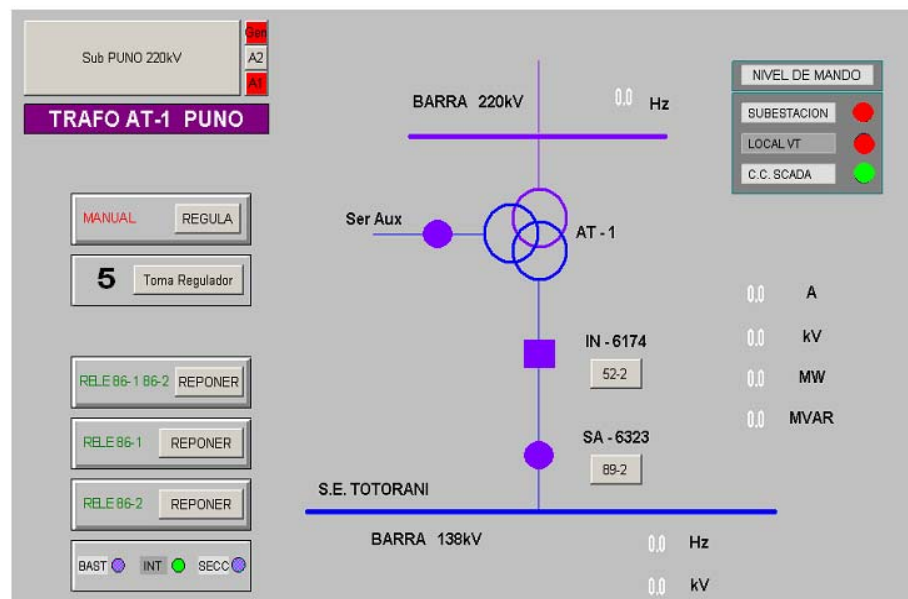


Figura 8-25. Bahía de Transformación (interruptor y seccionador cerrados)

8.4 SIMULACIÓN DEL VARIADOR DE TAPS

Se denomina TAPs de transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión de modo manual o automático en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario

según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

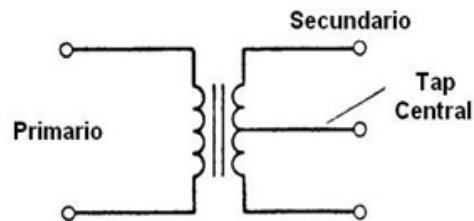


Figura 8-26. Esquema de transformador de potencia fuente Internet

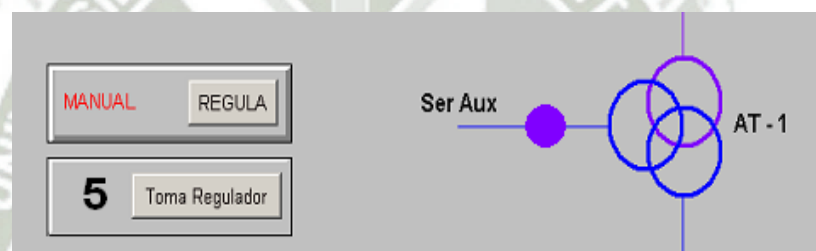


Figura 8-27. Símbolo del transformador de potencia fuente SIEMENS

8.5 SIMULACIÓN DEL NIVEL DE MANDO

Existe una jerarquía en el nivel de mandos en las subestaciones eléctricas, donde los niveles de mando inferiores inhabilitan a los niveles de mando superiores, a continuación se muestran los niveles de mando:

Nivel de mando

Nivel 0: Patio de Llaves

Nivel 1: Controlador de campo

Nivel 2: Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Nivel 3: Sistema SCADA

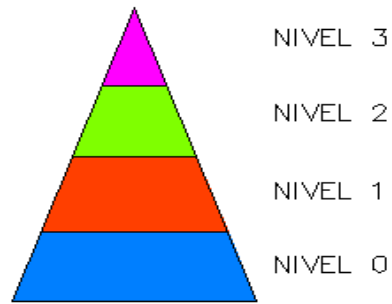


Figura 8-28. Pirámide del nivel de control

Cálculo del nivel mando en la RTU.

En los siguientes pantallas se muestran los niveles de mando de la subestación, donde

- Subestación corresponde a un nivel de mando 1
- Local VT corresponde a un nivel de mando 2
- C.C. SCADA corresponde a un nivel de mando 3



Figura 8-29. Nivel de mando desde el Centro de Control



Figura 8-30. Nivel de mando la interfaz HMI



Figura 8-31. Nivel de mando Subestación

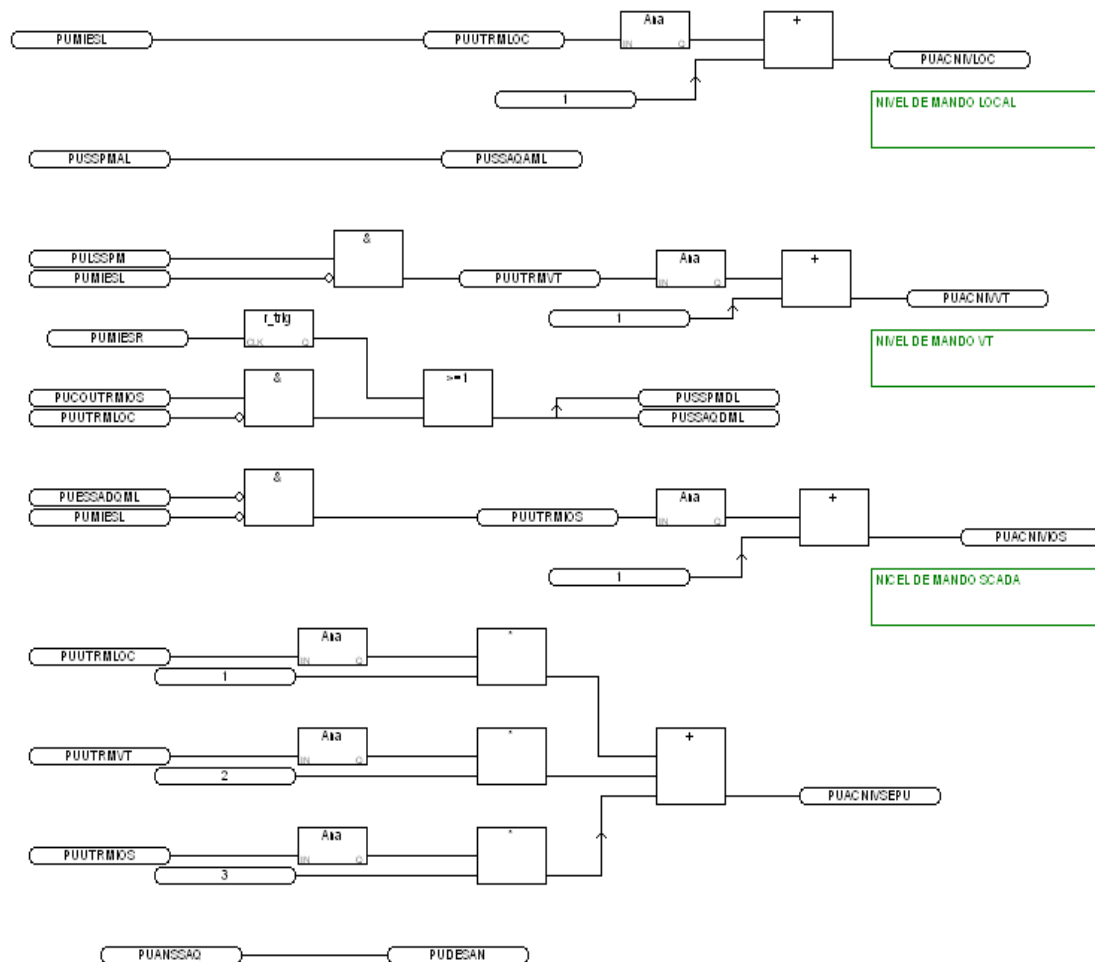


Figura 8-32. Lógica de cálculo en la programación de la RTU

8.6 SIMULACIÓN GRÁFICA EN EL SOFTWARE RS VIEW 32

La representación gráfica vista en RS VIEW permite ilustrar un patio de llaves que físicamente no existe pero que opera de modo simulado, que permite interactuar con la RTU, el Sistema SCADA, el PLC y relés biestables que emulan las posiciones de los equipos del patio de llaves como son los interruptores, seccionadores, transformador de potencia entre otros.

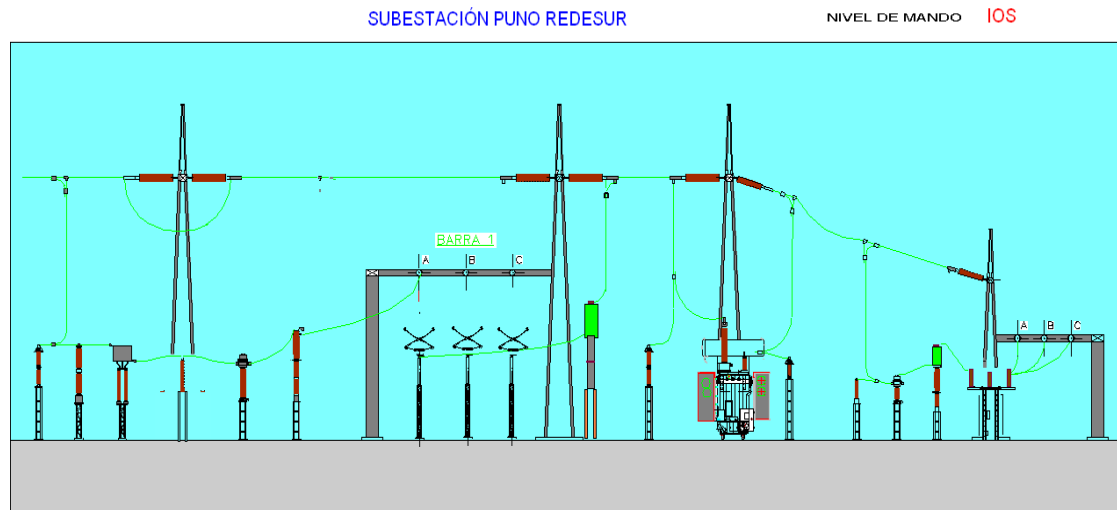


Figura 8-33. Vista de la subestación eléctrica Puno

Representación gráfica del patio de llaves virtualizado con la posición de seccionador e interruptor abiertos,

Configuración del nodo de conexión con intercambio dinámico de datos:



Figura 8-34. Configuración de nodo DDE

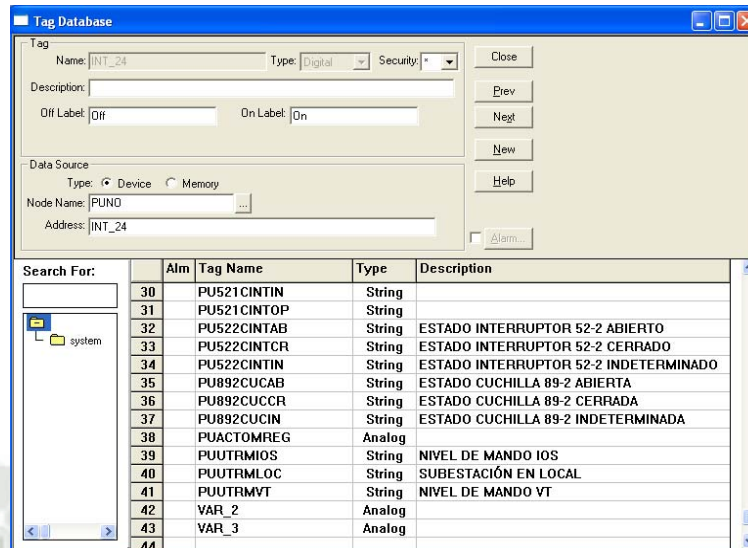


Figura 8-35. Configuración de la base de datos de TAG

Representación de las posiciones del seccionador de tipo pantógrafo en secuencia de movimientos.

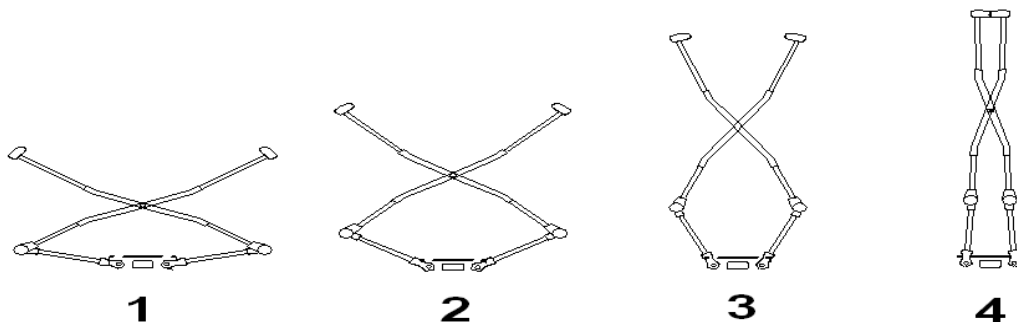


Figura 8-36. Secuencia de estados del seccionador pantógrafo

Pantalla de simulación del transformador de potencia donde se aprecia el conmutador de mando Local/Remoto, la posición de TAP, los comandos para subir y bajar TAP y los comandos para la ventilación forzada.



Figura 8-37. Supervisión del transformador de potencia

8.7 SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Se denomina **impedancia característica** de una línea de transmisión a la relación existente entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente absorbida por la línea en el caso hipotético de que esta tenga una longitud infinita, o cuando aún siendo finita no existen reflexiones.

En el caso de líneas reales, se cumple que su impedancia permanece inalterable cuando son cargadas con elementos, generadores o receptores, cuya impedancia es igual a la impedancia característica.



Figura 8-38. Líneas de transmisión fuente Internet

La impedancia característica es independiente de la frecuencia de la tensión aplicada y de la longitud de la línea, por lo que esta aparecerá como una carga resistiva y no se producirán reflexiones por desadaptación de impedancias, cuando se conecte a ella un generador con impedancia igual a su impedancia característica.

De la misma forma, en el otro extremo de la línea esta aparecerá como un generador con impedancia interna resistiva y la transferencia de energía será máxima cuando se le conecte un receptor de su misma impedancia característica.

No se oculta, por tanto, la importancia de que todos los elementos que componen un sistema de transmisión presenten en las partes conectadas a la línea impedancias idénticas a la impedancia característica de esta, para que no existan ondas reflejadas y el rendimiento del conjunto sea máximo.

La impedancia característica de una línea de transmisión depende de los denominados parámetros primarios de ella misma que son: resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia (inversa de la resistencia de aislamiento entre los conductores que forman la línea).

La fórmula que relaciona los anteriores parámetros y que determina la impedancia característica de la línea es:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j \cdot L\omega}{G + j \cdot C\omega}}$$

donde:

Z₀ = Impedancia característica en ohmios.

R = Resistencia de la línea en ohmios.

C = Capacitancia de la línea en faradios.

L = Inductancia de la línea en henrios.

G = Conductancia del dieléctrico en siemens.

$\omega = 2\pi f$, siendo f la frecuencia en hercios

j = Factor imaginario

Para que puedan operar el Sistema de Comunicación por Onda Portadora es necesario contar con un medio de comunicación que permita enlazar los terminales de Onda Portadora tal como se muestra en el presente esquema.

Esto se ha conseguido emulando la impedancia de la línea de transmisión utilizando resistencias de potencia en un arreglo PI de tal manera que se consiga en los extremos una impedancia promedio de 75Ω .

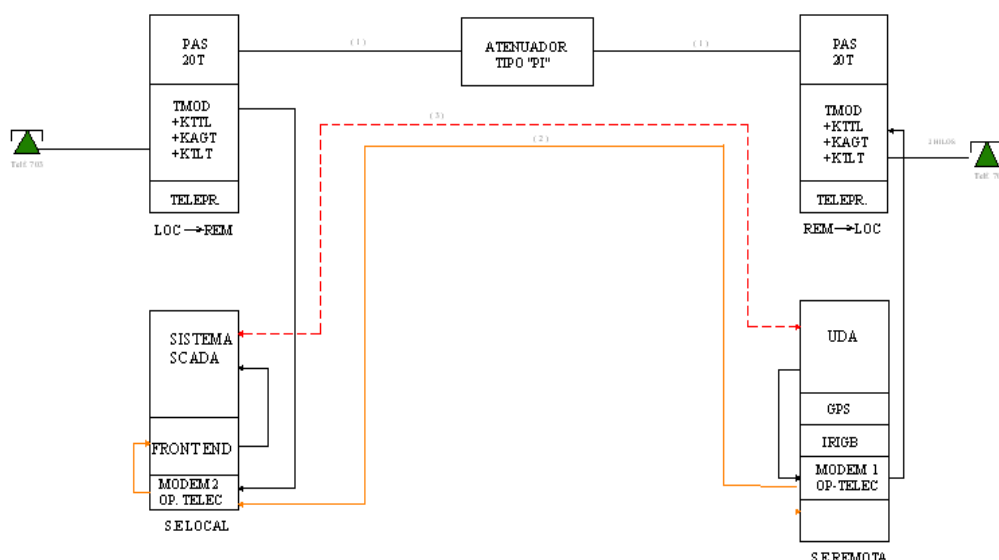


Figura 8-39. Diagrama de comunicaciones Laboratorio REDESUR

En el primer terminal de Onda Portadora se colgará la RTU que representará una subestación remota.

El Sistema de Control SCADA eléctrico se colgará del segundo terminal de Onda Portadora a través de un canal serial de comunicación RS-232 que empleará para dicho fin un par de modem asíncronos RS-232 a una velocidad de 600 bps.

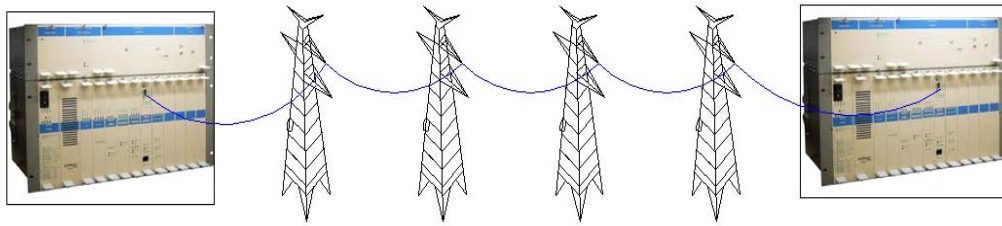


Figura 8-40. Diagrama de comunicaciones a través de torres AT

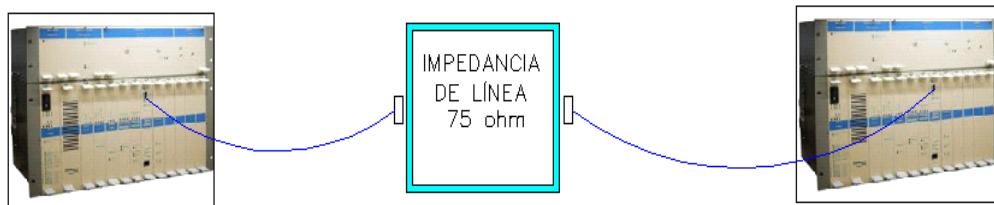


Figura 8-41. Diagrama de comunicaciones a través de la impedancia equivalente

9. MARCO EXPERIMENTAL

9.1 IMPLEMENTACIÓN

Modelar todo un Sistema de Telecontrol conlleva a considerar todas las situaciones reales a las que está sometido un Sistema Eléctrico, es posible contar con una muestra significativa de una subestación de transformación completa.

Se toma como ingeniería base la ingeniería desarrollada por REDESUR, con las variantes constructivas para un Sistema Integrado de Telecontrol.

9.2 INSTRUMENTOS

Los instrumentos requeridos para este Proyecto de Tesis serian los siguientes:

- ✓ Multímetro digital de procesos FLUKE 789
- ✓ Maleta de pruebas trifásicas OMICRON CMC-256
- ✓ Osciloscopio digital Tektronix TDS220
- ✓ Generador de nivel para Ondas Portadoras.
- ✓ Medidor de nivel para Ondas Portadoras.

9.3 CAMPO DE VERIFICACIÓN

La verificación de los resultados es muy importante para dejar registro de que los resultados obtenidos son próximos a los esperados para la validación del sistema en general.

Se consideran como registros de los mismos los siguientes documentos:

- ✓ Pruebas de puesta en servicio.
- ✓ Protocolos de pruebas punto a punto.
- ✓ Planos de ingeniería como construido.

	PROTOCOLO DE PRUEBAS PUNTO PUNTO	
--	---	--

Proyecto:	Laboratorio Telecontrol	Prueba:	Verificación Señales Simples
Subestación:	Puno	Fecha: 13/06/2013	Realizado por: Jesús Benavente

Nº	ORIGEN	TAG	DESCRIPCIÓN	TEXTO 0	TEXTO 1	ORIGEN DE SEÑAL	RESULTADO	OBSERVACIÓN
1	CALCULADA	PUAGNPAL	UDA: NO EXISTE PROGRAMA EN PLC	NORMAL	ALARMA	2	OK	
2	CALCULADA	PUFAGPS	UDA: FALLO GPS	NORMAL	ALARMA	2	OK	
3	CALCULADA	PUFAMP11	UDA: FALLO ACCESO MODULO MP1 NUMERO 1	NORMAL	ALARMA	2	OK	
4	CALCULADA	PUFAMP18	UDA: FALLO ACCESO MODULO MP1 NUMERO 8 SSADQ	NORMAL	ALARMA	2	OK	
5	CALCULADA	PU521CINTOP	ESTADO ABIERTO INTERRUPTOR 52-1	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
6	CALCULADA	PU522CINTCL	ESTADO CERRADO INTERRUPTOR 52-1	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
7	CALCULADA	PU522CINTOP	ESTADO ABIERTO INTERRUPTOR 52-2	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
8	CALCULADA	PU522CINTCL	ESTADO CERRADO INTERRUPTOR 52-2	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
9	CALCULADA	PU521CINTIN	ESTADO INTERRUPTOR 52-1 INDETERMINADO	NO INDETERMINADA	INDETERMINADA	2	OK	
10	CALCULADA	PU521CINTMN	ESTADO INTERRUPTOR 52-1 EN MANIOBRA ABRIENDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
11	CALCULADA	PU521CINTTE	ESTADO INT 52-1 EN T EXCES DE MANIOBRA	NORMAL	ALARMA	2	OK	
12	CALCULADA	PU521CINTBL	INTERRUPTOR 52-1 BLOQUEO CIERRE	NO BLOQUEADA	BLOQUEADA	2	OK	
13	CALCULADA	PU521CINTMNC	ESTADO INTERRUPTOR 52-1 EN MANIOBRA CERRANDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
14	CALCULADA	PU522CINTIN	ESTADO INTERRUPTOR 52-2 INDETERMINADO	NO INDETERMINADA	INDETERMINADA	2	OK	
15	CALCULADA	PU522CINTMN	ESTADO INTERRUPTOR 52-2 EN MANIOBRA ABRIENDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
16	CALCULADA	PU522CINTTE	ESTADO INT 52-2 EN T EXCES DE MANIOBRA	NORMAL	ALARMA	2	OK	
17	CALCULADA	PU522CINTBL	INTERRUPTOR 52-2 BLOQUEO CIERRE	NO BLOQUEADA	BLOQUEADA	2	OK	
18	CALCULADA	PU522CINTMNC	ESTADO INTERRUPTOR 52-2 EN MANIOBRA CERRANDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
19	CALCULADA	PU891CUCIN	ESTADO CUCHILLA 89-1 INDETERMINADA	NO INDETERMINADA	INDETERMINADA	2	OK	
20	CALCULADA	PU891CUCMN	ESTADO CUCHILLA 89-1 EN MANIOBRA ABRIENDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
21	CALCULADA	PU891CUCTE	ESTADO CUCH 89-1 EN T EXCES DE MANIOBRA	NORMAL	ALARMA	2	OK	
22	CALCULADA	PU891CUCBL	ESTADO CUCHILLA 89-1 BLOQUEADA	NO BLOQUEADA	BLOQUEADA	2	OK	
23	CALCULADA	PU891CUCMNC	ESTADO CUCHILLA 89-1 EN MANIOBRA CERRANDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
24	CALCULADA	PU892CUCIN	ESTADO CUCHILLA 89-2 INDETERMINADA	NO INDETERMINADA	INDETERMINADA	2	OK	
25	CALCULADA	PU892CUCMN	ESTADO CUCHILLA 89-2 EN MANIOBRA ABRIENDO	NO MANIOBRA	MANIOBRA	2	OK	
26	CALCULADA	PU892CUCTE	ESTADO CUCH 89-2 EN T EXCES DE MANIOBRA	NORMAL	ALARMA	2	OK	
27	CALCULADA	PU892CUCBL	ESTADO CUCHILLA 89-2 BLOQUEADA	NO BLOQUEADA	BLOQUEADA	2	OK	
28	CALCULADA	PU892CUCMNC	ESTADO CUCHILLA 89-2 EN MANIOBRA CERRANDO			2	OK	
29	CALCULADA	PUUTRMLOC	SUBESTACION EN LOCAL	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
30	CALCULADA	PUUTRMVT	NIVEL DE MANDO VT	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
31	CALCULADA	PUUTRMIO	NIVEL DE MANDO IOS	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
32	CALCULADA	PUCLMOQPSLOC	LINEA MOQUEGUA POSICION EN LOCAL	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
33	CALCULADA	PUCAT1PSLOC	AT1 POSICION EN LOCAL	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
34	CALCULADA	PUCR79MIBL	REENGANCHADOR EN MANIOBRA BLOQUEANDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
35	CALCULADA	PUCR79MIDBL	REENGANCHADOR EN MANIOBRA DESBLOQUEANDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
36	CALCULADA	PUCR79TEYC	REENGANCHADOR TIEMPO EXCESIVO DE MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
37	CALCULADA	PUCDPMNC	TELEDISPARO EN MANIOBRA CONECTANDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
38	CALCULADA	PUCDPMND	TELEDISPARO EN MANIOBRA DESCONECTANDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
39	CALCULADA	PUCDPTEXC	TELEDISPARO TIEMPO EXCESIVO DE MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
40	CALCULADA	PUCREGMNSB	REGULADOR EN MARCHA SUBIENDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
41	CALCULADA	PUCREGMNB	REGULADOR EN MARCHA BAJANDO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
42	CALCULADA	PUCREGTEXC	REGULADOR TIEMPO EXCESIVO MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
43	CALCULADA	PUCREGMINMAN	REGULADOR EN MANIOBRA A MANUAL	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
44	CALCULADA	PUCREGMINAUT	REGULADOR EN MANIOBRA A AUTOMATICO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
45	CALCULADA	PUCREGTEXCMA	CAMBIO FUNC REGULADOR TIEMPO EXCESIVO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
46	CALCULADA	PUCRP861MN	REPOSICION RELE 86-1 EN MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
47	CALCULADA	PUCRP861TEXC	REPOSICION RELE 86-1 TIEMPO EXCESIVO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
48	CALCULADA	PUCRP862MN	REPOSICION RELE 86-2 EN MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
49	CALCULADA	PUCRP862TEXC	REPOSICION RELE 86-2 TIEMPO EXCESIVO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
50	CALCULADA	PUCRP8612MN	REPOSICION RELE 86-1 86-2 EN MANIOBRA	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
51	CALCULADA	PUCRP8612TEXC	REPOSICION RELE 86-1 86-2 TIEMPO EXCESIVO	DESACTIVADO	ACTIVADO	2	OK	
52	FISICA	PUIS21FSAOP	52-1: INTERRUPTOR FASE -A	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
53	FISICA	PUIS21FSBOP	52-1: INTERRUPTOR FASE -B	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
54	FISICA	PUIS21FSCOP	52-1: INTERRUPTOR FASE -C	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
55	FISICA	PUIS21FSACL	52-1: INTERRUPTOR FASE -A	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
56	FISICA	PUIS21FSACL	52-1: INTERRUPTOR FASE -B	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
57	FISICA	PUIS21FSCCL	52-1: INTERRUPTOR FASE -C	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
58	FISICA	PUIS21SEINMA	52-1: SELEC INTER EN MANTENIMIENTO	FIN	INICIO	2	OK	
59	FISICA	PUIS21SEINBL	52-1: SELEC INTER EN BLOQUEO	FIN	INICIO	2	OK	
60	FISICA	PUIS21PRFAIN	52-1: ACT PROTEC FALLO INTER	FIN	INICIO	2	OK	
61	FISICA	PUIS21PRDIPO	52-1: ACT PROTEC DISCOR DE POLOS	FIN	INICIO	2	OK	
62	FISICA	PUIS21ALPRSG	52-1: ALARM BAJA PRESION GAS	FIN	INICIO	2	OK	
63	FISICA	PUIS21APAUMO	52-1: APERT AUT MOTORES	FIN	INICIO	2	OK	
64	FISICA	PUIS21MUEDTE	52-1: MUELLES DESTENSADOS	FIN	INICIO	2	OK	
65	FISICA	PUIS21TECTCI	52-1: FALTA TENSION CTO CIERRE	FIN	INICIO	2	OK	
66	FISICA	PUIS21ANCT1B	52-1: ANOM CIRC DISP 1 BOBINA	FIN	INICIO	2	OK	
67	FISICA	PUIS21BLGAS	52-1: BLOQUEO FALTA DE GAS	FIN	INICIO	2	OK	
68	FISICA	PUIS21ANCT2B	52-1: ANOM CIRC DISP 2 BOBINA	FIN	INICIO	2	OK	
69	FISICA	PUIS21SINC	52-1: FALTA CONDICION DE SINCRONISMO	FIN	INICIO	2	OK	
70	FISICA	PUIS21APAUCA	52-1: APERT AUT CALEFACCION	FIN	INICIO	2	OK	
71	FISICA	PUIS21ANRE1B	52-1: ANOMALIA RELE VIG CTO DE DISPARO 1 BOB	FIN	INICIO	2	OK	
72	FISICA	PUIS21ANRE2B	52-1: ANOMALIA RELE VIG CTO DE DISPARO 2 BOB	FIN	INICIO	2	OK	
73	FISICA	PUILMOSECELO	L/ MOQUEGUA: SELECTOR DE CELDA EN LOCAL	FIN	INICIO	2	OK	
74	FISICA	PUILMOCSSELO	L/ MOQUEGUA: CONMUT DE SECCION EN LOCAL O BLOQUEO	FIN	INICIO	2	OK	
75	FISICA	PUILMOPR1FSA	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-A PROT 1	ACT -	ATC +	2	OK	
76	FISICA	PUILMOPR1FSB	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-B PROT 1	ACT -	ATC +	2	OK	
77	FISICA	PUILMOPR1FSC	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-C PROT 1	ACT -	ATC +	2	OK	
78	FISICA	PUILMOSUPPR1	L/ MOQUEGUA: SUPERV COMUN PROT 1	FIN	INICIO	2	OK	
79	FISICA	PUILMOPR1INO	L/ MOQUEGUA: ESQ PROT INOP PROT 1	FIN	INICIO	2	OK	
80	FISICA	PUILMORE1INO	L/ MOQUEGUA: RELE INOPER PROT 1	FIN	INICIO	2	OK	

Aprobado por: Jesús Benavente Manrique	Aprobado por:	Aprobado por:
RED ELÉCTRICA andina		RED ELÉCTRICA DEL SUR

	PROTOCOLO DE PRUEBAS PUNTO PUNTO	
---	---	---

Proyecto:	Laboratorio Telecontrol	Prueba:	Verificación Señales Simples
Subestación:	Puno	Fecha: 13/06/2013	Realizado por: Jesús Benavente

Nº	ORIGEN	TAG	DESCRIPCIÓN	TEXTO 0	TEXTO 1	ORIGEN DE SEÑAL	RESULTADO	OBSERVACIÓN
81	SSADQ	PUILMOPR1AUX	L/ MOQUEGUA: FALLO ALIM AUX PROT 1	FIN	INICIO	2	OK	
82	SSADQ	PUILMOPR2FSA	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-A PROT 2	ACT -	ATC +	2	OK	
83	SSADQ	PUILMOPR2FSB	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-B PROT 2	ACT -	ATC +	2	OK	
84	SSADQ	PUILMOPR2FSC	L/ MOQUEGUA: DISP FASE-C PROT 2	ACT -	ATC +	2	OK	
85	SSADQ	PUILMOPR2TEM	L/ MOQUEGUA: DISP TEMPORIZADO PROT 2	ACT -	ATC +	2	OK	
86	SSADQ	PUILMOPR2SBIT	L/ MOQUEGUA: DISP PROT DIRECC SOBREINT TIERRA	ACT -	ATC +	2	OK	
87	SSADQ	PUILMOBLPEES	L/ MOQUEGUA: BLOQ POR PERD ESTAB	FIN	INICIO	2	OK	
88	SSADQ	PUILMOPR2FA	L/ MOQUEGUA: FALLO DE PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
89	SSADQ	PUILMODISBT	L/ MOQUEGUA: DISP SOBRETENSION	ACT -	ATC +	2	OK	
90	SSADQ	PUILMOPR2REC	L/ MOQUEGUA: FALLO RECEPCION POR F.O. PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
91	SSADQ	PUILMOORDREE	L/ MOQUEGUA: ORDEN DE REENG	ACT -	ATC +	2	OK	
92	SSADQ	PUILMOREEBL	L/ MOQUEGUA: REENGANCHADOR BLOQUEADO	SERVICIO	BLOQUEADO	2	OK	
93	SSADQ	PUILMOANRESI	L/ MOQUEGUA: ANOM REENG Y RELE SINCRONISMO	ACT -	ATC +	2	OK	
94	SSADQ	PUILMOSERE0F	L/ MOQUEGUA: SELECT REENG OFF	ACT -	ATC +	2	OK	
95	SSADQ	PUILMOSERE13	L/ MOQUEGUA: SELECT REENG 1P+3P	NO	SI	2	OK	
96	SSADQ	PUILMOSERE1	L/ MOQUEGUA: SELECT REENG 1P	NO	SI	2	OK	
97	SSADQ	PUILMOSERE3	L/ MOQUEGUA: SELECT REENG 3P	NO	SI	2	OK	
98	SSADQ	PUILMOTEDVC	L/ MOQUEGUA: TELEDIP VOLUNTARIO CONECTADO	DESCONECTADO	CONECTADO	2	OK	
99	SSADQ	PUILMOEMSTED	L/ MOQUEGUA: EMISION TELEDISPARO	ACT -	ATC +	2	OK	
100	SSADQ	PUILMORECTED	L/ MOQUEGUA: RECEPCION TELEDISPARO	ACT -	ATC +	2	OK	
101	SSADQ	PUILMOANTED	L/ MOQUEGUA: ANOMALIA TELEDISPARO	FIN	INICIO	2	OK	
102	SSADQ	PUILMOTEDOFF	L/ MOQUEGUA: TELEDISP FUERA DE SERVICIO	FIN	INICIO	2	OK	
103	SSADQ	PUILMOBLTED	L/ MOQUEGUA: BLOQUEO RECEPCION EQUIPO TELEDISPARO	FIN	INICIO	2	OK	
104	SSADQ	PUILMOFCTED	L/ MOQUEGUA: FALTA CC TELEDISPARO	FIN	INICIO	2	OK	
105	SSADQ	PUILMOPR2EMS	L/ MOQUEGUA: EMIS ACEL ZONA PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
106	SSADQ	PUILMOPR2REC	L/ MOQUEGUA: RECEP ACEL ZONA PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
107	SSADQ	PUILMOANTEP2	L/ MOQUEGUA: ANOM TELEPROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
108	SSADQ	PUILMOFEMSOP	L/ MOQUEGUA: FALTA EMISION OP	FIN	INICIO	2	OK	
109	SSADQ	PUILMOFRECOF	L/ MOQUEGUA: FALTA RECEPCION OP	FIN	INICIO	2	OK	
110	SSADQ	PUILMOFCCRPP	L/ MOQUEGUA: FALTA CC RELES REPETIDORES	FIN	INICIO	2	OK	
111	SSADQ	PUILMOAINRPP0	L/ MOQUEGUA: ANOM REPETIDORES POSICIONAMIENTO	FIN	INICIO	2	OK	
112	SSADQ	PUILMOAPAU0M	L/ MOQUEGUA: APERT AUT MOTORES SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
113	SSADQ	PUILMOAPAUCA	L/ MOQUEGUA: APERT AUT CALEF SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
114	SSADQ	PUILMOFCCSC	L/ MOQUEGUA: FALTA CC MANDO SECCIONADORES	FIN	INICIO	2	OK	
115	SSADQ	PUILMOMAINSC	L/ MOQUEGUA: MANIOBRA INCOMPLETA SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
116	SSADQ	PUILMOARR0S	L/ MOQUEGUA: ARRANQUE OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
117	SSADQ	PUILMOAINOS	L/ MOQUEGUA: ANOMALIA OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
118	SSADQ	PUILMOOSOFF	L/ MOQUEGUA: FIN PAPEL OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
119	SSADQ	PUILMOFCCOS	L/ MOQUEGUA: FALTA CC OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
120	SSADQ	PUILMOAPAU0M	L/ MOQUEGUA: APERT AUT TT MEDIDA	FIN	INICIO	2	OK	
121	SSADQ	PUILMOAPAU0S	L/ MOQUEGUA: APERT AUT TT OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
122	SSADQ	PUILMOAPAU0P2	L/ MOQUEGUA: APERT AUT TT PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	
123	SSADQ	PUILMOAPAU0SP	L/ MOQUEGUA: APERT AUT TT SINCR0P/DIVER	FIN	INICIO	2	OK	
124	SSADQ	PUILMOPRFAIN	L/ MOQUEGUA: DEFECTO PROT FALLO INTER	FIN	INICIO	2	OK	
125	SSADQ	PUILMODIST	L/ MOQUEGUA: DISP SUBTENSION	FIN	INICIO	2	OK	
126	SSADQ	PUILMOAINREST	L/ MOQUEGUA: ANOM RELE SUBTENSION	FIN	INICIO	2	OK	
127	SSADQ	PUI522FSA0P	52-2. INTERRUPTOR FASE -A	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
128	SSADQ	PUI522FSB0P	52-2. INTERRUPTOR FASE -B	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
129	SSADQ	PUI522FSC0P	52-2. INTERRUPTOR FASE -C	NO ABIERTO	ABIERTO	2	OK	
130	SSADQ	PUI522FSA0CL	52-2. INTERRUPTOR FASE -A	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
131	SSADQ	PUI522FSB0CL	52-2. INTERRUPTOR FASE -B	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
132	SSADQ	PUI522FSC0CL	52-2. INTERRUPTOR FASE -C	NO CERRADO	CERRADO	2	OK	
133	SSADQ	PUI522SEINMA	52-2. SELEC INTER EN MANTENIMIENTO	FIN	INICIO	2	OK	
134	SSADQ	PUI522SEINBL	52-2. SELEC INTER EN BLOQUEO	FIN	INICIO	2	OK	
135	SSADQ	PUI522PRFAIN	52-2. ACT PROTEC FALLO INTER	FIN	INICIO	2	OK	
136	SSADQ	PUI522PRDIPO	52-2. ACT PROTEC DISCOR DE POLOS	FIN	INICIO	2	OK	
137	SSADQ	PUI522ALPRSG	52-2. ALARM BAJA PRESION GAS	FIN	INICIO	2	OK	
138	SSADQ	PUI522APAU0M	52-2. APERT AUT MOTORES	FIN	INICIO	2	OK	
139	SSADQ	PUI522MUEDETE	52-2. MUELLES DESTENSADOS	FIN	INICIO	2	OK	
140	SSADQ	PUI522TECTCI	52-2. FALTA TENSION CTO CIERRE	FIN	INICIO	2	OK	
141	SSADQ	PUI522ANCT1B	52-2. ANOM CIRC DISP 1 BOBINA	FIN	INICIO	2	OK	
142	SSADQ	PUI522BLGAS	52-2. BLOQUEO FALTA DE GAS	FIN	INICIO	2	OK	
143	SSADQ	PUI522ANCT2B	52-2. ANOM CIRC DISP 2 BOBINA	FIN	INICIO	2	OK	
144	SSADQ	PUI522SINC	52-2. FALTA CONDICION DE SINCRONISMO	FIN	INICIO	2	OK	
145	SSADQ	PUI522APAUCA	52-2. APERT AUT CALEFACCION	FIN	INICIO	2	OK	
146	SSADQ	PUI522ANRE1B	52-2. ANOMALIA RELE VIG CTO DE DISPARO 1 BOB.	FIN	INICIO	2	OK	
147	SSADQ	PUI522ANRE2B	52-2. ANOMALIA RELE VIG CTO DE DISPARO 2 BOB.	FIN	INICIO	2	OK	
148	SSADQ	PUIAT1SECELO	AT1. SELECTOR DE CELDA EN LOCAL	FIN	INICIO	2	OK	
149	SSADQ	PUIAT1CNSELO	AT1. CONMUT DE SECCION EN LOCAL O BLOQUEO	FIN	INICIO	2	OK	
150	SSADQ	PUIAT1SB1220	AT1. DISP SOBREINT LADO DE 220 KV	ACT -	ATC +	2	OK	
151	SSADQ	PUIAT1SB1138	AT1. DISP SOBREINT LADO DE 138 KV	ACT -	ATC +	2	OK	
152	SSADQ	PUIAT1CER86	AT1. POSICION CEORE R86	NO	SI	2	OK	
153	SSADQ	PUIAT1RE861	AT1. POSICION RELE 86-1	FIN	INICIO	2	OK	
154	SSADQ	PUIAT1RE862	AT1. POSICION RELE 86-2	FIN	INICIO	2	OK	
155	SSADQ	PUIAT1PRDIF1	AT1. DISP PROT DIFER 1	ACT -	ATC +	2	OK	
156	SSADQ	PUIAT1PRDIF2	AT1. DISP PROT DIFER 2	ACT -	ATC +	2	OK	
157	SSADQ	PUIAT1TT	AT1. DEFECTO A TIERRA EN TERCIARIO	FIN	INICIO	2	OK	
158	SSADQ	PUIAT1SBIT	AT1. DISP POR SOBREINT EN CIRCUITO TERCIARIO	ACT -	ATC +	2	OK	
159	SSADQ	PUIAT1ANPR1	AT1. ANOM SIST PROT 1	FIN	INICIO	2	OK	
160	SSADQ	PUIAT1ANPR2	AT1. ANOM SIST PROT 2	FIN	INICIO	2	OK	

Aprobado por: Jesús Benavente Manrique	Aprobado por:	Aprobado por:
RED ELÉCTRICA andina		RED ELÉCTRICA DEL SUR

	PROTOCOLO DE PRUEBAS PUNTO PUNTO	
--	---	--

Proyecto:	Laboratorio Telecontrol	Prueba:	Verificación Señales Simples
Subestación:	Puno	Fecha: 13/06/2013	Realizado por: Jesús Benavente

Nº	ORIGEN	TAG	DESCRIPCIÓN	TEXTO 0	TEXTO 1	ORIGEN DE SEÑAL	RESULTADO	OBSERVACIÓN
161	FÍSICA	PUIAT1ANPRT	AT1: ANOM RELE PROT TERCARIO	FIN	INICIO	2	OK	
162	FÍSICA	PUIAT1ST	AT1: DISP POR SUBTENSION	ACT -	ATC +	2	OK	
163	FÍSICA	PUIAT1ANSTSI	AT1: ANOM RELE DE SUBTENSION Y SINCRONISMO	FIN	INICIO	2	OK	
164	FÍSICA	PUIAT1TMAC	AT1: DISP TEMPERATURA ACEITE	ACT -	ATC +	2	OK	
165	FÍSICA	PUIAT1BUCTF	AT1: DISP BUCHHOLZ TRAF0	ACT -	ATC +	2	OK	
166	FÍSICA	PUIAT1BUCREG	AT1: DISP BUCHHOLZ REGULADOR	ACT -	ATC +	2	OK	
167	FÍSICA	PUIAT1IMGT	AT1: DISP IMAGEN TERMICA	ACT -	ATC +	2	OK	
168	FÍSICA	PUIAT1LIBPS	AT1: DISP LIBERADOR DE PRESION	ACT -	ATC +	2	OK	
169	FÍSICA	PUIAT1ALTMAC	AT1: ALARM TEMPERATURA ACEITE	FIN	INICIO	2	OK	
170	FÍSICA	PUIAT1ALMxAC	AT1: ALARM ACEITE MAXIMO	FIN	INICIO	2	OK	
171	FÍSICA	PUIAT1ALMNIAC	AT1: ALARM ACEITE MINIMO	FIN	INICIO	2	OK	
172	FÍSICA	PUIAT1ALNVAC	AT1: ALARM NIVEL DE ACEITE REGUL	FIN	INICIO	2	OK	
173	FÍSICA	PUIAT1ALBUC	AT1: ALARM BUCHHOLZ	FIN	INICIO	2	OK	
174	FÍSICA	PUIAT1ALIMGT	AT1: ALARM IMAGEN TERMICA	FIN	INICIO	2	OK	
175	FÍSICA	PUIAT1NTOREG	AT1: ANOM CTO MANDO REGULACION	FIN	INICIO	2	OK	
176	FÍSICA	PUIAT1REGTOM	AT1: REGULADOR ENTRE TOMAS/DIS	NO	SI	2	OK	
177	FÍSICA	PUIAT1REGT1	AT1: TOMA 1 REGULADOR BAJO CARGA	NO	SI	2	OK	
178	FÍSICA	PUIAT1REGTUL	AT1: TOMA ULTIMA REGULADOR BAJO CARGA	FIN	INICIO	2	OK	
179	FÍSICA	PUIAT1REGT2	AT1: TOMA CODIFICADA BCD UNIDADES PESO 1	FIN	INICIO	2	OK	
180	FÍSICA	PUIAT1REGT3	AT1: TOMA CODIFICADA BCD UNIDADES PESO 2	FIN	INICIO	2	OK	
181	FÍSICA	PUIAT1REGT4	AT1: TOMA CODIFICADA BCD UNIDADES PESO 4	FIN	INICIO	2	OK	
182	FÍSICA	PUIAT1REGT5	AT1: TOMA CODIFICADA BCD UNIDADES PESO 8	FIN	INICIO	2	OK	
183	FÍSICA	PUIAT1REGT6	AT1: TOMA CODIFICADA BCD DECENAS PESO 1	FIN	INICIO	2	OK	
184	FÍSICA	PUIAT1REGT7	AT1: TOMA CODIFICADA BCD DECENAS PESO 2	FIN	INICIO	2	OK	
185	FÍSICA	PUIAT1REGAUT	AT1: REGULACION AUT EN SERVICIO	DESCONECTADO	CONECTADO	2	OK	
186	FÍSICA	PUIAT1ANREG	AT1: ANOM RELE REGULACION AUT	FIN	INICIO	2	OK	
187	FÍSICA	PUIAT1REGLO	AT1: MANDO EN LOCAL REGULADOR	FIN	INICIO	2	OK	
188	FÍSICA	PUIAT1FARERP	AT1: FALTA CC RELES REPETIDORES	FIN	INICIO	2	OK	
189	FÍSICA	PUIAT1APAUIMO	AT1: APERT AUT MOTORES SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
190	FÍSICA	PUIAT1APAUCA	AT1: APERT AUT CALEF SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
191	FÍSICA	PUIAT1FCCSC	AT1: FALTA CC MANDO SECCIONADORES	FIN	INICIO	2	OK	
192	FÍSICA	PUIAT1MAINSC	AT1: MANIOBRA INCOMPLETA SECCI	FIN	INICIO	2	OK	
193	FÍSICA	PUIAT1ARROS	AT1: ARRANQUE OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
194	FÍSICA	PUIAT1ANOS	AT1: ANOMALIA OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
195	FÍSICA	PUIAT1OSOFF	AT1: FIN PAPEL OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
196	FÍSICA	PUIAT1FCCOS	AT1: FALTA CC OSCILO	FIN	INICIO	2	OK	
197	FÍSICA	PUIAT1APAUME	AT1: APERT AUT TT MEDIDA	FIN	INICIO	2	OK	
198	FÍSICA	PUIAT1APAU SP	AT1: APERT AUT TT SINCR0/PDIVER	FIN	INICIO	2	OK	
199	FÍSICA	PUIAT1PRFAIN	AT1: DEFECTO PROT FALLO INTER	FIN	INICIO	2	OK	
200	FÍSICA	PUIAT1APAUTT	AT1: APERT AUT TT TERCARIO 10.5 Kv	FIN	INICIO	2	OK	
201	FÍSICA	PUIBARAPAUT1	BARRAS: APERT AUT TT BARRAS-138 Kv MEDIDA	FIN	INICIO	2	OK	
202	FÍSICA	PUIBARAPAUT2	BARRAS: APERT AUT TT BARRAS-138 Kv MEDIDA	FIN	INICIO	2	OK	
203	FÍSICA	PUIANOMCFTR	ANOMALIA CIRCUITOS CALEF ARMO TRAF0	FIN	INICIO	2	OK	
204	FÍSICA	PUICPCASEMA	C.P.C.A.: SEL MAN AUT CP CA EN MANUAL	FIN	INICIO	2	OK	
205	FÍSICA	PUICPCAMTEA1	C.P.C.A.: MIN TENSION ALIM-1 CP CA	FIN	INICIO	2	OK	
206	FÍSICA	PUICPCAMTEA2	C.P.C.A.: MIN TENSION ALIM-2 CP CA	FIN	INICIO	2	OK	
207	FÍSICA	PUICPCAMTEB1	C.P.C.A.: MIN TENSION BARRAS-1 CP CA	FIN	INICIO	2	OK	
208	FÍSICA	PUICPCAMTEB2	C.P.C.A.: MIN TENSION BARRAS-2 CP CA	FIN	INICIO	2	OK	
209	FÍSICA	PUICPCAPRSI	C.P.C.A.: ACT PROT SOBREINT INTER ALIM	FIN	INICIO	2	OK	
210	FÍSICA	PUICPCAFCCCN	C.P.C.A.: FALTA C.C.AUT CONMUTACION CA	FIN	INICIO	2	OK	
211	FÍSICA	PUIGREPABL	GRUPO-ELECT: PARADA CON BLOQUEO GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
212	FÍSICA	PUIGREFAARR	GRUPO-ELECT: FALLO ARRANQUE GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
213	FÍSICA	PUIGREALPRSA	GRUPO-ELECT: ALARM BAJA PRES ACEITE GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
214	FÍSICA	PUIGREPAPRSA	GRUPO-ELECT: PARADA BAJA PRES ACEITE GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
215	FÍSICA	PUIGREPATMAG	GRUPO-ELECT: PARADA EXCES TEMP AGUA GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
216	FÍSICA	PUIGRETMAC	GRUPO-ELECT: ALTA TEMP ACEITE GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
217	FÍSICA	PUIGRESBVEL	GRUPO-ELECT: SOBREVELOCIDAD GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
218	FÍSICA	PUIGREANICARG	GRUPO-ELECT: ANOM CARGADOR GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
219	FÍSICA	PUIGREPAEMER	GRUPO-ELECT: PARADA EMERGENCIA GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
220	FÍSICA	PUIGRESBCARG	GRUPO-ELECT: SOBRECARGA CORTO GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
221	FÍSICA	PUIGRELIMTE	GRUPO-ELECT: TENSION FUERA LIMITES GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
222	FÍSICA	PUIGRENIVCOM	GRUPO-ELECT: BAJO NIVEL COMBUSTIBLE GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
223	FÍSICA	PUIGREFACALD	GRUPO-ELECT: FALLO CALDEO GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
224	FÍSICA	PUIGREALAPAU	GRUPO-ELECT: ALARM APERT AUT CONTR GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
225	FÍSICA	PUIGREDIAPAU	GRUPO-ELECT: DISP APERT AUT CONTROL GRU-ELECT	FIN	INICIO	2	OK	
226	FÍSICA	PUIGREMARCHA	GRUPO-ELECT: GRU-ELECT EN MARCHA	FIN	INICIO	2	OK	
227	FÍSICA	PUIGREINSALC	GRUPO-ELECT: INTER SALIDA GRU-ELECT CONECTADO	FIN	INICIO	2	OK	
228	FÍSICA	PUIGRESEMA	GRUPO-ELECT: SELECT GRU-ELECT EN CERO O MANUAL	FIN	INICIO	2	OK	
229	FÍSICA	PUIGREFAUUCH	GRUPO-ELECT: FALLO AUTOMATA CONIM	FIN	INICIO	2	OK	
230	FÍSICA	PUIGREFACHAU	GRUPO-ELECT: FALLO EN COMIM AUTOMATICO	FIN	INICIO	2	OK	
231	FÍSICA	PUICPCCMTES1	C.P.C.C.: MIN TENSION SA 125 CC SIST 1º	FIN	INICIO	2	OK	
232	FÍSICA	PUICPCCMTES2	C.P.C.C.: MIN TENSION SA 125 CC SIST 2º	FIN	INICIO	2	OK	
233	FÍSICA	PUICPCFCABT1	C.P.C.C.: FALTA CA RECTIF BAT-1 125V SIST 1º	FIN	INICIO	2	OK	
234	FÍSICA	PUICPCFCABT2	C.P.C.C.: FALTA CA RECTIF BAT-2 125V SIST 2º	FIN	INICIO	2	OK	
235	FÍSICA	PUICPCMTBT1	C.P.C.C.: MAXIMA TENS BAT-1 125V SIST 1º	FIN	INICIO	2	OK	
236	FÍSICA	PUICPCMTBT2	C.P.C.C.: MAXIMA TENS BAT-2 125V SIST 2º	FIN	INICIO	2	OK	
237	FÍSICA	PUICPCCFABT1	C.P.C.C.: FALLO RECTIF BAT-1 125CC SIST 1º	FIN	INICIO	2	OK	
238	FÍSICA	PUICPCCFABT2	C.P.C.C.: FALLO RECTIF BAT-2 125CC SIST 2º	FIN	INICIO	2	OK	
239	FÍSICA	PUICPCCTBT1	C.P.C.C.: TIERRA BAT-1 125CC SIST 1º	FIN	INICIO	2	OK	
240	FÍSICA	PUICPCCTBT2	C.P.C.C.: TIERRA BAT-2 125CC SIST 2º	FIN	INICIO	2	OK	

Aprobado por: Jesús Benavente Manrique	Aprobado por:	Aprobado por:
RED ELÉCTRICA andina		RED ELÉCTRICA DEL SUR

9.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados esperados se encuentran de los márgenes permitidos, cumplen los requisitos técnicos que las Normas IEC-61131 en lo referente a los lenguajes de programación para el PLC que modela las posiciones de los seccionadores, transformador de potencia.

IEC-60870-101 para protocolo de comunicación en subestación que en esta aplicación integra la RTU con el Sistema SCADA.

Se considera aceptables las pruebas de telecontrol punto a punto porque generaron observaciones en su desarrollo.

10. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El presente análisis de confiabilidad reside en que su diseño ha sido tomado del Sistema real de la empresa REDESUR, es decir que el Hardware de los siguientes equipos han pasado pruebas en fábrica FAT, en ciertos periodos de la operación han servido como repuestos del Sistema:

- Unidad Terminal Remota
- Sistema SCADA
- Onda Portadora
- Modem
- Reloj GPS

Respecto a la configuración, mantienen la misma filosofía de control, protección, comunicación del Sistema Real de REDESUR, es decir se está trabajando sobre una sólida Ingeniería.

11. ANÁLISIS ECONÓMICO

La presente evaluación económica muestra el costeo detallado de los equipos empleados en el laboratorio de REDESUR, se está considerando su precio como repuestos del Sistema y una devaluación económica por el tiempo de vida.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	MODELO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1	Unidad Terminal Remota (RTU) TELVENT				
	• Fuente de alimentación 125/48, +- 12, 5 Vcc		1	300	300.00
	• Tarjeta CPU	MP1	1	2000.00	2000.00
	• Tarjeta MP1 Comunicaciones	MP1	1	1500.00	1500.00
	• Tarjeta SRP	SRP	1	800.00	800.00
	• Tarjeta MP1 Adquisición	MP1	1	1200.00	1200.00
	• Tarjeta de entradas digitales ED32	ED32	8	500.00	4000.00
	• Tarjeta de salidas digitales SD16	SD16	4	400.00	1600.00
	• Tarjeta de entradas analógicas	EA32	1	400.00	400.00
2	Interfaz Hombre Máquina (HMI) ESA				
	• Terminal touch screen en color	VT 585	1	3000.00	3000.00
				sub total	14800.00
3	Sistema SPECTRUM POWER CC (SCADA) SIEMENS				
	• Computador personal	HP Proliant	1	2000.00	2000.00
	• Licencia de Software SCADA ALL IN ONE		1	16000.00	16000.00
				sub total	18000.00
4	Controlador Lógico Programable (PLC) SHNEIDER				
	• Fuente de alimentación		1	800.00	800.00
	• Tarjeta de procesamiento CPU	PSY 5500	1	1200.00	1200.00
	• Tarjeta de comunicaciones	TSX 57202	1	1500.00	1500.00
	• Tarjeta de 64 entradas digitales 24VDC	DEY 64D2K	3	700.00	2100.00
	• Tarjeta de 64 salidas digitales	DSY 64 T2K	3	700.00	2100.00
	• Tarjetas de entradas analógicas	AEY 414	1	800.00	800.00
	• Tarjetas de salidas analógicas	AEY 410	1	600.00	600.00
				sub total	9100.00
5	Onda Portadora (OPLAT)				
	• Fuente de alimentación	FACA 48(0.0)	2	800.00	1600.00
	• Amplificador de línea	KEEA 00 (1.0)	2	1400.00	2800.00
	• Filtro de línea	IFLH.40 D(2.0)	2	1000.00	2000.00
	• Alarmas	FACP.48(1.0)	2	1200.00	2400.00
	• Emisión AF	SYTM.00 (1.2)	2	1200.00	2400.00
	• Recepción AF	PYSD.00 D(1.2)	2	1400.00	2800.00
	• Interfaz de programación y control OP	SF Y P.00 D(4.0)	2	1600.00	3200.00
	• Señalización de emisión BF/FI	BFPM 10 D(3.0)	2	1400.00	2800.00
	• Recepción IF/AF RCV	TDBF.10 D(3.3)	2	1200.00	2400.00
	• Tarjeta de telefonía	TMOD.00 (2.2)	2	1000.00	2000.00
	• Fuente de alimentación	ATPC 48 (2.0)	2	800.00	1600.00
	• Interfaz de programación Teleprotección	TPCP.00 D(1.3)	2	1600.00	3200.00
	• Orden B Y C	TPCB.00 D(4.2)	2	1300.00	2600.00
	• Orden A	TPCA.00 D(4.3)	2	1200.00	2400.00
				sub total	34200.00
6	Modem Asíncrono DIMAT				
	• Modem asíncrono MAS-1 600 bps		2	1600.00	3200.00
7	Reloj GPS				
	• Módulo de Sincronización GPS		1	2000.00	2000.00
	• Antena y cable coaxial		1	600.00	600.00
8	Relés biestables ARTECHE				
	• Relés biestables BJ8		12	200.00	2400.00
9	Otros				
	• Bastidores 19" Rittal		3	3000.00	9000.00
	• Cable eléctrico, de comunicación, cintas,		1	800.00	800.00
				sub total	18000.00
				TOTAL	76100.00

Tabla 5. Tabla de análisis económico de equipos del Laboratorio

12. CRONOGRAMA

Se anexa el cronograma de implementación, ver Anexo 1.

13. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Básica y Complementaria

- ✓ Manual del software SCADA RS VIEW32
- ✓ Manuales del Sistema de Telecontrol SAITEL 2000.
- ✓ Configuración de modem DIMAT MAS-I, MAS-II.
- ✓ Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Wayne Tomasi.
- ✓ Telecomunicaciones Tecnologías, redes y servicios Huidobro.
- ✓ Manual de puesta en servicio del Sistema de Onda Portadora.
- ✓ Operación y Mantenimiento de VT Win.
- ✓ Protocolo de puesta en servicio de la RTU.
- ✓ Manual ABB Switchgear LTB 245E1-BLK 222.
- ✓ Manuales de configuración del Sistema SCADA SPECTRUM POWER
- ✓ Normas de Interconexión de Centros de Control
- ✓ Página de Internet del COES www.coes.org.pe.

14. OBSERVACIONES

- Se observa que los Sistemas SCADAS eléctricos se limitan a la supervisión estática de los equipos que conforman un patio de llaves (Interruptores, Seccionadores, Transformador de Potencia, etc)
- La aplicación software utilizada para este proyecto RS VIEW 32 que es un SCADA industrial que enriquece la supervisión de los equipos de un patio de llaves convencional.

15. CONCLUSIONES

- Se concluye que la presente implementación deja un precedente para seguir potenciando sus aplicaciones con fines de instrucción del personal propio.
- Es posible simular los estados, posiciones de un patio de llaves real y retroalimentarlo a una Subestación.
- La virtualización de los equipos de patio de llaves hace más amigable las labores de supervisión y por consecuencia facilita las labores del personal de operación de la empresa.
- Se puede seguir simulando las condiciones de funcionamiento de más equipos que reporten señales hacia la RTU, es decir que toda la información de origen físico o por protocolo puede supervisarse y emplearse en el Sistema.
- El alcance de entrenamiento de personal se puede extender a la comunidad Universitaria de Arequipa.

16. RECOMENDACIONES

- Se recomienda planificar una segunda etapa del laboratorio incorporando las funciones de los relés de protección.
- El presente laboratorio cuenta con la infraestructura suficiente para la implementación de las funciones de teleprotección.
- Implementar una segunda Unidad Terminal Remota para completar una línea de transmisión completa y aplicar los principios de Telecontrol de extremo a extremo.

17. GLOSARIO

A continuación se detallan las abreviaturas usadas en el presente proyecto

SCADA	Supervisión Control y Adquisición de Datos
RTU	Unidad Terminal Remota
LAN	Red de Área Local
WAN	Red de Área Extendida
IED	Dispositivo Electrónico Inteligente
PLC	Controlador Lógico Programables
HIS	Sistema de Información Histórica
HIM	Interface Hombre Maquina
ICCP	Protocolo de Interconexión entre Centros de Control
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
ANSI	Instituto Nacional de Normas Americanas
ISO	Organización Internacional de Normas
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos
REDESUR	Red Eléctrica del Sur
TCP/IP	Protocolo de Internet
DDE	Intercambio Dinámico de Datos
OLE	Intercambio Dinámico de funciones
OPC	OLE para el Control de Procesos
OPLC	Intercambio de Procesos para
OPLAT	Onda Portadora para Líneas de Alta Tensión
UPS	Suministro Ininterrumpido de Alimentación
CEN	Código Eléctrico Nacional
WEB	World Wide Web
COES-SINAC	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
DOCOES	Dirección de operación del COES
NTOTR	Norma Técnica de Operación en Tiempo Real

18. ANEXOS

- ANEXO 1: CRONOGRAMA
- ANEXO 2: PLANOS FUNCIONALES
- ANEXO 3: INGENIERÍA DE COMUNICACIONES



ANEXO 1: CRONOGRAMA



CRONOGRAMA DE PUESTA EN SERVICIO LABORATORIO DE REDESUR

Id	Nombre de tarea	Comienzo	Fin
0	Cronograma de Implementación del Laboratorio de REDESUR	mié 06/03/13	jue 25/07/13
1	1 Cableado eléctrico de equipos	mié 06/03/13	jue 27/06/13
2	1.1 Unidad Terminal Remota	mié 06/03/13	vie 22/03/13
3	1.1.1 Montaje de relés biestables B18	mié 06/03/13	vie 08/03/13
4	1.1.2 Instalación de tarjetas ED y SD del PLC	jue 07/03/13	vie 08/03/13
5	1.1.3 Cableado eléctrico	lun 11/03/13	vie 15/03/13
6	1.1.4 Configuración de la RTU	lun 18/03/13	vie 22/03/13
7	1.2 Configuración de PLC	lun 11/03/13	vie 22/03/13
8	1.2.1 Montaje de tarjetas	lun 18/03/13	mié 20/03/13
9	1.2.2 Cableado de entradas y salidas	lun 11/03/13	jue 14/03/13
10	1.2.3 Configuración del PLC	lun 18/03/13	vie 22/03/13
11	1.3 Configuración del Sistema de Onza Portadora	mar 02/04/13	jue 25/04/13
12	1.3.1 Elaboración del circuito P1 de 75 ohm	mar 02/04/13	vie 05/04/13
13	1.3.2 Cableado eléctrico de los terminales OP-1 y OP-2	lun 08/04/13	mié 10/04/13
14	1.3.3 Cableado de los terminales de Teleprotección-1 y 2	jue 11/04/13	vie 12/04/13
15	1.3.4 Configuración de los equipos 1 y 2	lun 22/04/13	jue 25/04/13
16	1.3.5 Interconexión de los terminales 1 y 2 pruebas funcionales	lun 22/04/13	jue 25/04/13
17	1.4 Configuración de los modem de comunicación MAS-I	lun 29/04/13	vie 03/05/13
18	1.4.1 Instalación de modem 1 y 2	lun 29/04/13	mar 30/04/13
19	1.4.2 Confoiguración de modem 1 y 2	lun 29/04/13	mar 30/04/13
20	1.4.3 Interconexión de modem y pruebas funcionales	lun 29/04/13	vie 03/05/13
21	1.5 Configuración del Sistema SCADA	lun 10/06/13	jue 27/06/13
22	1.5.1 Configuración de de la Subestación Puno	lun 10/06/13	vie 21/06/13
23	1.5.2 Pruebas de comunicación con simulador de protocolo IEC-101	lun 24/06/13	jue 27/06/13
24	2 Integración de equipos	lun 15/07/13	jue 25/07/13
25	2.1 Cableados eléctricos entre bastidores RTU, OP, PLC	lun 15/07/13	vie 19/07/13
26	2.2 Cableados de comunicación entre bastidores RTU, OP, PLC	lun 15/07/13	vie 19/07/13
27	2.3 Pruebas funcionales de Todo el Sistema de Telecontrol	lun 22/07/13	jue 25/07/13

Proyecto: Laboratorio de REDESUR
 Periodo : 2013
 Fecha: 01/03/2013

Tarea:

División:

Progreso:

Hito:

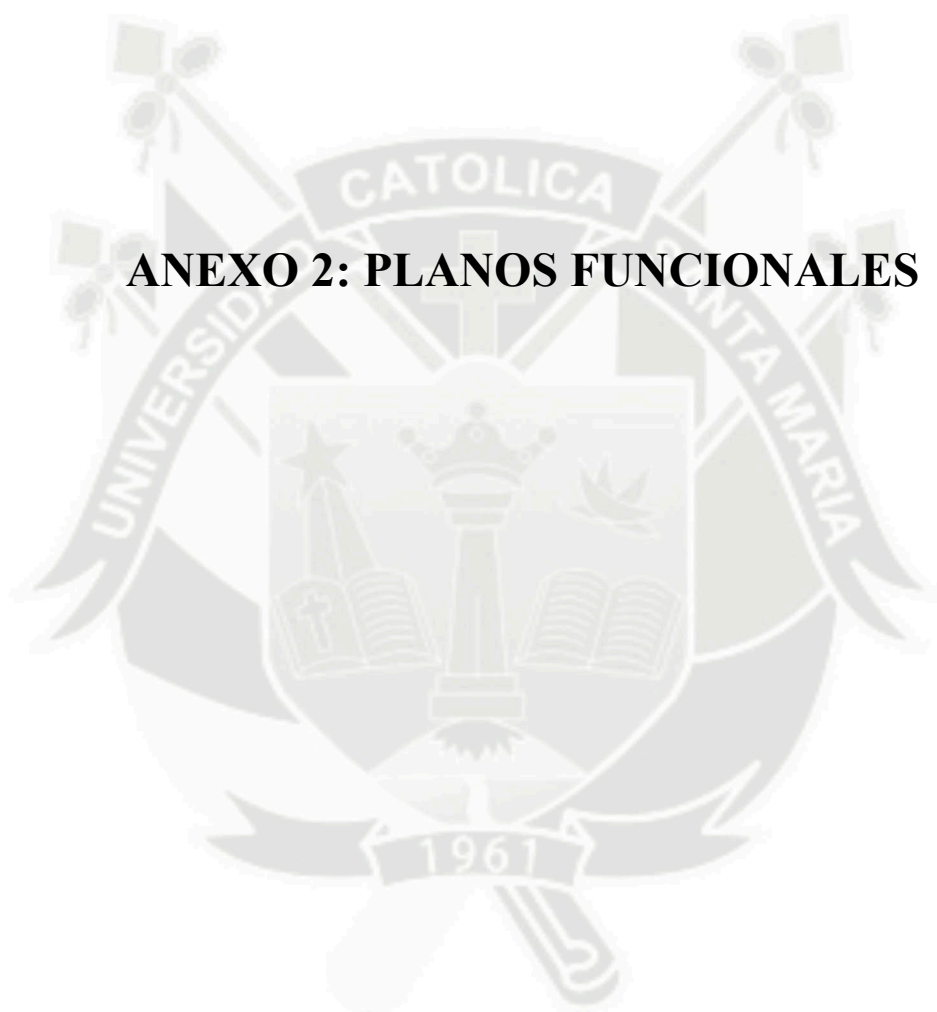
Resumen:

Resumen del proyecto:

Tareas externas:

Hito exteTarea:

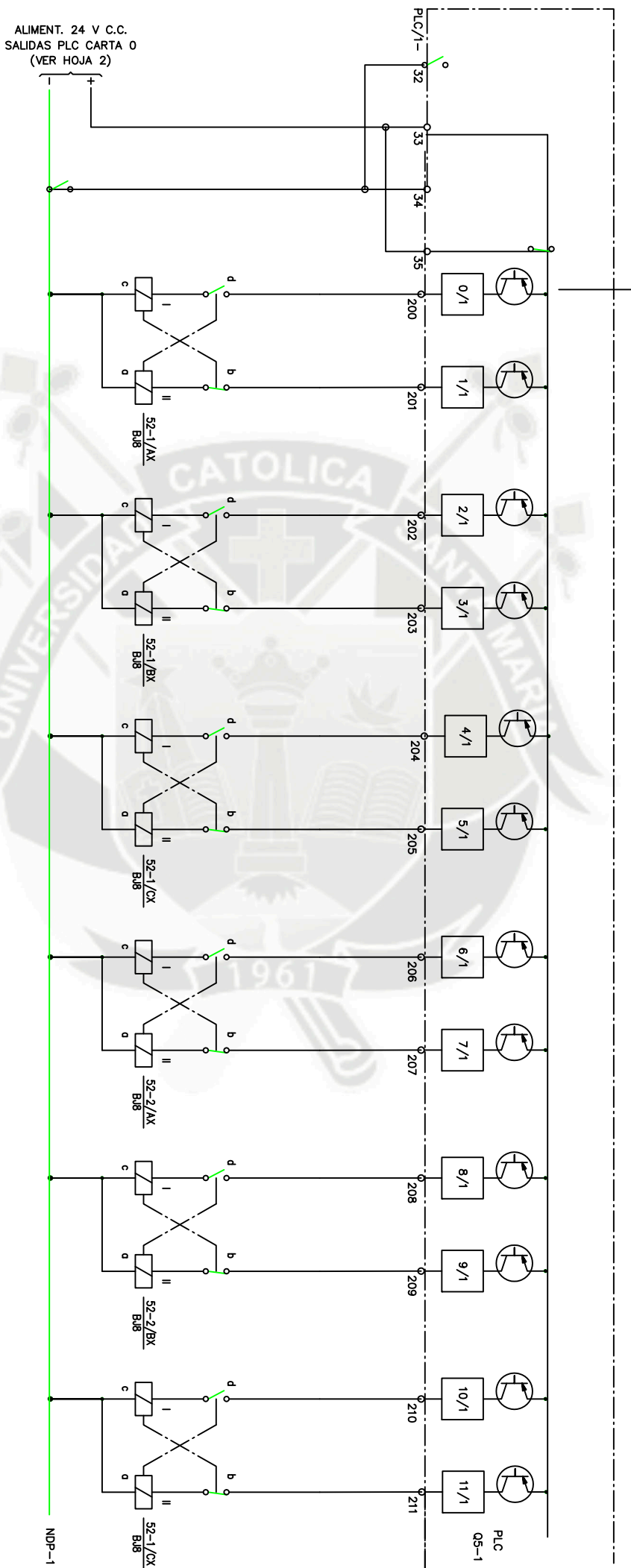
División:



ANEXO 2: PLANOS FUNCIONALES

CONTROL DE LOS INTERRUPTORES 52-1 Y 52-2

APERTURA 0A	CIERRE 0A	APERTURA 0B	CIERRE 0B	APERTURA 0C	CIERRE 0C	APERTURA 0A	CIERRE 0A	APERTURA 0B	CIERRE 0B	APERTURA 0C	CIERRE 0C
52-1	52-1	52-1	52-1	52-1	52-1	52-2	52-2	52-2	52-2	52-2	52-2

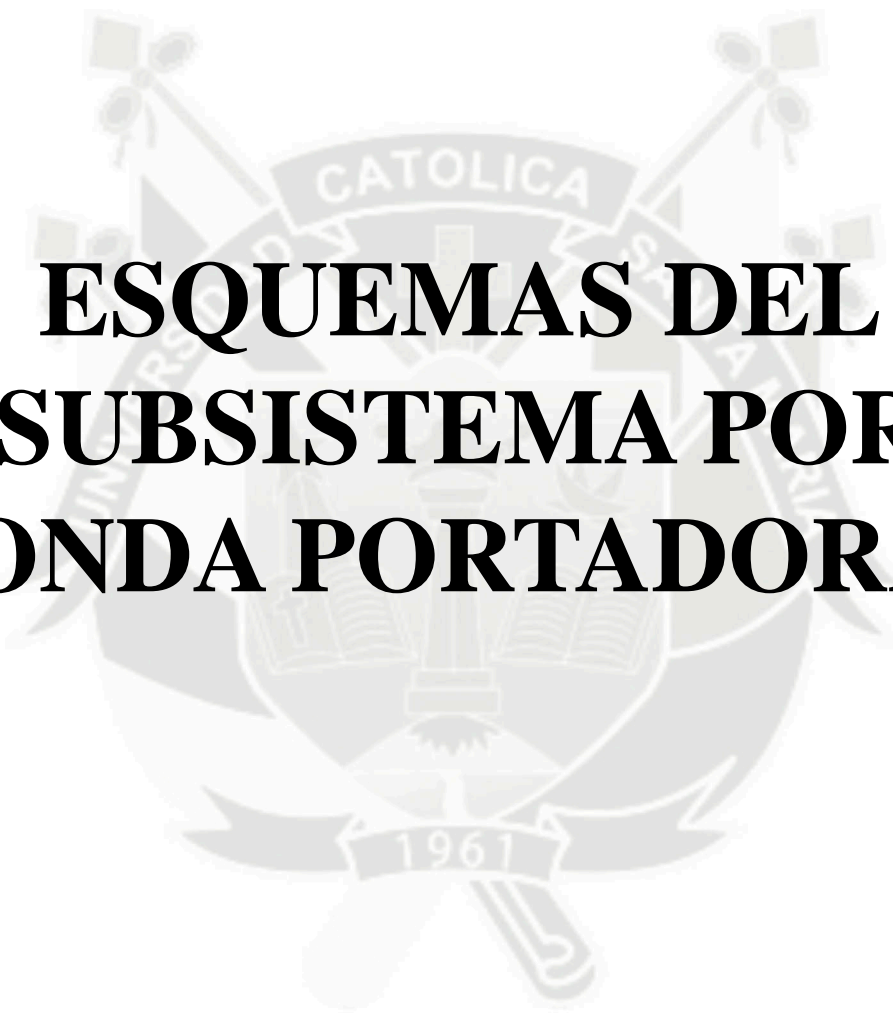


EDICION	FECHA	REALIZADO	DIBUJADO	VERIFICADO	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.S.	FECHA	NOMBRE	FIRMA	INSTALACION
A	DIC-13	A.S.E.	R.B.G.	J.B.M.	EDICION PRELIMINAR (J-4023)	M.V.	DIC-13	A.S.E.	[Firma]	LABORATORIO SUBESTACION SOCABAYA
							DIC-13	R.B.G.	[Firma]	
							DIC-13	J.B.M.	[Firma]	
							DIC-13	M.V.	[Firma]	
							VERIFICADO POR R.E.S.		TITULO	
							APROBADO POR R.E.S.		POSICIONES DE LOS RELES BIESTABLES	
							ESCALA		RED ELECTRICA DE ESPAÑA	
							HOJA 3		SIGUE 4	
							Nº		SPUNYH2001	
							NID:		C	
							Rev:		C	

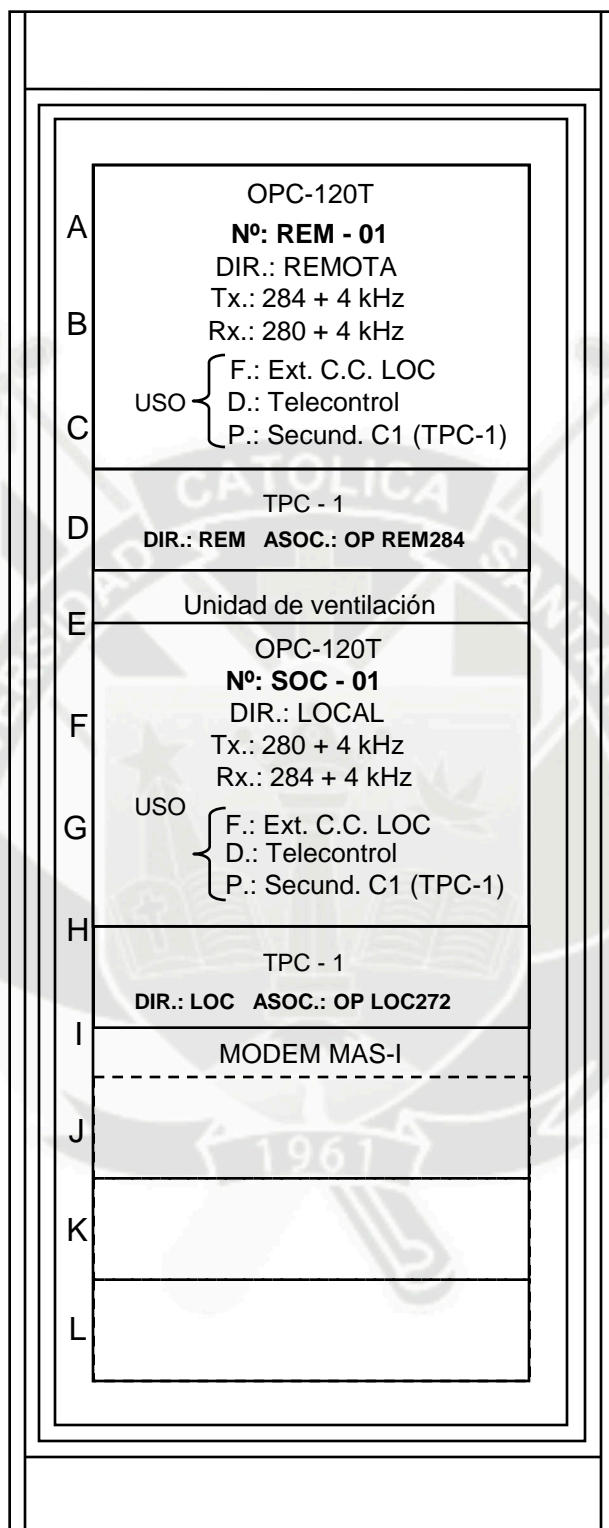


ANEXO 3: INGENIERÍA DE COMUNICACIONES

ESQUEMAS DEL SUBSISTEMA POR ONDA PORTADORA



	FECHA	NOMBRE	TELECOMUNICACIONES	LAB. REDESUR	
Proyectado:	13/03/13	J.B.M	LABORATORIO		
Dibujado:	13/03/13	J.B.M	UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS	Nº	
Comprobado:	13/03/13	J.B.M		NID:	
Aprobado:				Nº	LABSOCOPLAT001
ESCALA:				Rev.	A
				HOJA	1 SIGUE 2

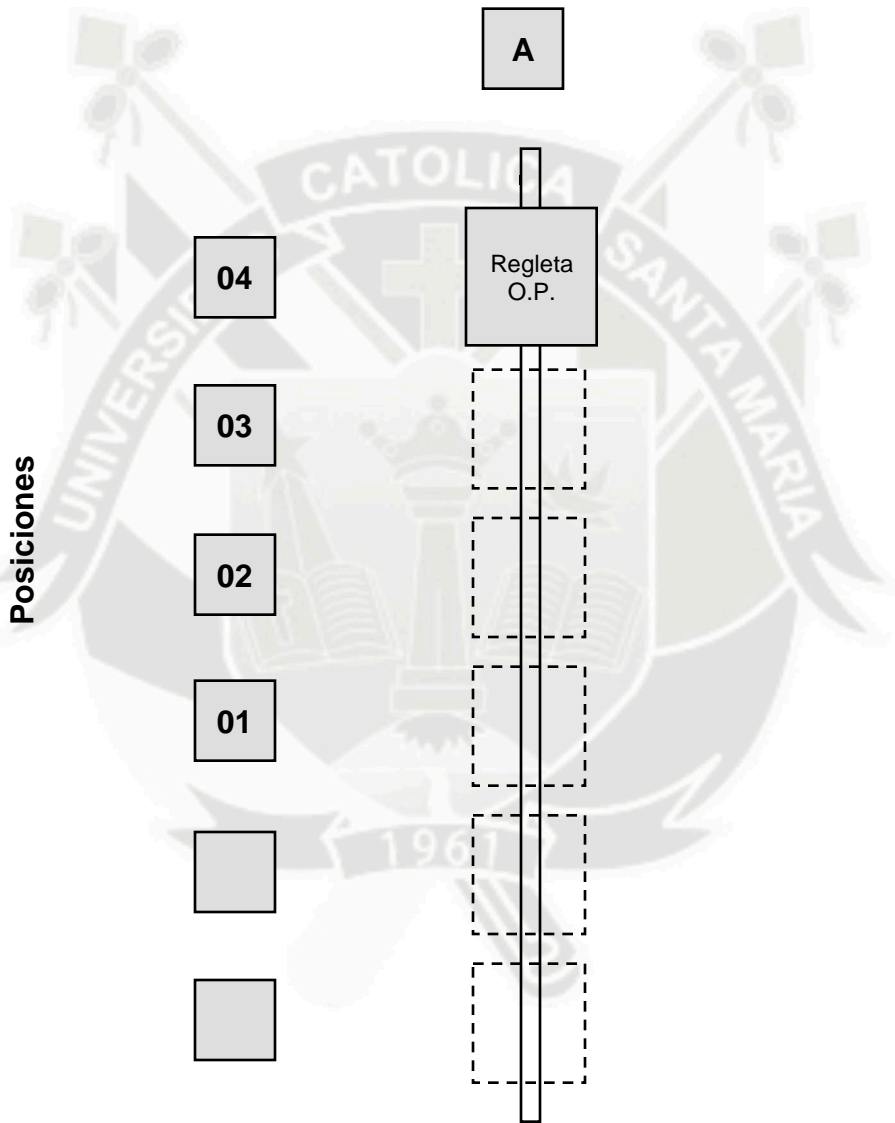


	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	13/03/13	J.B.M
Comprobado:	13/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES. LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipamiento de armario terminal de onda portadora y teleprotección para circuito de línea LOC - REM.

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT002
Rev.	A
HOJA	2
SIGUE	3

Verticales

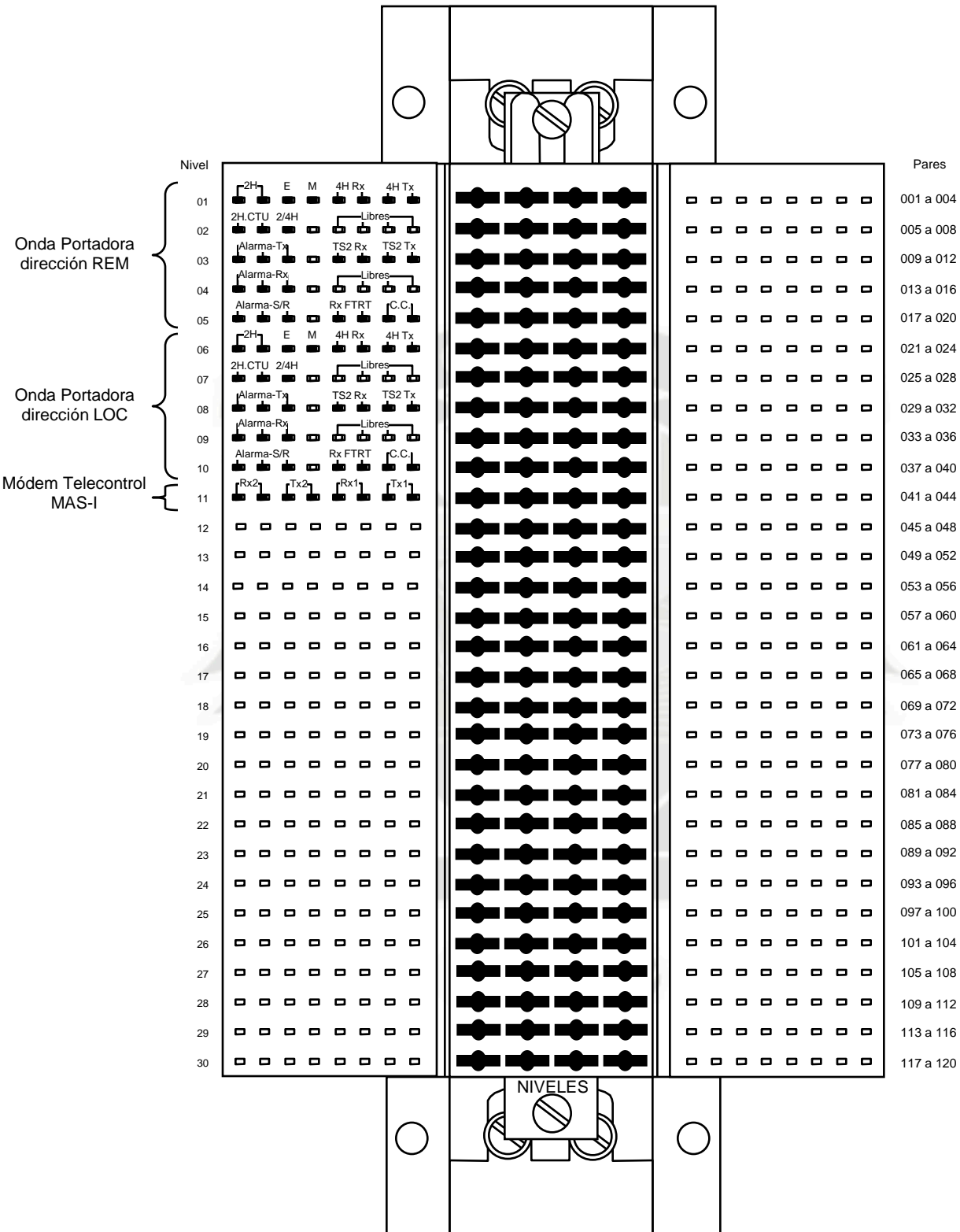


	FECHA	NOMBRE	TELECOMUNICACIONES
Proyectado:	11/03/13	J.B.M	LABORATPORIO
Dibujado:	11/03/13	J.B.M	UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
Comprobado:	13/03/13	J.B.M	SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Aprobado:			Repartidor telefónico
ESCALA:			

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT003
Rev.	A
HOJA	3 SIGUE 4

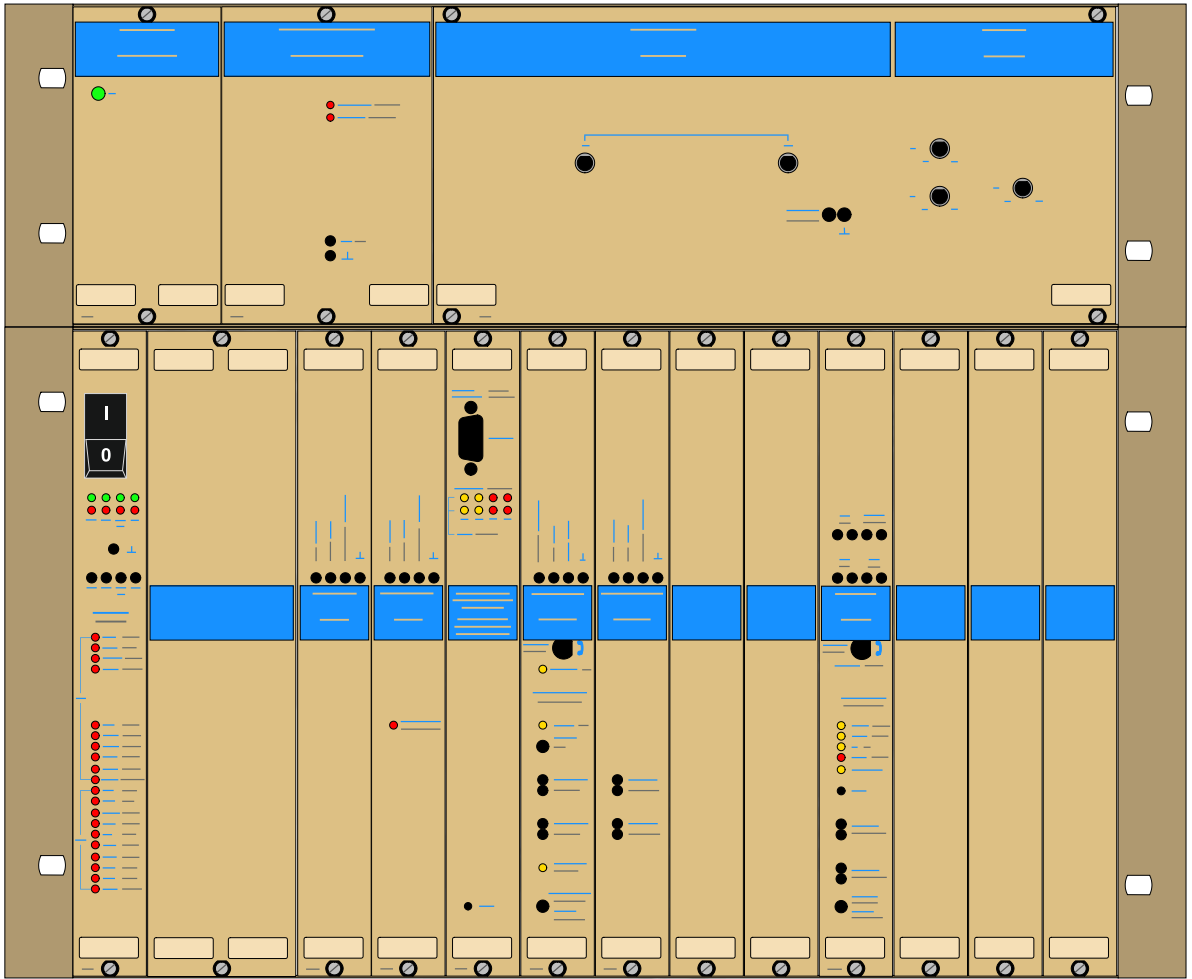
VERTICAL: A

POSICIÓN: 04



	FECHA	NOMBRE	TELECOMUNICACIONES
Proyectado:	07/03/13	J.B.M	LABORATORIO
Dibujado:	07/03/13	J.B.M	UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
Comprobado:	11/03/13	J.B.M	REGLETA 30 x 8 de Corte y Prueba
Aprobado:			Vertical - Regleta
ESCALA:			Estación: Local.

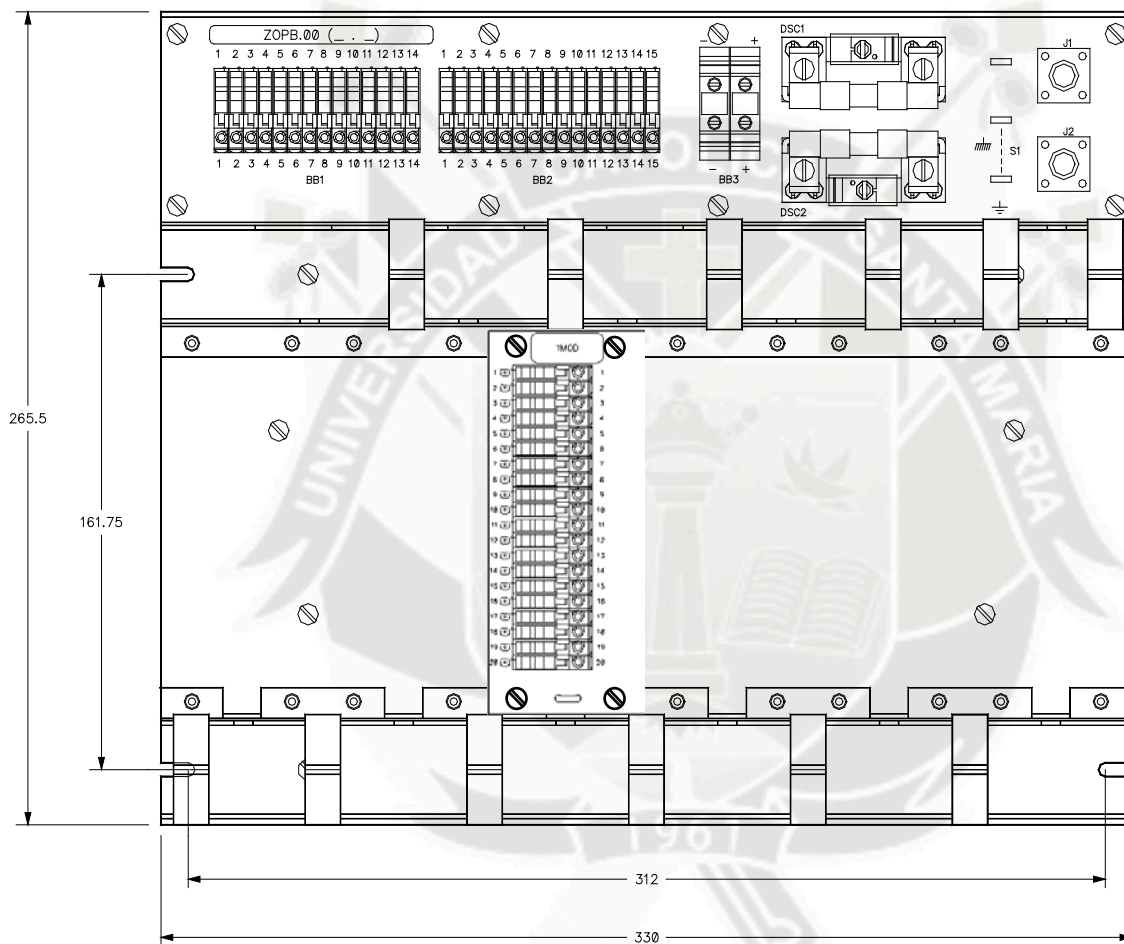
LAB. REDESUR		
Nº		
NID:		
Nº	LABSOCOPLAT004	Rev. A
HOJA	4	SIGUE 5



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	13/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipo de Onda Portadora OPC-120T (Vista Frontal)

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT005
Rev.	A
HOJA	5
SIGUE	6



Dimensiones en mm
Escala 1:2



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	10/03/13	J.B.M
Dibujado:	10/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

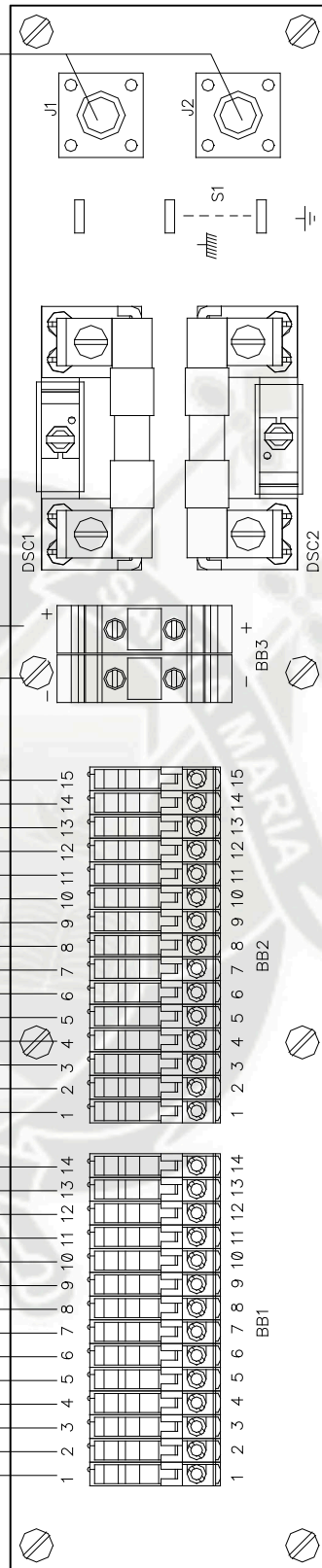
TELECOMUNICACIONES.
LABORATORIO
UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS

SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA

Equipo de Onda Portadora OPC-120T
(Bloque de Bornes Fondo Armario)

LAB. REDESUR		
Nº		
NID:		
Nº	LABSOCOPLAT006	Rev. A
HOJA	6	SIGUE 7

Terminales AF



Alimentación Vcc

Alarma 4

Alarma 3

Alarma 2

Alarma 1

Hilo E

Salida BF 2

Salida BF 1

Hilo M

Incremento de pot.

Entrada BF 2

Entrada BF 1



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipo de Onda Portadora OPC-120T (Asignación de Bornes Bloque ZOPB.00)

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT007
Rev.	A
HOJA	7
SIGUE	8

4HE₁

4HR₁/2H

Compandor
ON/OFF

No
utilizados

Hilo T

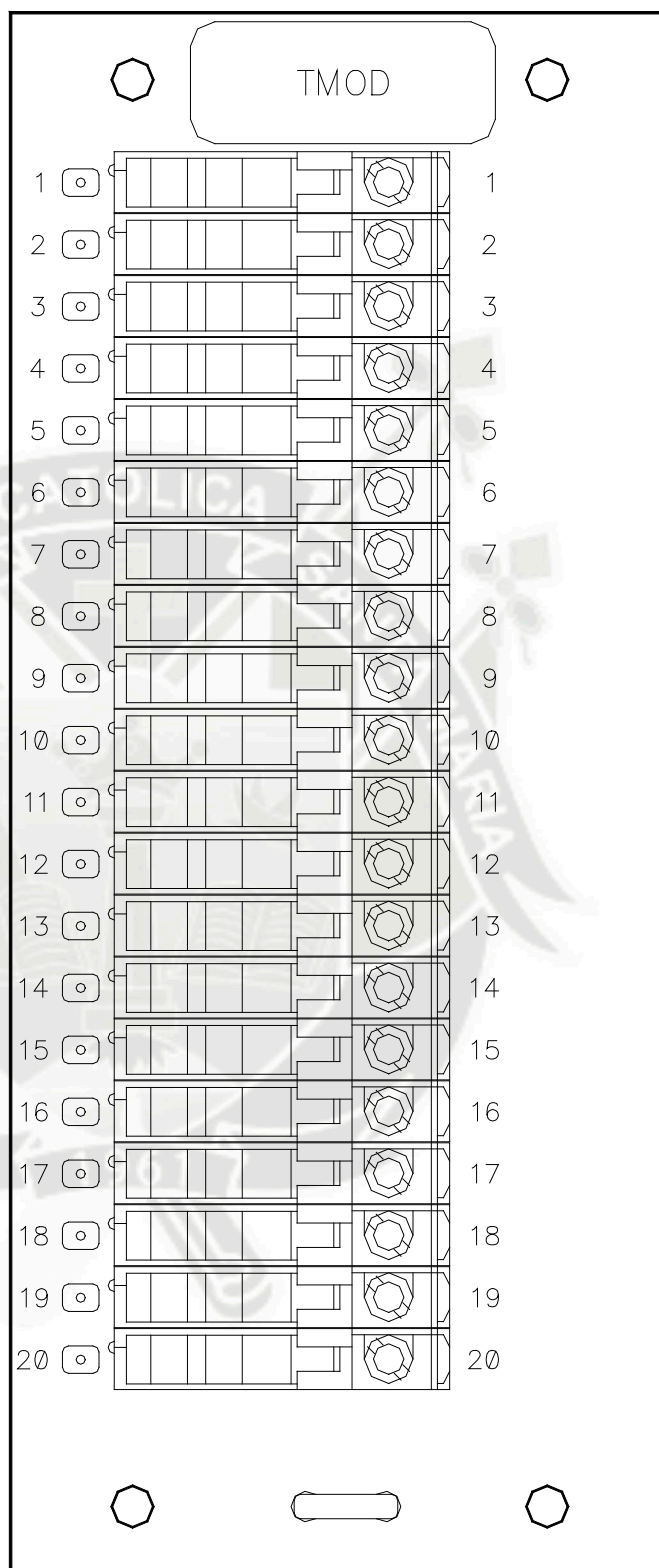
Conmutación
2H/4H

4HE₂

4HR₂

Abonado 1

Abonado 2



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	12/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO
UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS

SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA

Equipo de Onda Portadora OPC-120T
(Asignación de Bornes Telefonía - TMOD)

LAB. REDESUR		
Nº		
NID:		
Nº	LABSOCOPLAT008	Rev. A
HOJA	8	SIGUE 9

OPC-120T (TELEPROTECCIÓN)

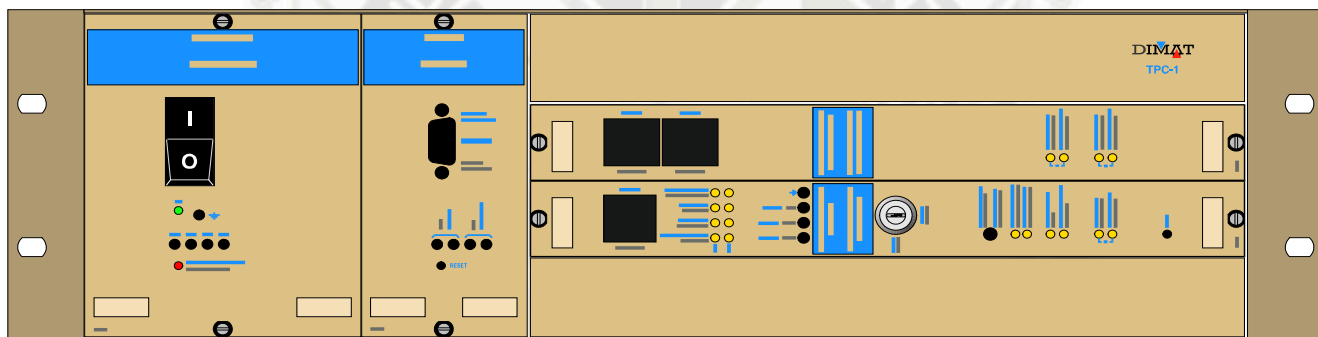
REPARTIDOR		O.P.C.		UTILIZACIÓN	OBSERVACIONES	
Nivel	Pin	Regleta	Borne			
1	A	TMOD	1	4H Tx		
1	B	TMOD	2			
1	C	TMOD	3	4H Rx		
1	D	TMOD	4			
1	E	ZOPB (BB1)	8	M	ZOPB: 7 (-)	
1	F	ZOPB (BB1)	13	E	ZOPB: 14 (+)	
1	G	TMOD	3	2H Fonía		
1	H	TMOD	4			
2	A	Libre				
2	B	Libre				
2	C	Libre				
2	D	Libre				
2	E	TMOD	11	Masa		
2	F	TMOD	12	CONM. 2/4H		
2	G	TMOD	17	2H CONV.		
2	H	TMOD	18			
3	A	ZOPB (BB1)	3	TS2 Tx		
3	B	ZOPB (BB1)	4			
3	C	ZOPB (BB1)	11	TS2 Rx		
3	D	ZOPB (BB1)	12			
3	E	Libre		Libre		
3	F	ZOPB (BB2)	3	REPOSO		"Alarma, Alimentación o Tx".
3	G	ZOPB (BB2)	2	COMUN		
3	H	ZOPB (BB2)	1	TRABAJO		
4	A	Libre				
4	B	Libre				
4	C	Libre				
4	D	Libre				
4	E	Libre		Libre		
4	F	ZOPB (BB2)	9	REPOSO	"Alarma de Rx"	
4	G	ZOPB (BB2)	8	COMUN		
4	H	ZOPB (BB2)	7	TRABAJO		
5	A	TMOD	5	C. COMP.		
5	B	TMOD	6			
5	C	FTRT	1	Rx FTRT		
5	D	FTRT	2			
5	E	Libre		Libre		
5	F	Libre		REPOSO	"Alarma señal/ruido"	
5	G	Libre		COMUN		
5	H	Libre		TRABAJO		



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipo de Onda Portadora OPC-120T (Cableado a Repartidor - Regletas TMOD y ZOPB)

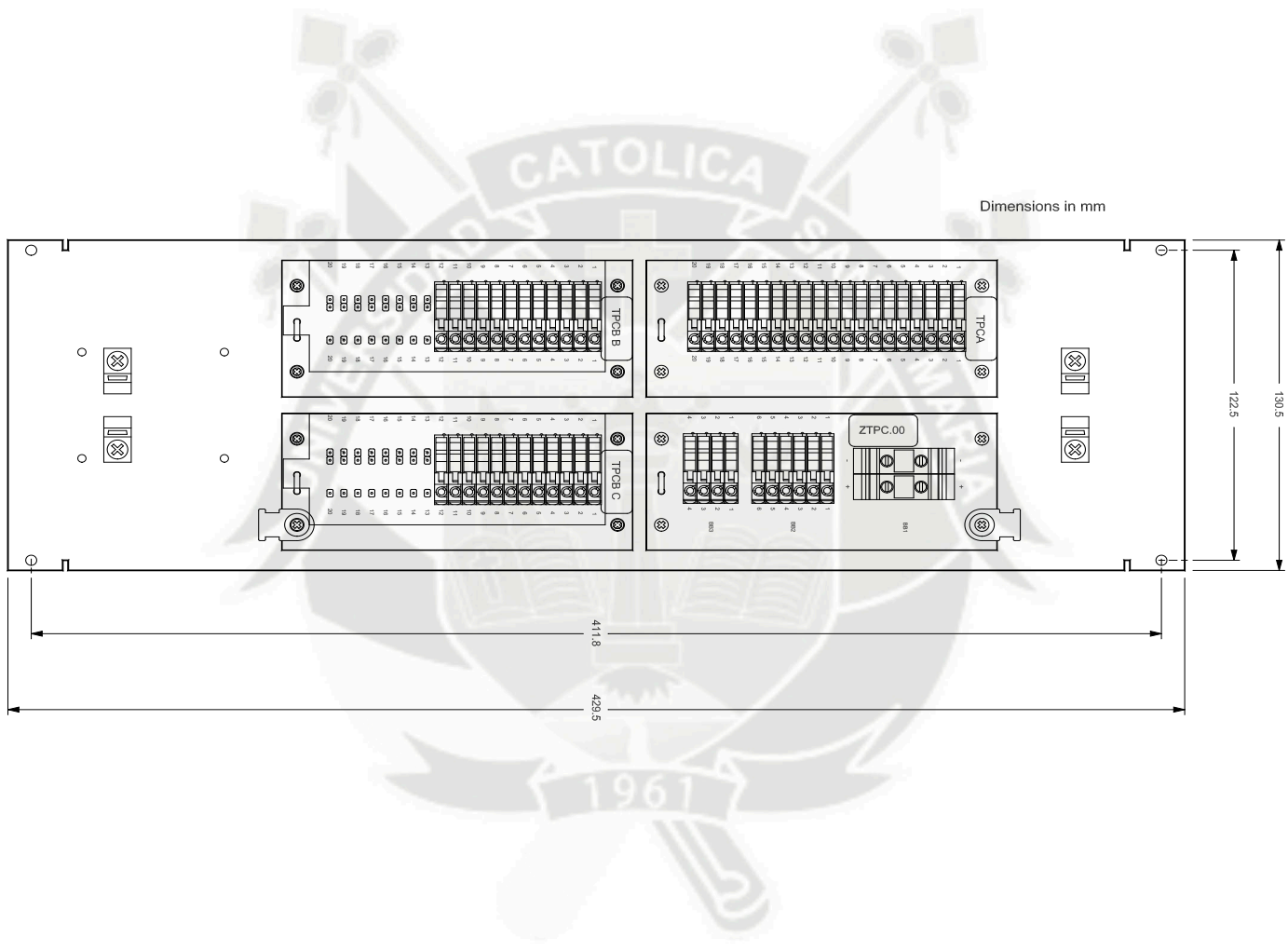
LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT009
Rev.	A
HOJA	9
SIGUE	10



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	12/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipo de Teleprotección TPC-1 (Vista Frontal)

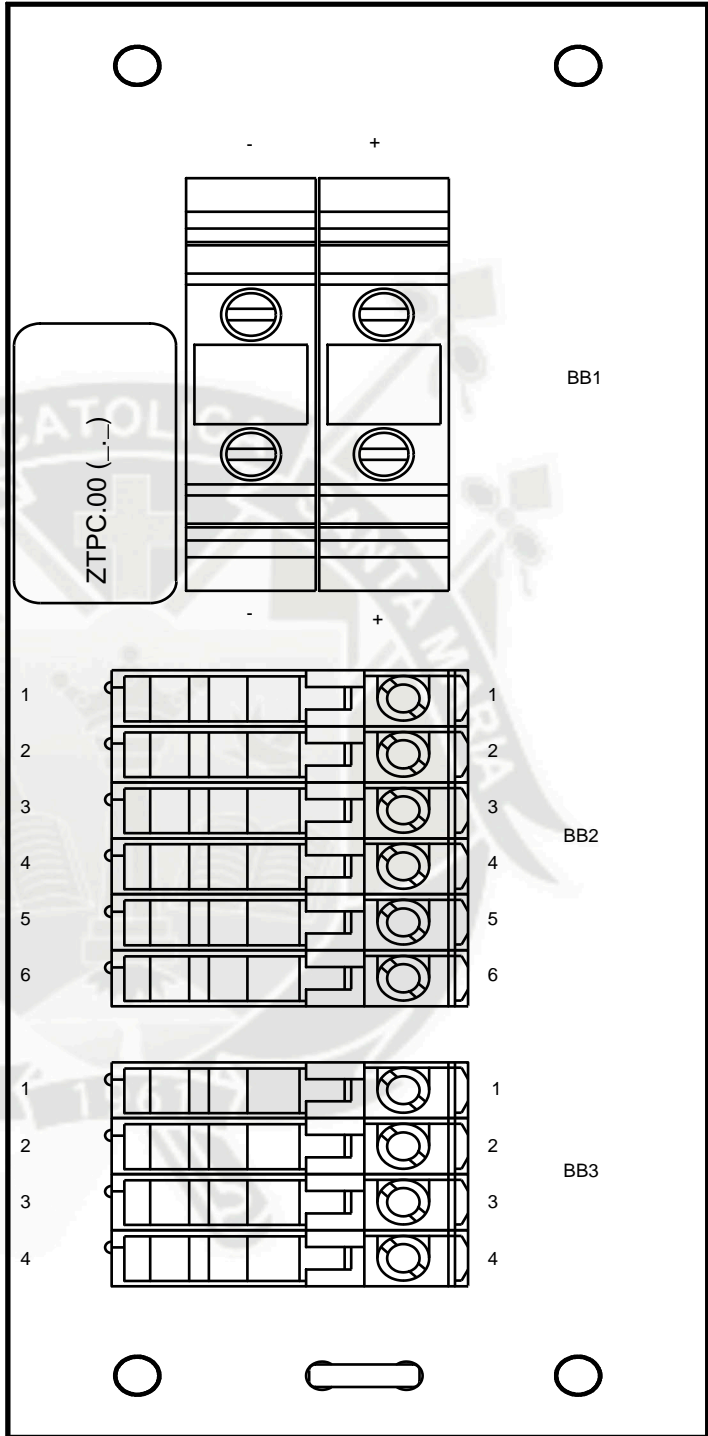
LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT010
Rev.	A
HOJA	10 SIGUE 11



	FECHA	NOMBRE	TELECOMUNICACIONES
Proyectado:	11/03/13	J.B.M	LABORATORIO
Dibujado:	11/03/13	J.B.M	UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
Comprobado:	11/03/13	J.B.M	SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Aprobado:			Equipo de Teleprotección TPC-1 (Bloque de Bornes Fondo Armario - TP de 3 Ordenes)
ESCALA:			

LAB. REDESUR		
Nº		
NID:		
Nº	LABSOCOPLAT011	Rev. A
HOJA	11	SIGUE 12

Alimentación



Alarma de alimentación

Incremento de potencia

Transmisión

Recepción

N.O.
C
N.C.
N.O.
C
N.C.

1
2
3
4
5
6

1
2
3
4
5
6

BB1

BB2

BB3



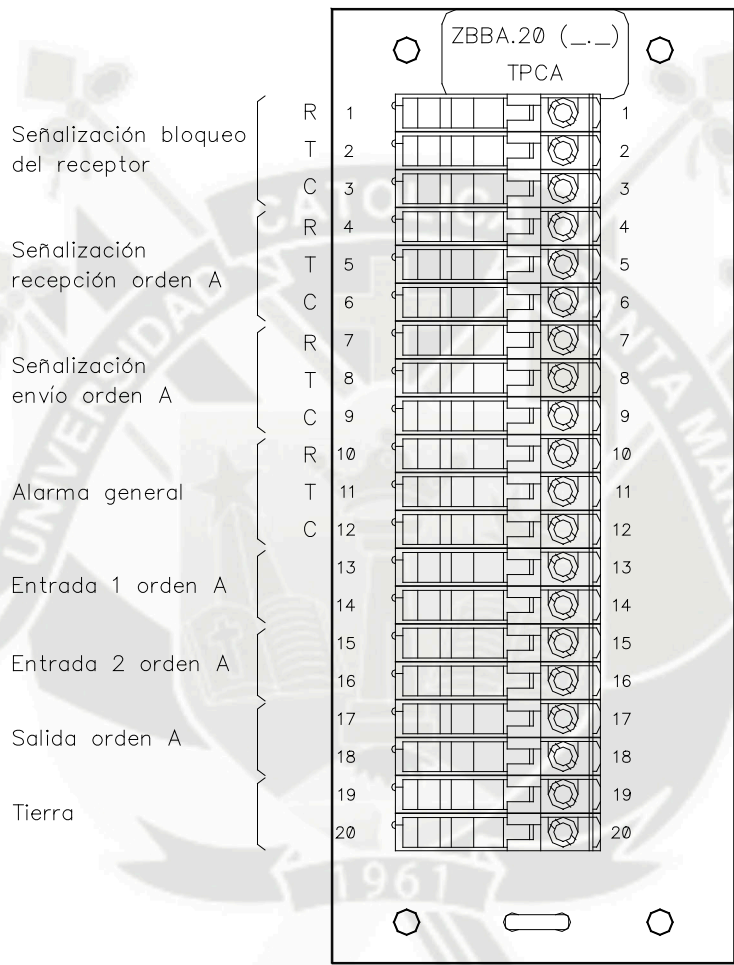
	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO
UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS

SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA

Equipo de Teleprotección TPC-1
(Asignación de Bornes Bloque ZTPC.00)

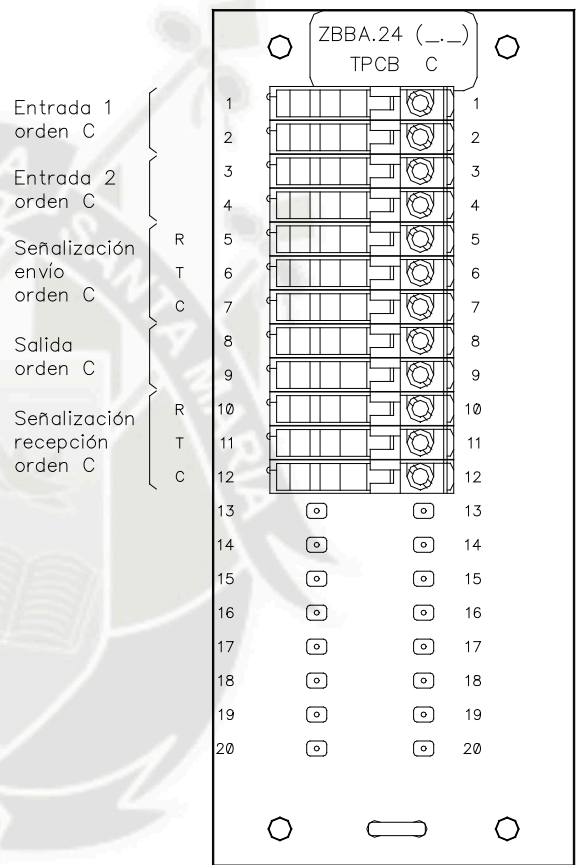
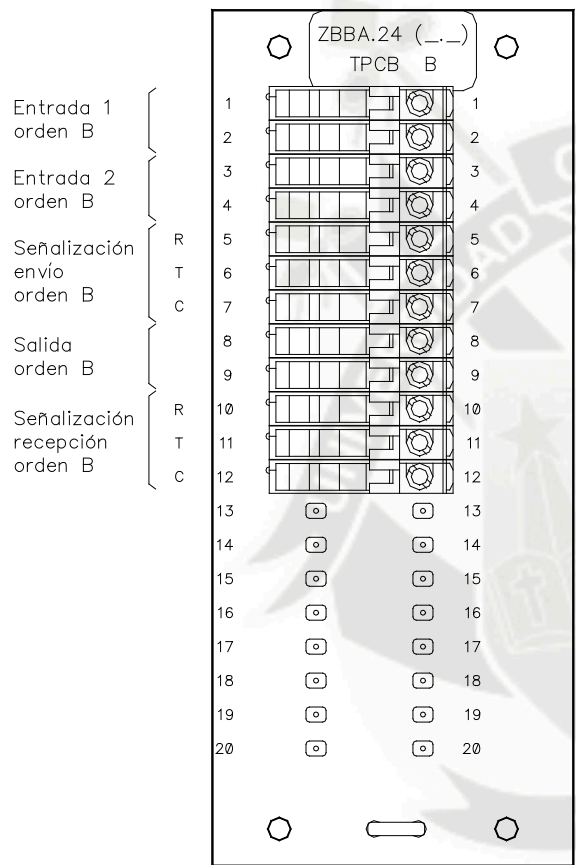
LAB. REDESUR		
Nº		
NID:		
Nº	LABSOCOPLAT012	Rev. A
HOJA	12	SIGUE 13



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES LABORATORIO UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS
SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA
Equipo de Teleprotección TPC-1 (Asignación de Bornes Teleprot. Orden A)

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT013
Rev.	A
HOJA	13
SIGUE	14



	FECHA	NOMBRE
Proyectado:	11/03/13	J.B.M
Dibujado:	11/03/13	J.B.M
Comprobado:	11/03/13	J.B.M
Aprobado:		
ESCALA:		

TELECOMUNICACIONES
 LABORATORIO
 UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS

SUBSISTEMA DE ONDA PORTADORA

Equipo de Teleprotección TPC-1
 (Asignación de Bornes Teleprot. Ordenes B y C)

LAB. REDESUR	
Nº	
NID:	
Nº	LABSOCOPLAT014
Rev.	A
HOJA	14 SIGUE