

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Electrónica



Implementación del control electrónico para un recloser monofásico hidráulico

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

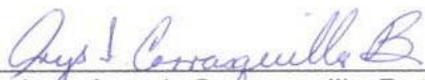
Carlos Luís Abarca Cascante

Cartago, Febrero de 2006

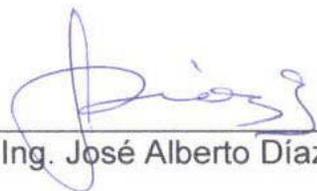
INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal


Ing. Arys I. Carrasquilla Batista

Profesora lectora


Ing. José Alberto Díaz

Profesor lector


Ing. Néstor Hernández Hostaller

Profesor asesor



Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, lunes, 20 de marzo de 2006

Declaro que el presente proyecto ha sido realizado por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema, así como la información que haya suministrado la institución para la que se realizó el proyecto, y aplicando e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad por el contenido de este proyecto.

San Marcos, 24 de marzo de 2006

Carlos Luis Abarca Cascante
Carlos Luis Abarca Cascante

Cédula: 3-354-336

Resumen

La empresa Coopesantos R.L. distribuye energía eléctrica y cuenta con dispositivos de protección y/o desconexión, dispersos en su red de distribución eléctrica. Estos equipos están ubicados en la línea principal trifásica, o bien en secciones monofásicas que se encuentran en las colas de la red. Estos equipos se llaman “reconectores” o “recloser”, su principal función consiste en medir la corriente que circula por la línea y realizar una desconexión en el momento en que esta aumenta y sobrepasa un valor determinado, producto de una falla.

Por su diseño, estos equipos carecen de control electrónico y/o remoto. La labor de reconexión se realiza manualmente en el sitio, lo que implica que no importa la hora, ni el día que se dé una apertura, es necesario trasladar una cuadrilla de dos o más personas para que realicen la reconexión. Esto trae una serie de costos para la cooperativa, como lo son el pago y recargo de los trabajadores que realizan la reconexión, el desgaste del equipo y vehículos, así como las molestias sufridas a la población del sector que se ha visto afectado, por largos periodos sin servicio.

La labor que se pretende realizar con este proyecto es facilitar la operación de estos dispositivos, ya sea a distancia y/o por medio de un panel de control. La operación pretende no solamente controlar los contactos, sino obtener información sobre su estado (Abierto / cerrado), así como los valores analógicos de corriente, voltaje y potencia que maneja el recloser.

El control remoto será realizado bajo el protocolo DNP3.0 sobre TCP/IP, o DNP3.0 por sí solo utilizando un radiomodem para la comunicación, el control local mediante un teclado y un display LCD y la unidad de control basada en un microcontrolador tipo PIC.

Palabras clave: DNP, Reconexión, Reconector, Control electrónico, Panel de control.

Abstract

Nowadays Coopesantos R.L. have installed protective devices to prevent harmful charges in its network of electric distribution. The equipment is located in the main three-phased line, or in the singled-phase sections that are located at the end of the network. This equipment is known as recloser and its main function is to measure the current that is in the line. This device disconnects the support of the network when increases and exceeds a determined value, produced by energy failures.

This equipment lacks electronic or remote control in its original design, so the labor of reconnection must be done manually by the operators. This situation forces the intervention of a complete crew of operators or workers to do the manual reconnection of the network. The situation provokes serious expenses for the company not only monetary but also the investment of personnel and transportation for making the single process of reconnection possible. The actual situation troubles the population, because the long periods without energy disrupt their daily labors.

The objective of this project is to facilitate the operation of the devices, either from the distance or by means of a Control Panel. The controlled operation of these devices will make possible both, the regulation of the electronic functions and the observation of important data according to the actual condition of operation (opened/closed) and the perception of analogical values of current, voltage and power that the re-closer manages at the moment.

This remote control will be made with DNP3.0 on TCP/IP, or DNP3.0 protocol by using a radiomodem for the communication. The local control is conformed by a keyboard, a LCD display, and the main control unit, a PIC type based micro controller.

Keywords: DNP, Reconnection, Recloser, Electronic Control, Control Panel.

Dedicatoria

Eternamente agradecido:

a mis padres, Gerardo y Deifilia.

Agradecimientos

Antes que nada, a DIOS.

Al Ingeniero Claudio Ureña y a los señores Olger Robles y Sixto Monge, por brindarme su apoyo y colaboración durante la realización del proyecto.

A mis Padres Gerardo y Deifilia y a mis hermanos, José y María, por su apoyo incondicional. A mis compañeros y amigos Juan Gonzalo, José Aráuz, Christian Beatriz y a muchos más, por su invaluable apoyo en este arduo camino.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	14
1.1 Problema existente e importancia de su solución.....	14
1.2 Solución seleccionada	16
1.2.1 Restricciones y requerimientos	16
1.2.2 Antecedentes prácticos.....	16
1.2.3 Propuesta de solución.....	17
Capítulo 2: Meta y objetivos	22
2.1 Meta.....	22
2.2 Objetivo general	22
2.3 Objetivos específicos.....	22
a. Objetivos de hardware	22
b. Objetivos de software.....	22
c. Objetivos de documentación	23
Capítulo 3: Marco teórico	24
3.1 Descripción del sistema a modificar	24
3.2 Descripción de los principales principios relacionados con la solución del problema.....	25
3.2.1 Principios de software	25
3.2.2 Principios físicos	26
3.2.3 Principios matemáticos	27
3.2.4 Principios eléctricos y electrónicos.....	29
Capítulo 4: Procedimiento metodológico	36
4.1 Reconocimiento y definición del problema	36
4.2 Obtención y análisis de información	36
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución	37
4.4 Implementación de la solución	38
4.5 Reevaluación y rediseño	41
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución	42
5.1 Análisis de soluciones y selección final	42
5.1.1 Actuadores en el recloser	42
5.1.2 Protocolo DNP	43
5.1.3 Panel de control y circuitería asociada.....	44
5.1.4 Programación del panel de control.....	46
5.1.5 Programa propietario	47
5.2 Descripción del hardware	48
5.2.1 Microcontrolador utilizado	50
5.2.2 Salidas de control.....	53
5.2.3 Acondicionadores para entradas de estado.....	55
5.2.4 Acondicionadores de voltaje y corriente.....	57
5.2.5 Interface serial	59
5.2.6 Interface de usuario	60
5.2.7 Fuente de alimentación.....	61

5.2.8	Actuadores en el recloser	63
5.2.9	Cableado entre el recloser y el control.....	67
5.2.10	Gabinete	68
5.2.11	Radioenlace	70
5.3	Descripción del software.....	74
5.3.1	Programa propietario	74
5.3.2	Programa Panel de control	84
5.3.3	Protocolo DNP 3.0	94
Capítulo 6:	Resultados y análisis	95
6.1	Tiempos de apertura y cierre del recloser	95
6.2	Armónicos y análisis de fourier.....	102
6.3	Voltaje en encendido y apagado del panel de control	107
6.4	Medición en el transformador de corriente para ajuste del circuito de control.	109
	Medición en los circuitos MAV para verificación de funcionamiento	110
6.5	Constantes correspondientes a factores de escala.....	112
6.6	Motoreductor y bobina de apertura.....	116
6.7	Protocolo DNP.....	117
6.8	Panel de control.....	118
6.9	Programa Propietario.....	119
Capítulo 7:	Conclusiones y recomendaciones.....	121
7.1	Conclusiones	121
7.2	Recomendaciones	121
Bibliografía	122
Apéndices	124
Apéndice 1	Glosario, abreviaturas y simbología.....	124
Apéndice 2	Manual(es) de usuario	125
Apéndice 2.1	Manual de usuario operador	125
Apéndice 2.2	Manual de instalación y mantenimiento	135
Apéndice 3	Protocolos de medición	142
A3.1	Cable serial espía para monitorear comunicación entre equipos.	142
A3.2	Circuito de ajuste de contraste para la pantalla LCD.....	143
A3.3	Circuito de medición de parámetros eléctricos en el recloser.....	143
A3.4	Circuitos acondicionadores de señal para medición de contenido armónico en cierre y apertura.	144
A3.5	Medición de los circuitos MAV.....	145
A3.6	Circuito para verificar la relación de transformación en el trafo de corriente.....	146
Apéndice 4	Información sobre la institución	147
Apéndice 4.1	Descripción de la institución.....	147
Apéndice 4.2	Descripción del departamento en donde se realiza el proyecto	147
Apéndice 5	Definición del protocolo DNP3.0 y tramas utilizadas en la realización del proyecto.....	148
A5.1	Reseña	148

A5.2	Características de DNP 3.0	148
A5.3	Estructura del mensaje	150
A5.4	Estructura de tramas en DNP 3.0	150
A5.5	Definición de las tramas DNP utilizadas en el proyecto.....	151
Apéndice 6	Fotografías del proyecto y el recloser	152
Apéndice 7	Documentación de procedimientos de menor importancia	155
Anexos	162
Anexo 1	Hojas de datos de los principales componentes utilizados.....	162
Anexo 2	Interface de usuario del F5 Interface Software” de Cooper Power....	174
Anexo 3	Equipo para el radioenlace.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ejemplo de disposición de los recloser en la red de distribución.....	15
Figura 1.2	Diagrama de bloques para el sistema de control en el recloser.....	18
Figura 1.3	Sistema de control remoto completo.....	21
Figura 3.1	Diagrama de funcionamiento de los recloser hidráulicos tipo E.....	24
Figura 3.2	Encabezado general de las tramas DNP3.0.....	26
Figura 3.3	Representación discreta de $f(k*T)$	29
Figura 3.4	Representación de la transformada de fourier discreta de $f(k*T)$	29
Figura 3.5	Rectificador de onda completa y filtro RC de salida.....	30
Figura 3.6	Señal de voltaje a la salida del circuito rectificador.....	30
Figura 3.7	Modelo de una onda directa y una reflejada.....	33
Figura 3.8	Modelo de cálculo de radioenlace.....	33
Figura 5.1	Diagrama de entradas y salidas del panel de control.....	49
Figura 5.2	Principales bloques del panel de control.....	49
Figura 5.3	Bloques de microcontrolador y circuitos asociados.....	50
Figura 5.4	Circuitería asociada al microcontrolador.....	52
Figura 5.5	Bloque de salidas de control.....	53
Figura 5.6	Diagrama eléctrico de los bloques de control.....	54
Figura 5.7	Acondicionadores de entradas de estado.....	55
Figura 5.8	Circuito acondicionador de entrada de estado.....	56
Figura 5.9	Bloque de acondicionador de voltaje y corriente.....	57
Figura 5.10	Circuito acondicionador de corriente.....	58
Figura 5.11	Circuito acondicionador de voltaje.....	59
Figura 5.12	Circuito de interface serial.....	59
Figura 5.13	Configuración de teclado y pantalla.....	61
Figura 5.14	Secciones de la fuente de alimentación.....	61
Figura 5.15	Circuito eléctrico de la fuente de alimentación.....	63
Figura 5.16	Circuito de la bobina de apertura provisto en el recloser.....	64
Figura 5.17	Estructura del Motoreductor y las modificaciones agregadas.....	65
Figura 5.18	Barra de bornes del panel de control.....	67
Figura 5.19	Cableado del panel de control hacia el recloser.....	68
Figura 5.20	Altura necesaria teórica para recibir una mejor señal.....	71
Figura 5.21	Distancia de separación para recibir una mejor señal.....	73
Figura 5.22	Diagrama funcional de la interface de usuario.....	74
Figura 5.23	Pantalla de interface de usuario.....	76
Figura 5.24	Temporización para llegada de datos.....	78
Figura 5.25	Establecimiento de conexión con el recloser.....	79
Figura 5.26	Operación del recloser desde la interfase de usuario.....	80
Figura 5.27	Lectura de datos desde el puerto serial.....	81
Figura 5.28	Carga de configuración desde archivo.....	82
Figura 5.29	Procedimiento para archivar configuración de recloser.....	83
Figura 5.30	Diagrama funcional del panel de control.....	84
Figura 5.31	Cambio de identificación del recloser.....	86
Figura 5.32	Proceso de lectura del teclado.....	87
Figura 5.33	Despliegue de mensajes en pantalla.....	88
Figura 5.34	Procedimiento para lectura de variables.....	90

Figura 5.35	Ejecución de comandos de salida.....	90
Figura 5.36	Atención a la interrupción de datos seriales	91
Figura 5.37	Procedimiento de inicialización	92
Figura 5.38	Procesos del programa principal.....	93
Figura 5.39	Funcionamiento de la interface DNP	94
Figura 6.1	Curva de operación de un recloser con bobina de 50 Amperios	96
Figura 6.3	Tiempos de operación medidos hasta lockout.....	99
Figura 6.4	Primera y segunda operación del recloser.....	100
Figura 6.5	Tercera operación del recloser.	101
Figura 6.6	Forma de onda de corriente y armónicos cuando el contacto está cerrado	103
Figura 6.7	Forma de onda de voltaje y armónicos con el contacto cerrado.....	103
Figura 6.8	Forma de onda y armónicos de la corriente de apertura	104
Figura 6.9	Forma de onda y armónicos del voltaje de apertura	104
Figura 6.10	Forma de onda y armónicos de la Corriente de cierre.....	105
Figura 6.11	Comportamiento de la corriente de cierre.....	105
Figura 6.12	Forma de onda y armónicos del Voltaje de cierre.....	106
Figura 6.13	Forma de onda de tensión al encender el control.....	108
Figura 6.14	Forma del voltaje de alimentación al apagar el control.....	109
Figura 6.15	Señal de salida y espectro de salida en el transformador de corriente	109
Figura 6.16	Señal de entrada y espectro de entrada al circuito MAV de corriente	110
Figura 6.17	Salida y espectro del circuito MAV de corriente sin capacitor	111
Figura 6.18	Señal de salida y espectro del circuito MAV de corriente con el capacitor	111
Figura 6.19	Señal de salida y espectro del circuito MAV de potencial con el capacitor ...	112
Figura 6.20	Curva de mejor ajuste circuito MAV de voltaje	113
Figura 6.21	Curva de mejor ajuste circuito MAV de corriente.....	113
Figura 6.22	Factor de escala del ADC para la conversión de datos de voltaje.....	115
Figura 6.23	Factor de escala del ADC para la conversión de datos de corriente	115
Figura 6.24	Espacios para visualizar los datos de tramas DNP	117
Figura 6.25	Información del compilador para la última modificación del panel de control	119
Figura 6.26	Datos en el archivo de historial.....	120
Figura A3.1	Circuito del cable de monitoreo	142
Figura A3.2	Circuito de ajuste de contraste.....	143
Figura A3.3	Circuito de medición de parámetros en el recloser	144
Figura A3.4	Circuito para la captura del voltaje	144
Figura A3.5	Circuito para la captura de corriente	145
Figura A3.6	Circuito completo para la captura de parámetros.....	145
Figura A3.7	Circuito de medición del acondicionador de tensión	146
Figura A3.8	Circuito de prueba del acondicionador de corriente	146
Figura A3.9	Verificación del transformador de corriente.....	146
Figura A8.1	Temporización de reintentos de envío de trama	155
Figura A8.2	Actualización de datos en pantalla.....	156
Figura A8.3	Establecimiento de la configuración del puerto serie	157
Figura A8.4	Establecimiento de la configuración del recloser	158
Figura A8.5	Generación de reporte de actividades del recloser	158
Figura A8.6	Operación para imprimir el reporte.....	159
Figura A8.7	Inicialización del teclado.....	159
Figura A8.8	Conversión de número a texto	160
Figura A8.9	Conversión de texto a número	160
Figura A8.10	Atención a interrupción del puerto B	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Beneficios esperados si se resuelve el problema.....	15
Tabla 1.2	Restricciones y requerimientos del proyecto	16
Tabla 3.1	Datos y cálculos para transformada rápida de fourier.	28
Tabla 4.1	Elementos que discriminan posibilidades de solución en Hardware	38
Tabla 5.1	Principales componentes utilizados en hardware del proyecto	48
Tabla 5.2	Especificación de pines I/O en el microcontrolador	53
Tabla 5.3	Características principales del motoreductor.....	65
Tabla 5.4	Especificación del cableado en la barra de bornes	67
Tabla 5.5	Especificación Nema para gabinetes	69
Tabla 5.6	Especificación IP para gabinetes.....	69
Tabla 6.1	Tiempos de operación medidos en el recloser estudiado	98
Tabla 6.2	Correspondencia de magnitudes en dBv y voltaje rms al 7° armónico	103
Tabla 6.3	Valores de medición en el transformador de corriente.	109
Tabla 6.4	Datos para evaluación del factor de escala de los circuitos MAV	112
Tabla 6.5	Datos para evaluación de factor de escala ADC	114
Tabla 6.6	Mediciones de torque para cierre	116
Tabla 6.7	Características del motoreductor con la modificación realizada.....	116
Tabla 6.8	Mediciones realizadas a la bobina de apertura	116
Tabla 6.9	Datos del archivo de configuración.....	120
Tabla A3.1	Captura de datos al software de control de un Forma 5.	142

Capítulo 1: Introducción

1.1 Problema existente e importancia de su solución

Por sus características de diseño, la operación de los equipos de protección y/o desconexión con los que cuenta Coopesantos es meramente manual. Esto implica una serie de costos económicos, sociales y riesgos de trabajo para la cooperativa, que se dan a partir del momento en que una de estas unidades desconecta un sector como resultado de una falla.

Estas unidades se encuentran localizadas en sectores monofásicos de la red y por lo general en lugares alejados. Se tiene el problema de que al momento en que se dé una desconexión la cooperativa se ve en la necesidad de enviar una cuadrilla hasta el lugar, lo que implica gastos económicos en vehículos, pago al personal que realiza la reconexión (generalmente dos o más personas) y desgaste de equipo entre otros. Asimismo se producen molestias a la población del sector que se ha visto afectado, debidas a la falta de fluido eléctrico durante el tiempo transcurrido desde que se reporta la desconexión, hasta que el personal reestablece la conexión en el recloser. La figura 1.1 muestra la disposición de estos equipos en una red trifásica.



Figura 1.1 Ejemplo de disposición de los recloser en la red de distribución (Ubicados en Guadalupe de Tarrazú)

En este momento se busca mejorar la calidad del servicio de distribución eléctrica en la zona, por lo cual se hace importante corregir este tipo de inconvenientes. Una vez resueltos estos, tanto la cooperativa, como la población en general tendrán servicio de mejor calidad. La tabla 1.1 muestra los beneficios de resolver este inconveniente.

Tabla 1.1 Beneficios esperados si se resuelve el problema

Beneficios para la institución	Beneficios para la población
Menor tiempo de acceso a los recloser	Mejor servicio eléctrico en cuanto a continuidad
Ahorro en tiempo y dinero en reconexiones	
Control de la operación de los recloser	
Monitoreo del estado de las unidades	
Menor riesgo laboral	

1.2 Solución seleccionada

1.2.1 Restricciones y requerimientos

Para la realización del proyecto se han establecido una serie de parámetros a fin de establecer un espacio dentro del cual se pueda elaborar. La tabla 1.2 muestra los requisitos establecidos.

Tabla 1.2 Restricciones y requerimientos del proyecto

Requisitos	Especificaciones
Utilización del protocolo de comunicación DNP3.0	Control de apertura y cierre del recloser
Normativas de seguridad de alta tensión	Medición de corriente* en la red
Debe haber servicio de baja tensión para el sistema (125V)	Control inalámbrico
	Reporte de estado de funcionamiento

*Si es posible también Voltaje y Potencia.

1.2.2 Antecedentes prácticos

En la actualidad únicamente algunos recloser trifásicos cuentan con control electrónico en su funcionamiento. Estas unidades se encuentran en la subestación de La Lucha y uno en la de San Pablo. La interacción con estos equipos se realiza mediante un panel de control y un puerto RS232 por el cual se transmite DNP3.0¹. El funcionamiento de estos equipos ha servido como referencia para crear la necesidad de automatizar el control de los demás, e incluso añadir algunas características.

¹ DNP 3.0 Protocolo de comunicación utilizado en los equipos de control en distribución eléctrica

1.2.3 Propuesta de solución

La institución ha reunido una serie de especificaciones como características de la solución, referentes a lo que se espera de su implementación, estos se muestran en la tabla 1.2. Se quiere una unidad de control similar a una RTU², que interactúe con el recloser, tanto en la operación de los contactos como en la toma de parámetros y los comunique hacia una central.

Dicha propuesta contempla la comunicación inalámbrica mediante la utilización de radiomodem. Estos módem pueden ser seriales o TCP/IP. En ambos casos la unidad de control debe comunicarse mediante tramas DNP3.0.

También se estudió la posibilidad de utilizar comunicación alámbrica, empleando el tendido de distribución de energía y tecnología PLC, sin embargo esta requiere de acoples eléctricos para las distintas fases, transformadores e inclusive en los mismos recloser. Asimismo requiere de la instalación de repetidores en distancias relativamente cortas si se comparan con la posición de los recloser. La colocación de repetidores aumenta los costos de implementación del proyecto, ya que implica la colocación de gabinetes con una fuente de alimentación auxiliar para los casos de ausencia de electricidad además de servicio de baja tensión en cada punto.

La posibilidad de utilizar un PLC para la implementación de la unidad de control se ha descartado debido a los costos relacionados con estos, así como las características del control a realizar. De acuerdo a conocimientos personales se propuso la utilización de un microcontrolador PIC de la familia 16F8XX, debido a su costo y características. Unido a este se implementó la interface de control para el recloser (control y medición), el panel de control de usuario, un puerto RS232 y un

² RTU: Unidad Terminal Remota

sistema de alimentación. En la figura 1.2 se aprecia la interacción entre cada uno de éstos módulos.

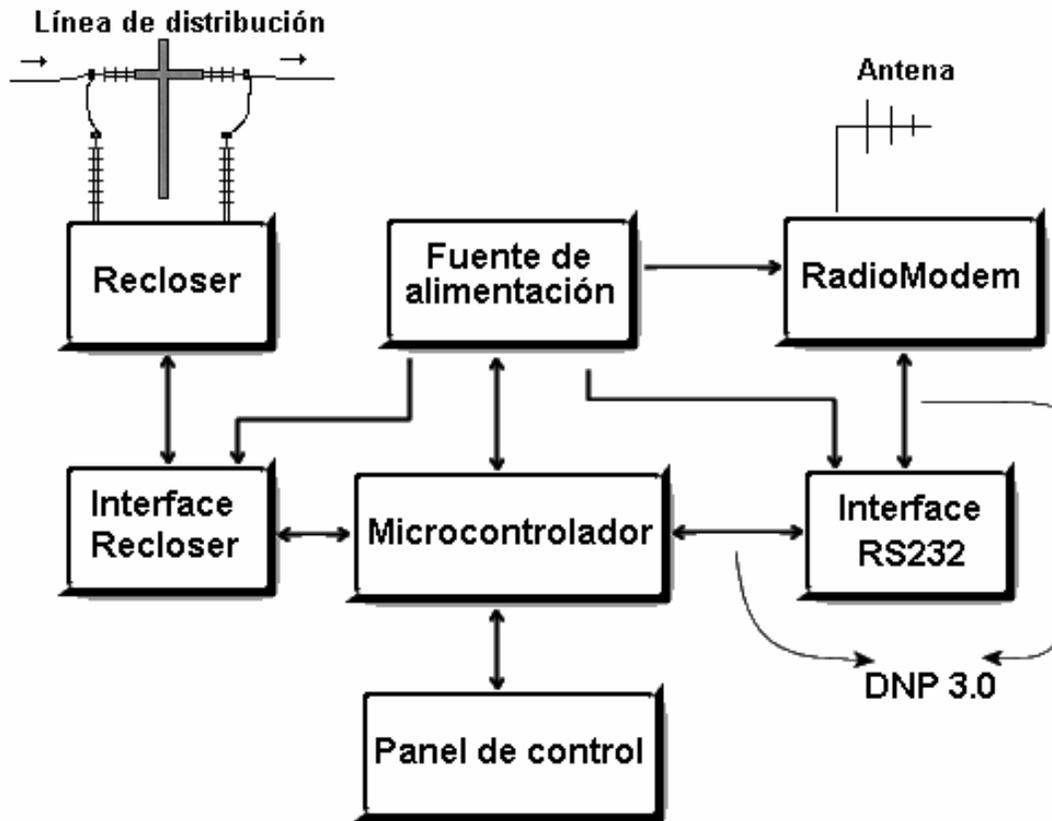


Figura 1.2 Diagrama de bloques para el sistema de control en el recloser.

El recloser es un equipo automatizado, diseñado para proteger las redes de distribución eléctrica e instalarse en lugares altos tales como postes. Siendo su voltaje de operación igual o mayor a 14.4kV y las corrientes de operación mayores a 100A. Cuando ocurre una falla en la red este reconecta el servicio y si la falla continúa, éste realizará una cantidad preestablecida de reconexiones, quedando finalmente abierto y bloqueado.

Debido a esto tanto su operación como su instalación y mantenimiento deben realizarse tomando en cuenta las medidas de seguridad respectivas. Estas no solo son de carácter físico [amarras, cuerdas, grúas...], sino también garantías

relacionadas con efectos de eventuales incidentes o accidentes. Para estos últimos Coopesantos tramita el seguro y la póliza respectiva para cubrir la labor.

Para hacer posible la interacción con el microcontrolador fue necesario acondicionar las señales tanto del recloser hacia el micro, como del micro hacia éste. La interface contempla control de activación por conjuntos electromecánicos y CAS³ para medir los parámetros de corriente y voltaje, así como interruptores de contacto para reconocer el estado del recloser.

Para la instalación interna en el recloser es necesario tomar en cuenta las capacidades dieléctricas del aceite que se utiliza, así como la influencia del campo magnético creado por la bobina solenoide y los componentes asociados a esta, tanto en la operación normal como al momento de abrir y cerrar los contactos. En esta operación se producen diminutos arcos eléctricos, estos producen armónicos en la corriente y es necesario determinar su influencia sobre los interruptores, sensores y los cables que llevan las señales de estos, a fin de determinar el tipo de asilamientos y si es necesario, blindajes especiales en los dispositivos internos a agregar o modificar. En la elaboración del control electromecánico de los contactos es necesario los servicios de personal especializado en esa área, ya que no es parte de la aplicación electrónica en sí. Esto último es realizado por parte del personal técnico de la división de transformadores, incluido dentro de la misma cooperativa y contratación adicional de un técnico en mecánica de precisión.

Con base a conocimientos previos se dispuso la utilización del PIC 16F877, el cual cuenta con 8K de memoria para programación en FLASH, RTC, 8 ADC, USART, capacidad para trabajar a frecuencias de hasta 20MHz y varios puertos entrada-salida para controlar los dispositivos requeridos en la realización del proyecto. Es bueno mencionar que esto no fue definitivo, ya que se investigó sobre otros microcontroladores en busca de características que se adaptaran mejor a las

³ CAS: Circuito Acondicionador de Señal

necesidades del proyecto, como lo son la cantidad de memoria RAM necesaria para la construcción de una trama DNP.

El panel de control se compone por un teclado y un display LCD. Desde este se puede operar el recloser y a la vez observar los valores de corriente de la red, así como información de la posición de los contactos (abierto / cerrado).

La interface RS232 acondiciona los valores de voltaje facilitando la comunicación entre el radiomodem y el microcontrolador, así como conexión con otros equipos. Esto permite la operación del dispositivo por otros medios distintos al radiomodem, como lo puede ser una PC portátil o un convertidor serial a Ethernet.

La fuente de alimentación debe proveer la energía necesaria para la operación del sistema. El microcontrolador estará monitoreando el estado de la red para que, en caso de una eventual falla, esta sea reportada y se tomen las medidas respectivas. Las dimensiones de la fuente de alimentación son de acuerdo a los parámetros requeridos para la activación del control del recloser.

El tipo de comunicación inalámbrica mediante radiomodem depende de la ubicación geográfica del recloser, ya que en algunos casos puede ser más apropiado utilizar cierto tipo de transmisor TCP/IP o de antena. La figura 1.3 muestra el funcionamiento de la comunicación remota hacia la casa de control.

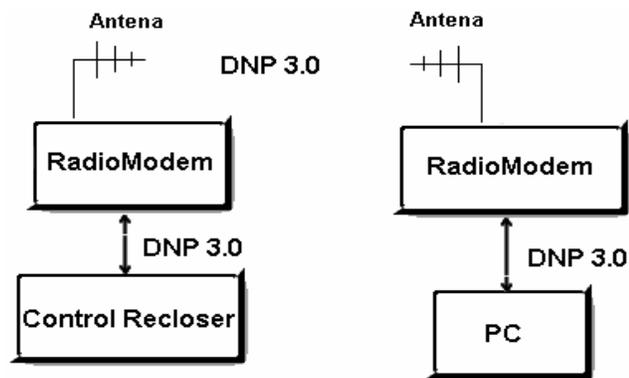


Figura 1.3 Sistema de control remoto completo
Izquierda: Control en el recloser
Derecha: Casa de control.

Para el establecimiento de la comunicación se realizó un programa de interface encargado de recibir, almacenar, mostrar y enviar datos hacia el recloser. Estos datos comprenden información de estado, comandos de operación (Cerrar / Abrir). Todos bajo DNP3.0. Este protocolo es de acceso libre e independiente del tipo de transmisión a utilizar, ya sea alámbrica o por radiofrecuencia, se limita al establecimiento del tipo de información a transmitir. Dentro de la cual se incluye una sección de encabezado y una de datos. Este protocolo es compatible con transmisión RS232, 435, TCP/IP y una buena cantidad de sistemas SCADA ya lo traen incorporado o existen drivers que se acoplan al sistema y se comunican con DNP.

Todos los dispositivos utilizados en las etapas de control y acondicionamiento de señales se integran a futuro en un circuito impreso, para ser instalado en un gabinete apropiado para resistir a la intemperie. Para determinar sus características se toman en cuenta factores como peso, humedad, temperatura de operación además de revisar normativas en sistemas de distribución de energía, como la 5712 de la IEEE, que se refiere a recloser y otras como NEMA e IP⁴. Una vez finalizado el proyecto se cuenta con un prototipo que brinda, acceso remoto a un recloser mediante el protocolo DNP 3.0 y acceso local mediante un panel de control.

⁴ IP: Describe la protección que brindan los gabinetes por un conjunto de códigos de dos dígitos

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Con la realización de este proyecto se pretende obtener un prototipo que permita reducir los tiempos de reconexión de la red en circuitos monofásicos.

2.2 Objetivo general

Diseñar el dispositivo de control remoto para un recloser monofásico hidráulico.

2.3 Objetivos específicos

a. Objetivos de hardware

- Diseñar el dispositivo electromecánico interno del recloser encargado de operar la apertura y cierre de los contactos.
- Diseñar un circuito que se encargue de la conversión de señales analógicas (corriente y voltaje) a un nivel adecuado para su captura por microcontrolador.
- Realizar la interfase que permita el control del sistema para operar en forma local e inalámbrica mediante la utilización de un microcontrolador.

b. Objetivos de software

- Reunir la información necesaria sobre el protocolo de transmisión DNP3.0, para su implementación.

- Habilitar la transmisión de información utilizando protocolo DNP3.0 sobre TCP/IP o por sí solo.
- Programar una interface de control que permita el monitoreo y operación local e inalámbrica del recloser.
- Implementar una interface en una PC para el control y monitoreo de los recloser cuando la transmisión se realice en forma serial.

c. Objetivos de documentación

- Elaborar los manuales de instalación, mantenimiento y usuario requeridos para la utilización del dispositivo a desarrollar.

Capítulo 3: Marco teórico

3.1 Descripción del sistema a modificar

Los recloser en estudio presentan una bobina solenoide colocada en serie con la línea de distribución eléctrica, esta inicia el proceso de desconexión cuando se da un exceso de corriente (valor que es definido por la bobina), separando los contactos y preparando el sistema de reconexión. Si la falla es temporal el recloser restaura la conexión después de un tiempo predeterminado, en caso de una falla permanente el recloser intentará un número preestablecido de reconexiones (máximo 4 y mínimo 0), quedando finalmente abierto y bloqueado.

También están provistos de una manija de control para manipulación externa, cuando el recloser se encuentra bloqueado por una falla permanente es necesario reactivarlo manualmente en el sitio. La figura 3.1 muestra modo de operación de un recloser.

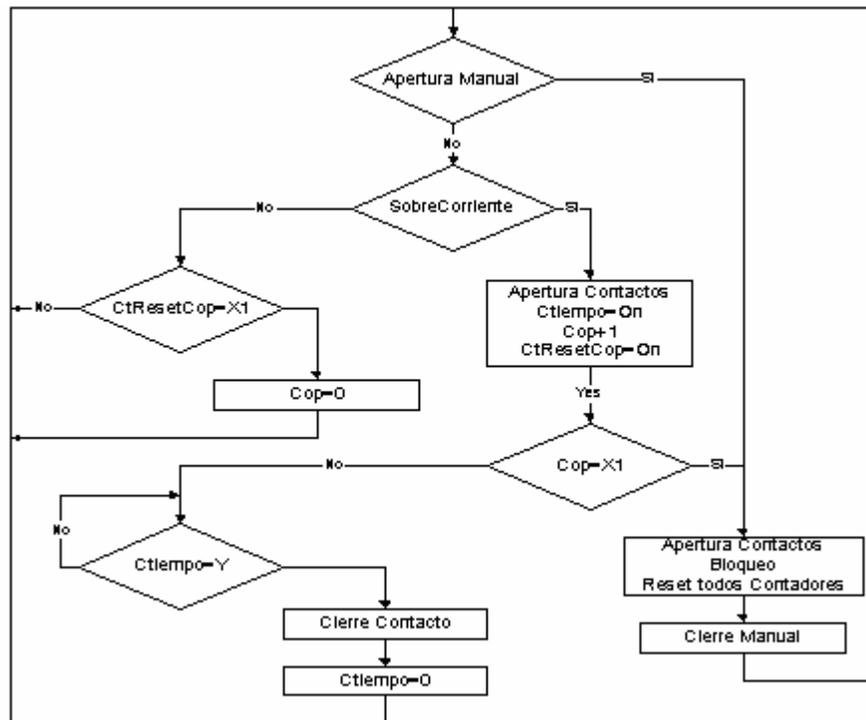


Figura 3.1 Diagrama de funcionamiento de los recloser hidráulicos tipo E.

Ctiempo es el tiempo que tarda el recloser en volver a cerrar los contactos después de una apertura, el valor Y es 2 segundos. El contador de operaciones Cop, se encarga de bloquear la operación del recloser, cuando este llegue al valor final preestablecido de aperturas consecutivas, en el caso de Coopesantos este valor es 3 y 4 operaciones. CtResetCop se encarga de limpiar el valor de Cop cuando la avería que produce sobre corrientes es temporal y tarda menos de 20 segundos, o sea la cuenta de aperturas para bloqueo es borrada cuando no ocurre ninguna apertura de contactos en más de 20 segundos.

Toda esta temporización se produce a partir del accionamiento realizado por una bobina solenoide y es llevada a cabo dentro de cámaras hidráulicas sumergidas en aceite. La manija de operación solo se mueve cuando termina la última operación y el recloser queda en estado lockout.

El centro de atención del proyecto se da sobre el bloque de Operación Manual del recloser, la cual se pretende realizar en forma remota y/o local mediante el control electrónico a implementar.

3.2 Descripción de los principales principios relacionados con la solución del problema

3.2.1 Principios de software

El protocolo DNP3.0. Desarrollado por General Electric⁵ para una compañía en específico y luego se difundió como un estándar de comunicación en sistemas de distribución eléctrica. La forma de las tramas utilizadas por este protocolo se muestran en la figura 3.2.

⁵ General Electric, ahora GE Harris

Trama DNP3

Encabezado	Datos
-------------------	--------------

Encabezado

Sincronización	Longitud	Control de enlace	Dirección de destino	Dirección de fuente	Código de Redundancia Cíclica
-----------------------	-----------------	--------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------------------

Figura 3.2 Encabezado general de las tramas DNP3.0

También se requirió programación en lenguajes de alto nivel para desarrollar las interfaces, esto incluye principios de análisis y diseño de algoritmos, como manipulación de datos a nivel de bits (desplazamiento, toggle y funciones lógicas), bytes (operaciones matemáticas y funciones lógicas) y cadenas de caracteres (intercambio de posición, agregar, quitar o insertar términos, medir longitud de cadenas, etc.), y manejo de archivos (en el caso del software propietario⁶).

3.2.2 Principios físicos

Reconocimiento y determinación de dieléctricos, para determinar el efecto que tiene en el campo eléctrico la desconexión o reconexión del contacto sobre los componentes instalados.

Aplicación de principios de inducción magnética aplicados a corriente alterna, inducción magnética producida por bobinas y conductores dentro del recloser, que pueden afectar las magnitudes en los conductores que toman las lecturas.

⁶ Software propietario es el programa de aplicación específico para la conexión remota a un dispositivo.

3.2.3 Principios matemáticos

Se utiliza el análisis de Fourier, en la determinación de las armónicas que se dan al momento de cerrar y/o abrir los contactos y que podrían afectar el circuito de control.

Se requiere del uso de la transformada discreta de Fourier, la cual es un resultado de la transformada continua. A continuación se describe brevemente el método para el cálculo de dicha transformada:

Sea L un número natural y W el número complejo:

$$W_L = e^{\frac{-2\pi j}{L}}$$

(3.1)

Sea el conjunto de datos discretos $\{x(0), x(1), \dots, x(L-1)\}$ con $L > 1$,

A este vector se le puede calcular la transformada discreta de Fourier mediante la aplicación de la sumatoria:

$$X(n) = \sum_{k=0}^{L-1} x(k) * W_L^{kn}$$

(3.2)

Donde n indica la posición del resultado en el nuevo conjunto de datos con los datos de la transformada.

La sumatoria se calcula para cada valor de $n = 0, 1, 2, \dots, L-1$.

De igual forma si se tiene un conjunto de datos $X(n)$, se puede obtener la transformada inversa, que correspondería a la señal discreta original mediante la ecuación:

$$x(n) = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} X(k)W_L^{-kn}$$

(3.3)

Para realizar este análisis en matlab, se recomienda utilizar un número par de datos en el conjunto de entrada y si se utiliza Excel es estrictamente necesario una potencia de 2.

En el caso de la utilización de Excel se debe agregar la herramienta para análisis de datos y luego seleccionar análisis de fourier. La graficación en el tiempo se hace tomando el eje como $k*T$ en vez de t y el eje de la frecuencia mediante el factor $n/(k*T)$, donde n es el numero de muestra, k la cantidad de datos en el conjunto y T el tiempo de muestreo. La tabla 3.1 y las figuras 3.3 y 3.4 muestran un ejemplo de esta aplicación para una señal senoidal con frecuencia de 1Hz y amplitud 1, y dos armónicas impares.

Función en el tiempo

$$f(t) = \text{sen}(1 * 2\pi t) + 0.3 * \text{sen}(3 * 2\pi t) + 0.1 * \text{sen}(5 * 2\pi t)$$

(3.4)

Función discreta

$$f(n * T) = \text{sen}(1 * 2\pi * n * T) + 0.3 * \text{sen}(3 * 2\pi * n * T) + 0.1 * \text{sen}(5 * 2\pi * n * T)$$

(3.5)

Tabla 3.1 Datos y cálculos para transformada rápida de fourier.

n	n*T	sen(2pi*f)	Sen(6pi*f)	Sen(10pi*f)	Suma, f(n*T)	n/(K*T)	FFT, X(n)
0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000		0,00
1	0,1	0,383	0,277	0,092	0,752	1	8,00
2	0,1	0,707	0,212	-0,071	0,849	2	0,00
3	0,2	0,924	-0,115	-0,038	0,771	3	2,40
4	0,3	1,000	-0,300	0,100	0,800	4	0,00
5	0,3	0,924	-0,115	-0,038	0,771	5	0,80
6	0,4	0,707	0,212	-0,071	0,849	6	0,00
7	0,4	0,383	0,277	0,092	0,752	7	0,00
8	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	8	0,00

9	0,6	-0,383	-0,277	-0,092	-0,752	9	0,00
10	0,6	-0,707	-0,212	0,071	-0,849	10	0,00
11	0,7	-0,924	0,115	0,038	-0,771	11	0,80
12	0,8	-1,000	0,300	-0,100	-0,800	12	0,00
13	0,8	-0,924	0,115	0,038	-0,771	13	2,40
14	0,9	-0,707	-0,212	0,071	-0,849	14	0,00
15	0,9	-0,383	-0,277	-0,092	-0,752	15	8,00

La figura 3.4 muestra solo los resultados para frecuencia positiva, que van desde 0 a $(n/K*T)/2$, los resultados para frecuencia negativa se omiten y corresponden a los valores desde $(n/K*T)/2$, hasta $n/K*T$.

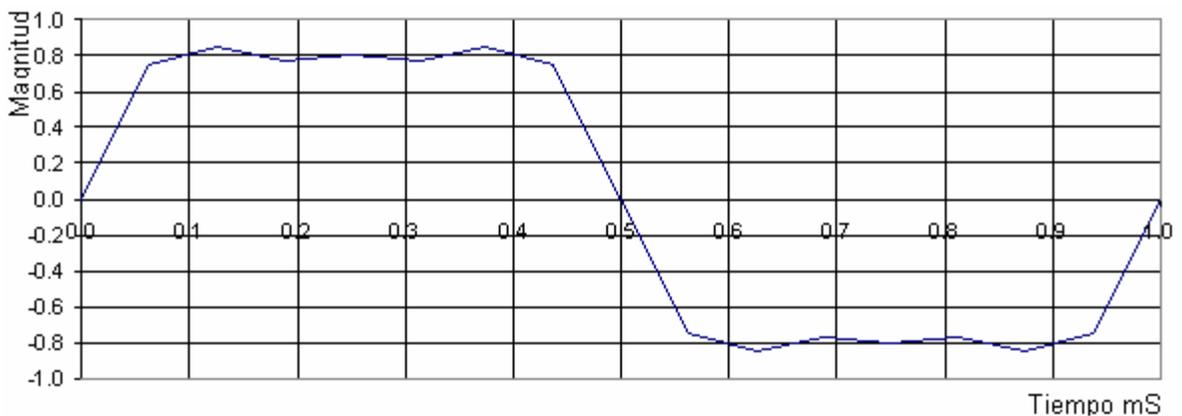


Figura 3.3 Representación discreta de $f(k*T)$.

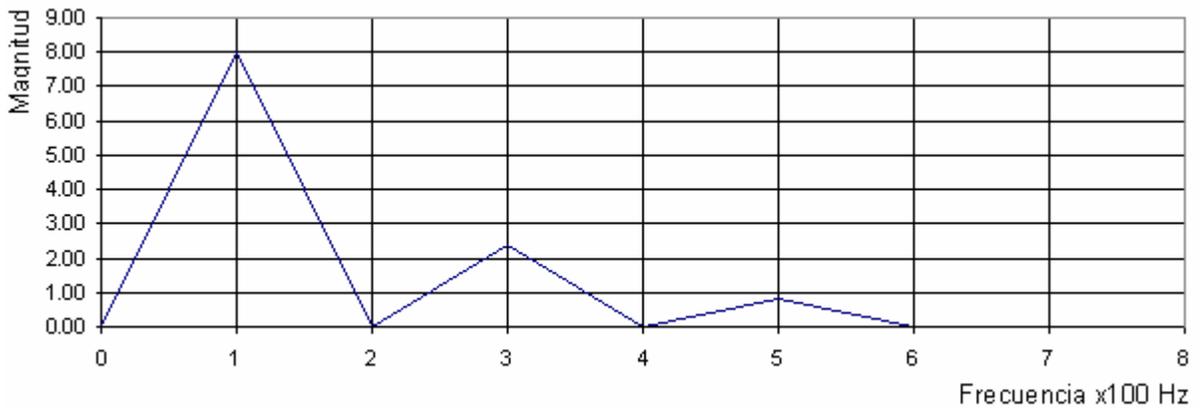


Figura 3.4 Representación de la transformada de Fourier discreta de $f(k*T)$.

3.2.4 Principios eléctricos y electrónicos

Electrónica de elementos activos.

En el dimensionado de la fuente de alimentación para el control.

A partir de un rectificador de onda completa⁷, un transformador con derivación central y un filtro RC se puede calcular el voltaje de rizado de la señal CD para una fuente de alimentación. Las figuras 3.5 y 3.6 muestran la forma de onda de salida del circuito rectificador con capacitor de filtrado.

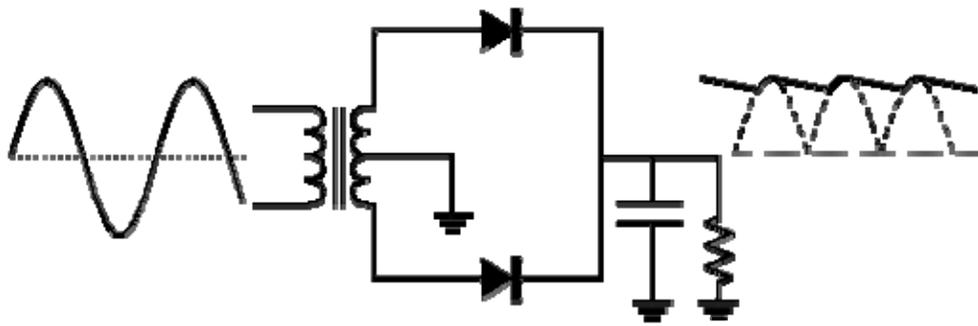


Figura 3.5 Rectificador de onda completa y filtro RC de salida

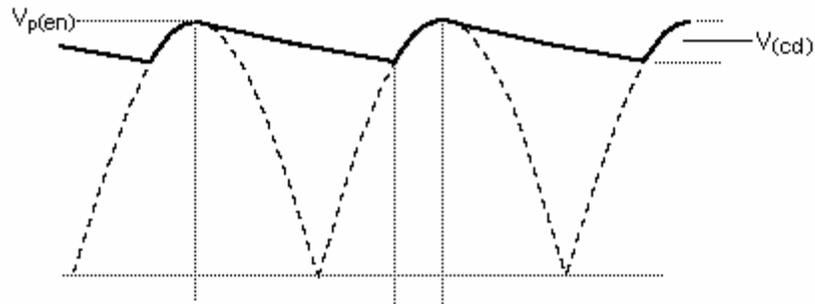


Figura 3.6 Señal de voltaje a la salida del circuito rectificador

El voltaje rms de rizado se puede aproximar mediante la ecuación:

⁷ Coughlin (4). Internet (39)

$$V_{r_{RMS}} = \frac{0.0024}{RC} V_{p_{entrada}}$$

(3.6)

y el nivel de CD de salida mediante la ecuación:

$$V_{CD} = \left[1 - \frac{0.00417}{RC} \right] V_{p_{entrada}}$$

(3.7)

El factor de rizado se define como la relación entre el voltaje de rizado rms y el voltaje pico de entrada:

$$r = \frac{V_{r_{RMS}}}{V_{CD}}$$

(3.8)

Desarrollo de las ecuaciones para el cálculo de voltaje de rizado

El rizado se da por la descarga del capacitor de filtrado entre los picos de la señal de salida del rectificador, la ecuación 3.9 describe la forma de la descarga y la figura 3.6 muestra la forma en que se da.

$$V_C = V_{p_{entrada}} * e^{\frac{-t}{RC}}$$

(3.9)

El voltaje CD se puede aproximar mediante la expresión:

$$V_{CD} = V_{p_{entrada}} - \frac{V_{r_{pp}}}{2} = V_{p_{entrada}} - \frac{V_{p_{entrada}} * T}{2RC} = V_{p_{entrada}} * \left[1 - \frac{1}{240RC} \right]$$

(3.10)

tomado T=1/120 segundos.

Para rizados pequeños el voltaje CD de entrada se puede aproximar a la expresión:

$$V_{CD} = V_{p_{entrada}} * \left[1 - \frac{t}{RC} \right]$$

(3.11)

el voltaje de rizado pico pico como:

$$V_{r_{PP}} = \frac{V_{p_{entrada}} * T}{RC}$$

(3.12)

y finalmente el voltaje rms de rizado se puede expresar como:

$$V_{r_{RMS}} = \frac{V_{p_{entrada}}}{240\sqrt{3}RC}$$

(3.13)

Circuitos discretos e integrados lineales

El uso de amplificadores, rectificadores ideales, seguidores, utilizados en el diseño de CAS para ser aplicados en etapas de interface.

Arquitectura de microprocesadores y lógica digital:

Para la delimitación de voltajes y corrientes apropiados para el funcionamiento del sistema, así como diferenciar en las características propias de los puertos y la estructura interna del microcontrolador y los dispositivos asociados como USART o acondicionadores de señal.

Comunicaciones eléctricas

Teoría de radio enlace terrestre, para determinar la posición óptima de las antenas en función de la ubicación del recloser y de la antena de la estación central. La zona de concesión de Coopesantos se compone de lugares empinados, en su mayoría bastante irregulares, lo cual dificulta la comunicación punto a punto a largas distancias. La figura 3.7 muestra un modelo de radioenlace terrestre y la 3.8 el modelo de cálculo.

Enlaces Terrestres

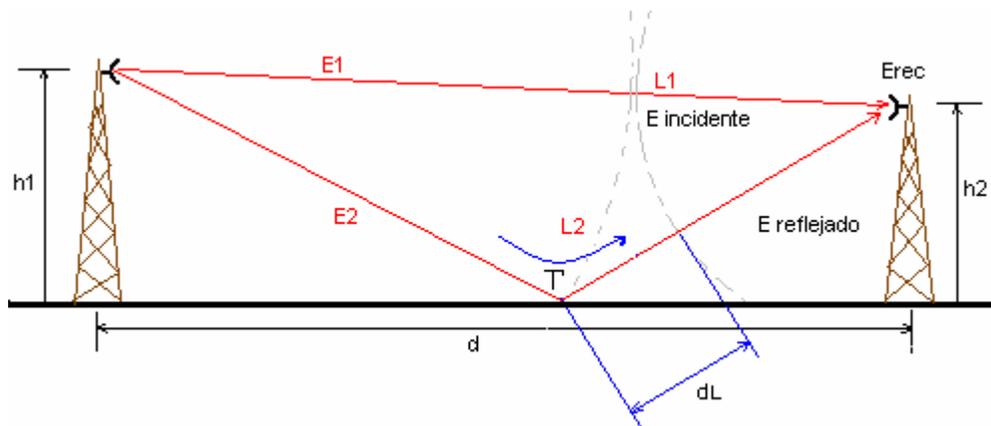


Figura 3.7 Modelo de una onda directa y una reflejada

El campo eléctrico recibido se compone de la suma de las dos ondas incidentes.

$$E_{recibido} = E_1 \angle \theta_1 + \Gamma E_2 \angle \theta_2$$

(3.14)

donde el ángulo de desfase entre las dos señales se describe como:

$$\theta = \frac{2\pi L}{\lambda} = B \cdot \Delta L$$

(3.15)

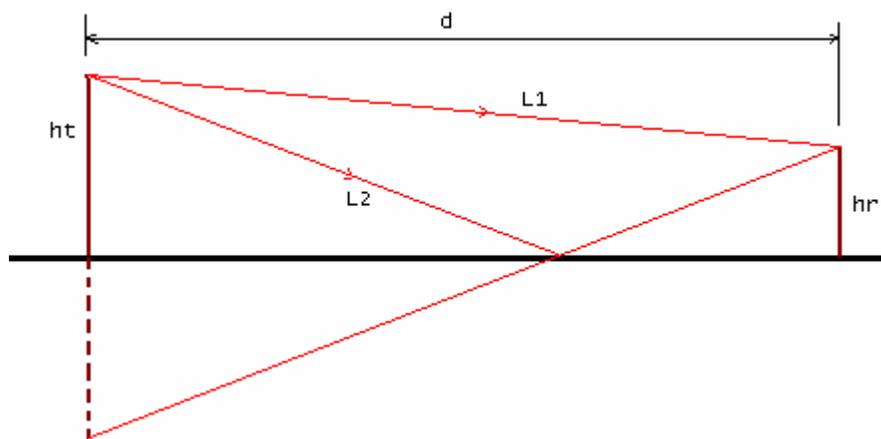


Figura 3.8 Modelo de cálculo de radioenlace

Las longitudes de cada trayectoria se pueden expresar mediante el modelo de antena monopolo en el transmisor:

$$L1 = \sqrt{(ht - hr)^2 + d^2}$$

(3.16)

$$L2 = \sqrt{(ht + hr)^2 + d^2}$$

(3.17)

hr: altura de la antena del receptor

ht: altura de la antena del transmisor

dL: diferencia de longitud en la trayectoria de ambas señales. Se puede expresar como ΔL y la expresión para éste es:

$$\Delta L = d \cdot \left[\sqrt{1 + \left(\frac{ht + hr}{d}\right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{ht - hr}{d}\right)^2} \right], \quad hr, hr \ll d$$

(3.18)

Para simplificar esta expresión se puede realizar el siguiente cambio de variable:

$$x1 = \left(\frac{ht + hr}{d}\right)^2, \quad x2 = \left(\frac{ht - hr}{d}\right)^2$$

$$\Delta L = d \cdot \left[\sqrt{1 + x1} - \sqrt{1 + x2} \right]$$

Utilizando la serie binomial:

$$(1 + x)^{\frac{1}{2}} = 1 + \frac{x}{2} - \frac{1}{8}x^2 + \dots$$

(3.19)

La expresión 3.18 se puede expresar como:

$$\Delta L = d \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{ht + hr}{d}\right)^2 - 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{ht - hr}{d}\right)^2 \right]$$

(3.20)

Simplificando:

$$\Delta L = \frac{2 \cdot ht \cdot hr}{d}, \text{ si } d \gg ht, hr$$

(3.21)

Sustituyendo esta expresión en la ecuación del ángulo de desfase:

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{2 \cdot ht \cdot hr}{d} = \frac{4\pi \cdot ht \cdot hr}{\lambda d}$$

(3.22)

Si no hay pérdidas en el medio de transmisión se puede asumir una expresión para el campo eléctrico incidente:

$\Gamma E2 = \Gamma E1$, con $E2 = E1$, entonces el campo reflejado corresponde a:

$$E_{ref} = E \angle \left[-\pi - \frac{4\pi \cdot ht \cdot hr}{\lambda \cdot d} \right]$$

(3.23)

Donde el ángulo corresponde al ángulo de fase δ de la señal reflejada respecto del campo incidente.

$E_{recibido} = E_{incidente} + E_{reflejado}$

$$E_{rec} = 2 \cdot E1 \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi \cdot ht \cdot hr}{\lambda \cdot d} \right] = 2 \cdot E1 \cdot \cos \frac{\delta}{2}$$

(3.24)

El factor de campo eléctrico en el punto de recepción se puede expresar de la forma:

$$|E_{rec}| = 2 \cdot E1 \cdot \sen \left[\frac{2\pi \cdot hr \cdot ht}{\lambda \cdot d} \right]$$

(3.25)

$$|E_{rec}| = 2 \cdot E1 \cdot \sen \left[\frac{2\pi \cdot f \cdot hr \cdot ht}{C \cdot d} \right]$$

(3.26)

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

En este caso el problema ya está delimitado y se ha definido bastante de las características de la solución deseada. Mediante entrevistas con los ingenieros de la institución se determinó la necesidad de resolverlo, tomando como base las características presentes en los recloser más modernos, los cuales ya vienen provistos de control electrónico y puertos de comunicación, sin embargo no cuentan con un dispositivo de control a distancia.

La realización del proyecto se encuentra restringida a la utilización al uso de un microcontrolador y el protocolo DNP3.0, que es un estándar de comunicación en sistemas de distribución eléctrica y ya está implementado en el equipo más moderno.

Actualmente hay aproximadamente 18 recloser monofásicos distribuidos en la red, solo unos pocos de ellos se encuentran cerca de la central (incluyendo los tres que se encuentran en Guadalupe [figura 1.1]), los demás se encuentran distribuidos en el resto de la Región de los Santos y Carraigres, a más de 30km. Para fines del proyecto se realizó únicamente una implementación en una unidad.

4.2 Obtención y análisis de información

Con la finalidad de determinar las magnitudes de las variables a medir, se realizaron distintas pruebas a un recloser, se efectuaron mediciones de tiempos de respuesta para desconexión y de cierre, también las magnitudes de corriente necesarias para su activación. Estos datos fueron manipulados mediante la aplicación de métodos numéricos y estadísticos para determinar la relación entre los distintos parámetros. Asimismo se tomó toda la información necesaria para el análisis de funcionamiento de las hojas de datos de fabricante.

La información necesaria para la comprensión y utilización del protocolo DNP3.0 fue recopilada a través de investigación bibliográfica en hojas de datos de controles que tienen implementado el protocolo e Internet, se justificó el uso de Internet porque este protocolo es de acceso libre. La transmisión de datos respeta todos los lineamientos establecidos por este protocolo.

Para el proceso de conversión de señales, ya sea corriente a voltaje o voltaje en sí, se realizó la investigación bibliográfica respectiva, basándose primeramente en los textos de circuitos discretos, integrados lineales y en hojas técnicas de los equipos utilizados.

Fue necesario reunir información en aspectos de seguridad en la manipulación y operación de equipo de alta tensión, para lo cual se tomó referencia en el curso de seguridad y las recomendaciones brindadas por el personal que trabaja con dicho equipo en la Cooperativa.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

La referencia tomada para determinar una solución se basa en las consultas realizadas al asesor y encargado del proyecto, quien ha determinado muchas de las características para el mismo. La solución actual se orienta hacia el control remoto del recloser y la captura de parámetros de este. Correspondió a mi persona definir las etapas de control e interface para cumplir con las características deseadas.

Para discriminar entre las distintas posibilidades de solución se describe la siguiente tabla comparativa.

Tabla 4.1 Elementos que discriminan posibilidades de solución en Hardware

Elemento discriminado	Propuesta actual	Elemento Discriminador
PLC	Microcontrolador	Precio
Módulo de comunicación PLC	PIC	Precio y tamaño
Módulo I/O en PLC	Interface	Características independientes en cada terminal de y hacia el recloser
Comunicación por la red	Radiomodem	Muchos Repetidores

En cuanto a la utilización de un microcontrolador, resulta mucho más atractivo en términos económicos diseñar las etapas de acople de este con el medio en el cual se utilizará, comparado con su implementación mediante un PLC si se trata de construir un número considerable de controles, a pesar de que su manufactura y montaje requiere de mucho más tiempo y cuidado.

4.4 Implementación de la solución

Para el desarrollo de la solución se elaboraron distintas etapas, las cuales consisten en investigación, desarrollo, implementación parcial, pruebas e implementación final.

En la etapa de investigación se determinaron los aspectos relacionados con las características electromecánicas y eléctricas del recloser. Tomando como base estos conocimientos, normas de seguridad en alta tensión, se determinaron las dimensiones de los componentes adecuados en la realización del control interno, tales como interruptores de contacto, pistones eléctricos, soportes para los componentes, tipo de aislamientos (dieléctricos y magnéticos), coberturas especiales para los interruptores los cuales reemplazan parte del equipo existente y adhieren al mismo. Una vez implementado, se revisó su comportamiento respecto al especificado por el fabricante.

La determinación de características eléctricas requiere de análisis matemático relacionado transformada de fourier, a fin de determinar el contenido armónico resultante del proceso de reconexión y su efecto sobre los componentes adyacentes.

También se investigó los detalles del protocolo DNP3.0, implementado en el microcontrolador (programado en PCW) y en una PC mediante un software de alto nivel (Delphi), una vez programado, se realizaron pruebas de comunicación entre ambos equipos para verificar su correcto funcionamiento, primeramente se realizó en forma directa vía cable serial conectado a una PC. También se realizó una prueba con un equipo convertidor de serial a TCP/IP y un programa emulador de puerto serial a través de TCP/IP.

Una vez determinados los componentes para el control del recloser se procedió a valorar la magnitud y el tipo de señales que sirven para controlar y monitorear el estado del equipo. El tipo de interruptor utilizado es normalmente abierto, y se utilizó un motoreductor para realizar la operación accionado con relay. A partir de estas características se realizó el diseño de acople entre el microcontrolador y el recloser. Así también el monitoreo de corriente y voltaje requirió tanto la conversión de magnitudes como la transformación de CA a un valor de CD apto para el ADC. Por razones de seguridad en la utilización del equipo, este módulo aísla eléctricamente las tensiones de operación del circuito de control y el circuito de operación del recloser pero la tierra es común en todo el sistema.

Se ha utilizado un teclado matricial dirigido hacia los pines de interrupción externa del PIC. El panel de control se realiza mediante un teclado y un display LCD de dos filas. Para la utilización del display se utiliza una librería especializada provista con los demos del programa PCW. Una vez preparado el panel de control se procedió a realizar el programa de interacción con este, el cual sirve como interfase de operador, cuando el recloser sea operado en sitio. El menú utilizado propone la visualización de mediciones analógicas (Corriente y voltaje), estado de los contactos y control sobre los mismos.

Para realizar pruebas al módulo de control con y sin el recloser fue necesario que el panel de control se encontrara funcionando correctamente. Esto también necesitó de la programación de las entradas y salidas correspondientes. En el caso de las entradas analógicas y de interruptores, se utiliza un ciclo en el programa principal para su continuo monitoreo, en cuyo programa se realiza la manipulación necesaria para enviar los datos al panel de control, o generar una alarma en caso de detectarse un funcionamiento anormal en el sistema.

Los comandos para manipular los contactos del recloser están programados para funcionar desde el panel de control y/o a petición de control remoto, para lo cual se elaboró un procedimiento común que es llamado por ambos controles. Desde el panel de control se puede bloquear el control remoto, esto como medida de seguridad para el personal técnico ante una orden remota. Una vez programado se realizarán pruebas para verificar su funcionamiento en conjunto con el resto del hardware asociado.

Se debe tomar en cuenta que el circuito se debe colocarse en un gabinete apropiado. La selección del gabinete junto con los cables que llevarán las señales hasta el recloser se realiza de acuerdo a requerimientos de tamaño, colocación de los componentes y normativas existentes en equipos de distribución de energía, específicamente la puesta a tierra.

Una vez armado y probado el sistema informó al personal encargado de su operación sobre las ventajas de poseer este sistema instalado en los recloser monofásicos. Para esto se realizó una exposición al personal de cuadrillas donde se explicó el funcionamiento del nuevo equipo.

También se realizaron actividades de prueba parcial durante el desarrollo del proyecto, con el fin de verificar el funcionamiento independiente de los módulos o partes que van a ser unidas al final en un solo dispositivo.

4.5 Reevaluación y rediseño

Como una posible continuación del trabajo a realizar se espera que sirva para el desarrollo de un control trifásico o para varios reclosers ubicados en el mismo punto, esto implicó realizar una documentación detallada del trabajo realizado en cuanto a hardware y software.

El hardware y software del puerto serial puede servir a futuro para la conexión del control a un sistema de mayor tamaño, como lo puede ser una red SCADA, proyecto que se estará iniciando en el año 2006.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Gran parte de la solución se ha definido desde el anteproyecto, en aspectos como el tipo de hardware utilizado en el panel de control, el protocolo y los medios utilizados en la comunicación.

5.1.1 Actuadores en el recloser

El proyecto se inició con la investigación de las características principales de los recloser a utilizar, principalmente para establecer el espacio disponible para realizar modificaciones o agregar componentes. Existen dos marcas de recloser actualmente en la cooperativa, los marca Cooper Power, y los McGraw-Edison. Sobre este último se decidió aplicar el control, ya que son los únicos que vienen provistos de control para realizar la apertura en forma eléctrica.

De estas características se determinó utilizar algún tipo de actuador para cerrar el recloser, entre los cuales estaba el uso de un motoreductor o de un pistón eléctrico. Se inició la cotización de este equipo con solo un resultado satisfactorio en cuanto a los requerimientos mecánicos, pero fue descartado debido al precio y el lugar de procedencia (\$900 desde Japón, con garantía en ese mismo lugar). Los pistones eléctricos son de fácil operación pero no su adquisición y precio.

Estos hechos obligaron a tomar un motor de CA, realizarle mediciones y encargar el acondicionamiento y montaje de moto-reducción en un taller local.

La bobina de apertura no tuvo complicación para el diseño de su control. De acuerdo a los parámetros medidos y la circuitería asociada a esta, internamente en el recloser, únicamente es necesario energizarla con 120Vac mediante un relay.

En un principio se manifestó la necesidad de especificar cableados y estructuras especiales para operar dentro del recloser, en un ambiente inmerso en aceite dieléctrico y en presencia de fuertes campos magnéticos y eléctricos. Pero esto cambió debido a que los sensores y actuadores principales se conectan fuera del recloser, en donde no hay aceite dieléctrico y el efecto de los campos eléctricos y magnéticos es mucho menor que dentro del recloser.

Aún así para asegurar un comportamiento seguro de las señales que van y vienen al recloser y sus modificaciones se decidió utilizar relay electromecánicos para encender el motoreductor y la bobina de apertura, e interruptores mecánicos para detectar el estado del recloser.

5.1.2 Protocolo DNP

La recopilación de la información necesaria para implementar algunas tramas en DNP tomó bastante tiempo. Tanto así que se estuvo a punto de cambiar la investigación hacia otro protocolo, un ejemplo Modbus⁸ o desarrollar uno propio para el proyecto, siempre guardando algunas especificaciones como dirección fuente y destino.

Gracias a la ayuda de la organización encargada de regular el protocolo DNP se obtuvieron documentos con información necesaria para la implementación del protocolo. Debido al volumen de información, los detalles de descripción e implementación del protocolo, se ha omitido en este documento. Sin embargo el apéndice 5 muestra algunos detalles históricos y características de este protocolo.

⁸ Protocolo de acceso libre, mucho más simple que DNP, pero con la desventaja de que no genera alarmas

Finalmente se utilizó este protocolo para implementar una serie de tramas que completan los requerimientos básicos de comunicación y control para el recloser

Para el trabajo con los datos en DNP se implementó variable tipo arreglo, lo cual facilita la ubicación de los datos según la posición.

5.1.3 Panel de control y circuitería asociada

Primeramente se especificó la cantidad de pines necesarios que debe tener el microcontrolador para la operación de una pantalla LCD, a ser configurada en modo de 4 bit, el uso de un teclado matricial 4x4, y algunos pines para la operación de cierre, apertura y lecturas de datos. La cantidad de pines estimados como necesarios que debe tener el controlador es 24.

Se ha estimado el uso de dos variables tipo buffer para almacenar los datos relacionados con las tramas DNP para envío y recepción, junto a variables locales para datos del teclado, contadores, lecturas y cálculos. En conjunto la cantidad de datos estimados es 60 bytes. La cantidad de memoria requerida por el programa no se ha establecido al momento de seleccionar el tipo de microcontrolador y se ha escogido el PIC16F877 porque cumple con los requerimientos de pines y memoria RAM. Sin embargo el programa final no supera la cantidad de memoria disponible.

Para la interface de comunicación serial se ha establecido utilizar un MAX233, ya que este no utiliza capacitores externos para su operación.

Como parámetro para el diseño de las etapas de lectura del estado del recloser estableció hacer circular una corriente de 50mA en 12Vcd hacia el punto de detección, en el cual se instaló un interruptor que permite el paso de la corriente, solo

cuando está presionado. Esta especificación se establece para que efectos de inducción producidos en el cableado o por la cercanía del recloser no sean recibidos en el control.

En la circuitería de control se ha utilizado optoacopladores. Con el fin de aislar eléctricamente la señal proveniente del interruptor de la entrada al microcontrolador. Esto para proteger al microcontrolador de efectos indeseables, como efectos de rayería. También es necesario colocar varistores a cada una de las entradas y salidas del control, para prevenir efectos de sobretensión sobre los componentes internos del control.

El control de los actuadores en el recloser se realiza mediante relay, ya que la corriente necesaria para la operación es bastante alta en el caso de la bobina de apertura. Además este tipo de control separa eléctricamente la señal de control de la señal que actúa en los dispositivos y de efectos de inducción eléctrica o magnética producida en el actuador o el cableado.

Según la especificación de los transformadores de potencial y corriente con que se cuenta actualmente, la medición de potencial y corriente se realiza con circuitos acondicionadores de señal, para obtener a la salida el valor absoluto en CD de la señal alterna de entrada, con acondicionadores tipo MAV⁹, que son rectificadores de onda completa ideales con un capacitor de realimentación utilizado para dar el valor medio de la señal, ajustados para operar a 2.5Vrms para corriente y 120Vrms para potencial, ambos circuitos deben tener alta impedancia de entrada. Razón por la cual se decidió utilizar amplificadores operacionales alimentados a $\pm 12V$ en la elaboración de los circuitos MAV.

⁹ MAV: Mean Absolute Value

Por razones de seguridad la tierra de referencia utilizada en los circuitos del panel de control se ha unido con la tierra física del sistema, la cual corresponde al neutro de distribución en la red eléctrica. Así cualquier descarga o influencia producida en el interior del panel de control o externa a este será canalizada directamente a tierra, protegiendo la circuitería y eventualmente a una persona que tenga que operar o conectar algún dispositivo externo al panel de control.

5.1.4 Programación del panel de control

Se ha utilizado el software PCW, CCS para la implementación del programa a cargar en el PIC y el programa ICprog junto a un programador serial tipo JDM.

El manejo de la interface LCD se ha modificado de la original prevista en los ejemplos del PCW para utilizar el puerto D en vez del B, esto para eliminar la posibilidad de ocurrencia de alguna interrupción en el puerto B debida a la operación del LCD y dejar parte del puerto B libre para utilizarlo en otras funciones futuras.

Para la programación del teclado, originalmente se pensó utilizar la librería de ejemplo del PCW, pero esta no funcionó adecuadamente con el teclado. Motivo que originó el diseño e implementación de una nueva librería para interpretar la interrupción y decodificar el teclado. Utilizando 4 bits del puerto C y 4 bits del puerto B.

Los eventos importantes se implementan con interrupciones, para evitar la eventual pérdida de información por un poleo inadecuado o que no se realice a tiempo.

Se especifica el puerto E para la lectura de entradas binarias correspondientes al estado del recloser, se decide utilizar este puerto porque solo tiene tres bits de entrada o salida. Las lecturas de señales analógicas se realizan en el puerto A, el cual está diseñado para tal fin.

Para facilitar la ubicación de los diferentes segmentos del programa se separa el código en procedimientos cada uno con una función específica. Así existe un procedimiento para leer entradas y otro para establecer salidas, etc. También se justifica dividir el programa principal en procedimientos, debido a problemas internos con el compilador, ya que no admite segmentos continuos de mayores a un tamaño preestablecido internamente, del cual no se tiene información.

5.1.5 Programa propietario

Para la elaboración de este programa en principio se planteó utilizar Delphi 4, y un componente de comunicación serial de acceso libre llamado "Commport" creado por Dejan¹⁰. Sin embargo esto no fue posible debido a limitaciones en el componente, ya que no es capaz de enviar ni recibir el número cero "0" ni el carácter cero.

Esto motivó la búsqueda de un nuevo componente que fuera capaz de esto. Se encontró uno llamado "CiaComPort" creado por Wilfried Mestdagh y distribuido en forma libre junto con el código fuente. Este componente es compatible con versiones de Delphi 6 o superior.

¹⁰ Dejan: Programador que puso a disposición este componente en Internet como programa de acceso libre, se encuentra fácilmente en los buscadores. Ha sido utilizado en los laboratorios de Control y Microprocesadores.

En un principio se planteó crear un programa de aspecto similar al “F5 Interface Software” de Cooper Power (Ver Anexo 2), pero se decidió crear una única ventana con todos los controles implementados y controlar su activación según la función seleccionada por el operador.

En la programación se determinó utilizar procedimientos separados para cada función en específico, de forma similar al programa del panel de control. Esto facilita la lectura del código y la búsqueda de errores al momento de depurar el programa.

5.2 Descripción del hardware

En el desarrollo del hardware se ha determinado la utilización de distintos componentes y la interacción entre los mismos. La aplicación principal se basa en un microcontrolador tipo flash y dispositivos periféricos que se encargan de ejecutar las distintas funciones del control. La tabla 5.1 muestra los principales componentes que se han utilizado en la realización del control.

Tabla 5.1 Principales componentes utilizados en hardware del proyecto

Componente	Característica Principal	Función implementada
Microcontrolador	Cantidad de puertos y memoria	Panel de control y comunicación DNP
Amplificador Operacional	Encapsulado con 4 operacionales	Circuitos MAV para conversión de CA a CC
Optoacoplador	Encapsulado sellado	Proteger al microcontrolador de posibles sobrevoltajes externos
Moto reductor	Pequeñas dimensiones, alimentación a 120V	Operar el cierre del recloser
Teclado y LCD	Tamaño y robustez	Interacción con el usuario en el panel de control

Dicho control posee tres formas de interactuar con el exterior, todas orientadas al control y monitoreo del recloser al cual se conecta. La figura 5.1 muestra estas formas de interacción, en donde la más compleja es la comunicación DNP.

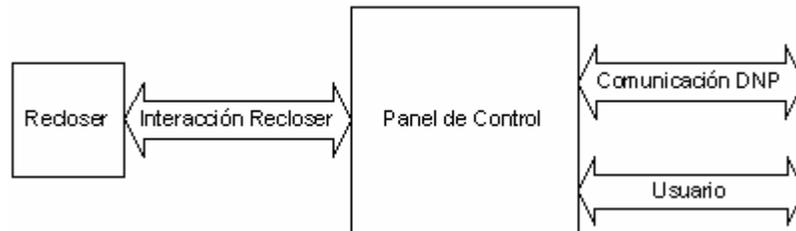


Figura 5.1 Diagrama de entradas y salidas del panel de control

Para su descripción en detalle se divide el panel de control en siete bloques funcionales, todos dependientes del microcontrolador. La figura 5.2 muestra dichos bloques. Así los bloques de la izquierda se encargan de recibir señales y controlar el estado del recloser y los bloques de la derecha de la interacción con el usuario, ya sea en forma local o remota mediante la interface serial. Cada sección del panel de control es explicada en detalle en las secciones siguientes.

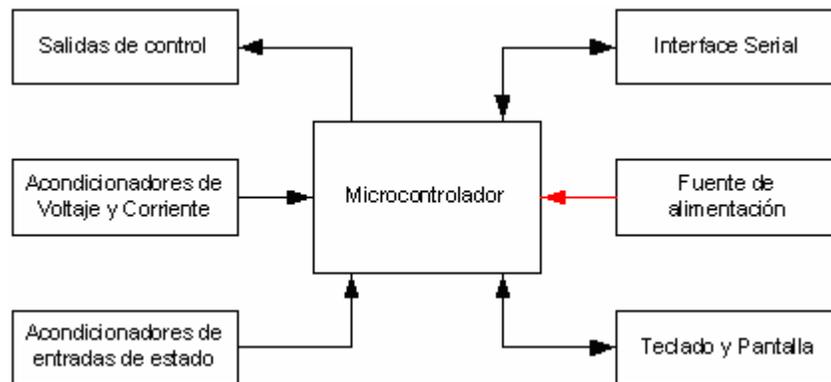


Figura 5.2 Principales bloques del panel de control

5.2.1 Microcontrolador utilizado

En la implementación del control se eligió el microcontrolador PIC16F877. Para su funcionamiento este requiere de un oscilador de cristal. También se implementó un circuito de reset para el encendido y control del usuario, a esto se ha unido dos luces, una de encendido y otra de actividad del sistema, conectada a una salida del puerto A. La luz de actividad funciona de forma intermitente de acuerdo a la ejecución del programa interno. La figura 5.3 muestra los bloques que corresponden al microcontrolador y los circuitos de reset y actividad.

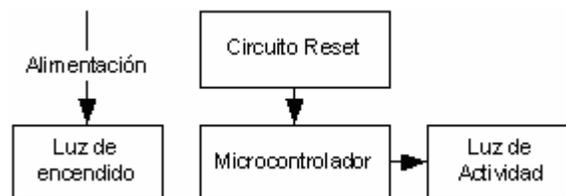


Figura 5.3 Bloques de microcontrolador y circuitos asociados

La circuitería de reset y luces de actividad se presenta en la figura 5.4. La corriente estimada para las luces se realizó de acuerdo a la ecuación 5.1. Se ha escogido una corriente baja en los LED para ahorro de energía, además de ser una corriente suficiente para que sean visibles dentro del gabinete donde es instalado el sistema.

$$I_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{R} = \frac{5V - 2V}{1000\Omega} \approx 3mA \quad (5.1)$$

El cristal ha sido escogido de tal manera que la velocidad de comunicación serial sea un divisor entero de la frecuencia del oscilador, esto disminuye la posibilidad de pérdida de datos por errores de velocidad. Con este cristal se puede configurar el microcontrolador para operar el puerto serial a velocidades de 1200 a 19200 baudios. Las ecuaciones 5.2 y 5.3 definen el factor de división del oscilador para generar el reloj de datos del puerto serial según la velocidad deseada. Estos

datos son tomados a partir de las características señaladas en las hojas de datos del microcontrolador.

$$Baudios = \frac{Foscilador}{64 * (x + 1)}, \text{ para velocidades superiores a 1200 baudios} \quad (5.2)$$

$$Baudios = \frac{Foscilador}{16 * (x + 1)}, \text{ para velocidades menores a 57000 baudios} \quad (5.3)$$

Se puede consultar las tablas 10.3 y 10.4 del documento de hojas de datos del PIC16F877¹¹ para la información de porcentajes de error y operación con osciladores de distintas frecuencias.

El circuito de reset está configurado para mantener la condición de reset en el microcontrolador un tiempo definido luego del encendido, también permite extender el tiempo de reset cuando es presionado el botón respectivo. El tiempo mínimo en bajo, necesario para una operación de reset es de 2μS. El hardware respectivo se ha realizado para mantener el nivel en bajo por aproximadamente 2mS.

$$\tau = RC = 10k\Omega * 1\mu F = 10mS \quad (5.4)$$

Suponiendo que el capacitor se descarga completamente al presionar el botón, en el proceso de carga del capacitor, τ corresponde al 63% del voltaje final: V_{cc} . Según la figura¹² 12.8 de las hojas de datos la tensión necesaria para mantener el reset es menor a 1V.

¹¹ Apartado: 10.1, USART Baud Rate Generator (BRG), de hojas de datos del PIC16F877.

¹² Capítulo: 12, Características especiales del CPU.

La curva de carga del capacitor se calcula con la ecuación 5.5 y el tiempo que tarda esta bajo 1V con la ecuación 5.6, el cual se ha estimado para evitar parte del ruido producido por el interruptor.

$$V_c = V_{cc} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (5.5)$$

$$t = RC * \ln \left(\frac{V_{cc}}{V_{cc} - V_c} \right) = 10k\Omega * 1\mu F \left(\frac{5V}{5V - 1V} \right) = 2.23mS \quad (5.6)$$

La conexión de estos circuitos al microcontrolador se muestra en la figura 5.4.

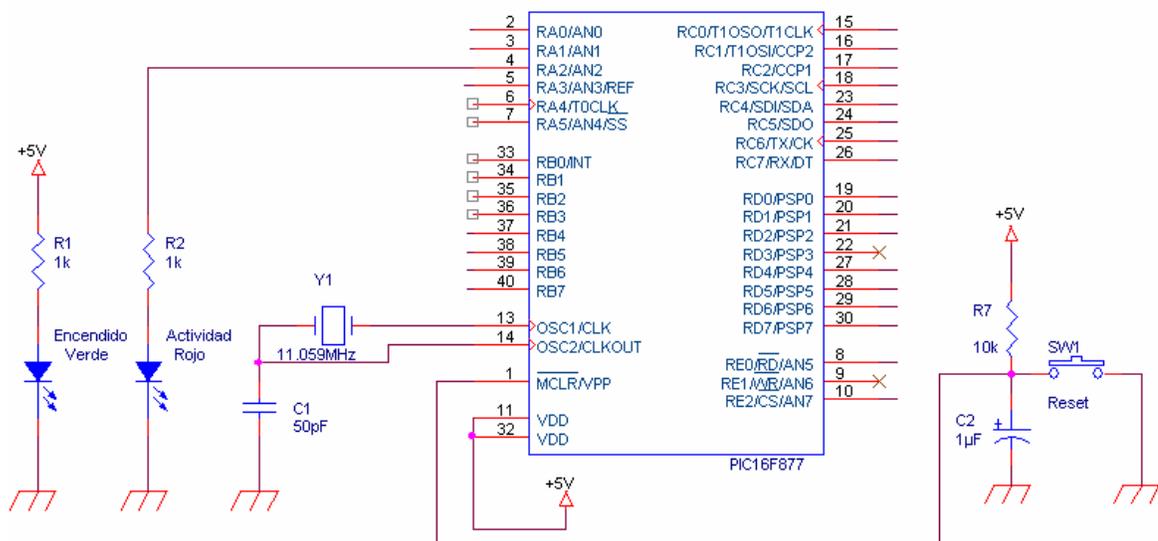


Figura 5.4 Critería asociada al microcontrolador

La especificación de entradas y salidas se ha realizado según la función asociada a cada dispositivo y las características de entrada salida de los distintos puertos. La tabla 5.2 muestra el número de pin y la función asociada a este.

Tabla 5.2 Especificación de pines I/O en el microcontrolador

Descripción Puerto	Pin	Función Asignada
A0	2	Medición ADC Corriente Red.
A1	3	Medición ADC Voltaje Red.
B4	37	Teclado columna 0
B5	38	Teclado columna 1
B6	39	Teclado columna 2
B7	40	Teclado columna 3
C0	15	Teclado fila 0
C1	16	Teclado fila 1
C2	17	Teclado fila 2
C3	18	Teclado fila 3
C4	23	Señal de control
C5	24	Señal de control
C6	25	RS232 TX
C7	26	RS232 RX
D0	19	Habilitar LCD
D1	20	Escribir en LCD
D2	21	Leer del LCD
D4	27	LCD D4
D5	28	LCD D5
D6	29	LCD D6
D7	30	LCD D7
E0	8	Entrada datos
E2	10	Entrada datos

5.2.2 Salidas de control

El control de cierre y apertura se realiza mediante dos circuitos idénticos, activados por una interface transistor – relay. El transistor funciona como amplificador de corriente e interface entre el microcontrolador y el relay, este último opera como interruptor de alimentación al motoreductor y la bobina de apertura, instalada internamente en el recloser. La figura 5.5 ilustra el funcionamiento del bloque de salida.

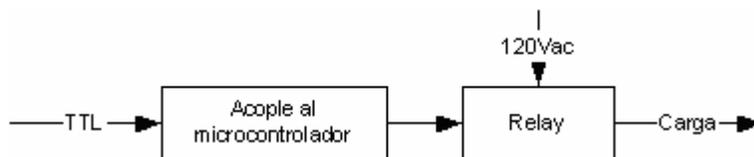


Figura 5.5 Bloque de salidas de control

El relay necesita de 46mA para operar conectado a 12V, motivo por el cual no se puede conectar directamente al microcontrolador. El transistor tiene una ganancia mínima de 150 y corriente máxima de colector de 1A: La figura 5.6 muestra el diagrama esquemático de una de las etapas de salida.

La corriente de base necesaria para activar la bobina se define como:

$$\beta = \frac{i_C}{i_B} \Rightarrow i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{46mA}{150} = 306\mu A \quad (5.7)$$

La resistencia limitadora de corriente se calcula a partir del valor de corriente en la base y la caída de tensión entre la salida del microcontrolador y la base del transistor.

$$V_{RP} = V_{OH} - V_B = (V_{CC} - 0.7) - 0.7 = 3.6V$$

$$R_p = \frac{V_{RP}}{i_B} = \frac{3.6V}{306\mu A} = 11.74k\Omega \quad (5.8)$$

El diodo se coloca en antiparalelo con la bobina del relay para proteger tanto al transistor como a la misma bobina de los efectos debidos a los cambios bruscos de corriente (di/dt) al momento de abrir el transistor. El componente a la salida se recomienda para proteger la circuitería de cualquier efecto externo proveniente de los actuadores electromecánicos instalados en el recloser.

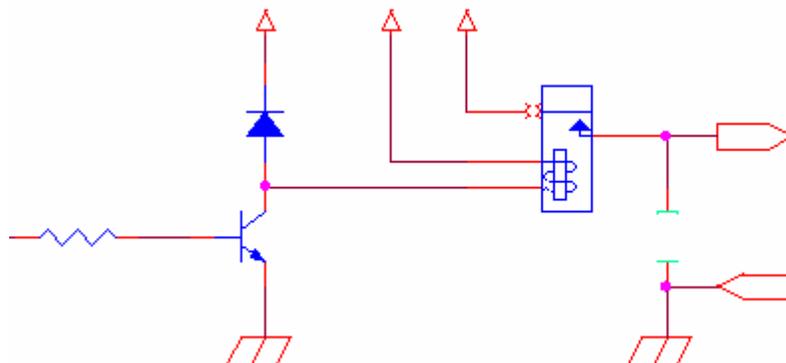


Figura 5.6 Diagrama eléctrico de los bloques de control

5.2.3 Acondicionadores para entradas de estado

Estos circuitos traen las señales de estado o fin de carrera instalados en el moto reductor que mueve la manija del recloser de 12V a 5V, con el aislamiento y la protección necesaria para no dañar el microcontrolador. Cada acondicionador consiste en tres bloques, un optoacoplador para aislar eléctricamente la tensión de entrada del microcontrolador, un circuito limitador para proteger el optoacoplador y el dispositivo que se instala fuera de la circuitería de control, dicha información se ilustra en la figura 5.7.

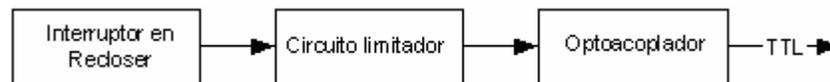


Figura 5.7 Acondicionadores de entradas de estado

El circuito acondicionador actúa de forma inversora, para el momento en que el dispositivo sensor se encuentra presionado, la salida del optoacoplador se encuentra en bajo. La corriente necesaria en el diodo de entrada para producir un nivel bajo TTL a la salida del optoacoplador es de 60mA y la corriente drenada por el colector para este estado es de 3mA.

Se ha establecido operar el optoacoplador mediante una interface de 5V lo que permite calcular las resistencias asociadas al circuito.

La resistencia de colector se calcula mediante la ecuación 5.9.

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{I_C} = \frac{5V - 0.2V}{3mA} = 1.6k\Omega \quad (5.9)$$

La resistencia de base es de alto valor, utilizado solo para mantener el voltaje de base bajo y asegurar que solo haya operaciones por el optoacoplador. Se ha seleccionado arbitrariamente 100kΩ.

La resistencia de entrada al diodo emisor es calculada mediante la ecuación 5.10:

$$R_p = \frac{V_{CC} - V_{Dsat}}{I_D} = \frac{5V - 0.7V}{60mA} = 71.66\Omega$$

(5.10)

La circuitería compuesta por el diodo rectificador, el diodo zener funciona como limitadores de tensión y corriente hacia el optoacoplador, ya que este es bastante sensible a sobrevoltaje. La resistencia de alimentación a partir del interruptor se calcula con la ecuación 5.11:

$$R_s = \frac{12V - V_{CC} - V_{Dsat}}{i_D} = \frac{12V - 5V - 0.7V}{60mA} = 105\Omega$$

(5.11)

En la práctica se demostró que con $R_p=100\Omega$ y $R_s=220\Omega$ es suficiente para activar el optoacoplador. Esto da una corriente de 33.125mA. El circuito final realizado para acondicionar la señal de entrada se muestra en la figura 5.8.

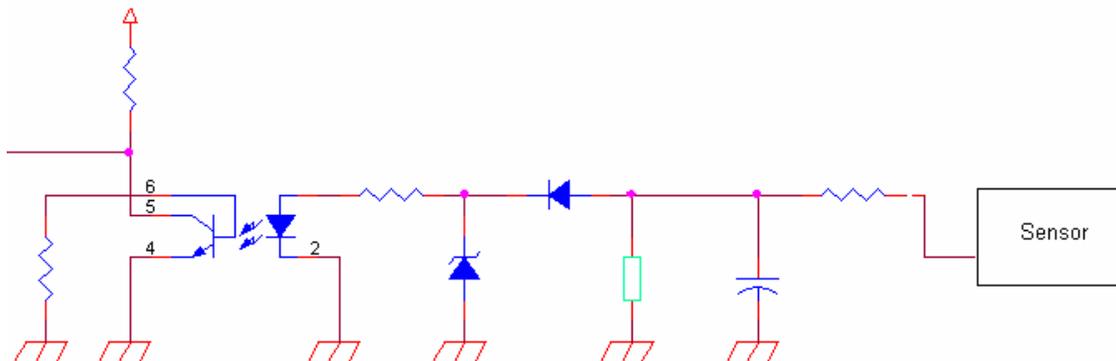


Figura 5.8 Circuito acondicionador de entrada de estado

El capacitor a la entrada se utiliza para evitar los rebotes del interruptor, esto se implementó debido a la posibilidad de cambios en la lectura del estado por parte del microcontrolador y pudiese generar falsas o múltiples alarmas de estado. Se estima que la manija del recloser oscile durante 200mS ante una operación lockout, presionando varias veces el interruptor respectivo. La ecuación de carga del capacitor se calcula a partir de la ecuación 5.12. Se ha asignado el valor de 200mS al parámetro τ del circuito RC, lo cual da un valor para el capacitor de 625 μ F.

$$\frac{dV_c(t)}{dt} = \frac{1}{C} \left(\frac{[R_1 + R_2] \cdot V_c(t)}{R_1 \cdot R_2} - \frac{12V}{R_1} \right)$$

(5.12)

5.2.4 Acondicionadores de voltaje y corriente

Los transformadores de potencial y corriente brindan a su salida una tensión que va de cero a diez voltios, según la corriente o tensión instantánea existente en la línea de transmisión. La figura 5.9 muestra el camino de la señal antes de llegar al microcontrolador.

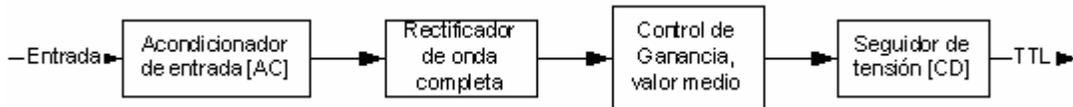


Figura 5.9 Bloque de acondicionador de voltaje y corriente

El primer bloque acondicionador, es un circuito de alta impedancia de entrada, el cual se encarga de no cargar el transformador respectivo, estos equipos están diseñados con una impedancia de salida de alrededor de $1M\Omega$.

Para el circuito acondicionador de tensión es necesario dividir primero la señal de voltaje, ya que para 10Vrms se da una tensión mayor a los 24V que entrega la fuente a los amplificadores y satura la entrada. Esto ocasiona carga a los transformadores y mediciones incorrectas a la salida de los circuitos.

Los valores del divisor de tensión se calculan según la impedancia de entrada del amplificador operacional LM324 (teóricamente $5M\Omega$) y la impedancia de salida del transformador de potencial.

$$Z_{ent} = R_1 + \frac{R_2 * Z_{AO}}{R_2 + Z_{AO}}$$

(5.13)

Si R1 se establece en 968.75kΩ, el valor de R2 corresponde a 31.44kΩ.

La circuitería de los bloques 2 y 3 corresponden al circuito MAV (Valor medio absoluto) presentado en el libro de referencia de amplificadores operacionales. El circuito funciona como rectificador ideal de onda completa, con el agregado del capacitor C1, el cual se encarga de retener el valor medio de la señal de entrada rectificadas. Este valor se recomienda mayor a 10μF para atenuar las oscilaciones en la carga y descarga ocurridas en cada semiciclo, en el caso del proyecto se está utilizando 22μF. El aspecto de este circuito se muestra en la figura 5.10.

La resistencia R3 sirve para controlar la ganancia del circuito, así se configuró el acondicionador de corriente con ganancia 2 para obtener 5Vcd a la salida de este cuando a la entrada exista 2.5Vrms que corresponden a 150A (Corriente excesiva para un ramal monofásico donde se instalan los recloser tipo E). El acondicionador de voltaje posee ganancia 1, la ecuación de ganancia del circuito se describe en la ecuación 5.14. El esquema del acondicionador de tensión se muestra en la figura 5.11.

$$A_v = \frac{R3}{R2} \quad (5.14)$$

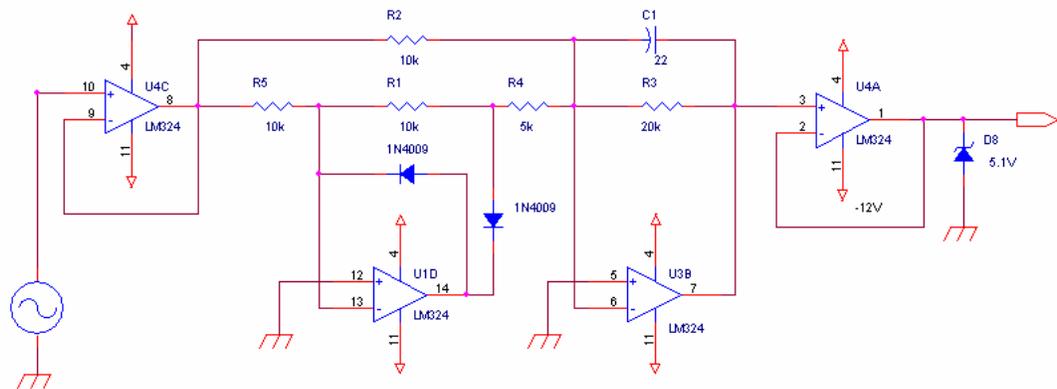


Figura 5.10 Circuito acondicionador de corriente

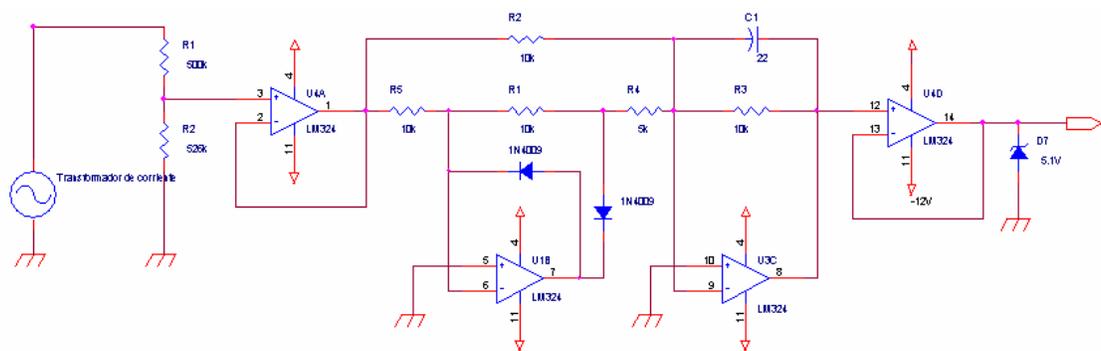


Figura 5.11 Circuito acondicionador de voltaje

5.2.5 Interface serial

Consiste en un acondicionador de señal para acoplar los voltajes provenientes del microcontrolador al voltaje utilizado en RS232. Se ha escogido utilizar el MAX233 porque no necesita capacitores externos para su funcionamiento, esto facilita el alambrado y la confiabilidad del equipo instalado.

Las terminales del max233 se han alambrado según las recomendaciones de las hojas de datos y se muestra en la figura 5.12.

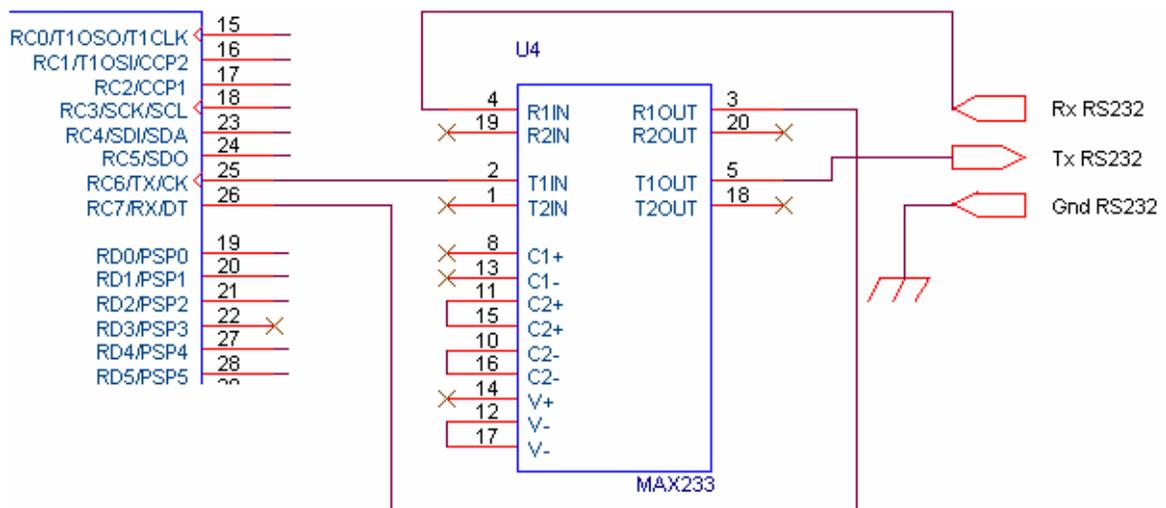


Figura 5.12 Circuito de interface serial

5.2.6 Interface de usuario

La interface de usuario está constituida de dos componentes principales, un teclado matricial de 16 teclas y una pantalla LCD de 2 líneas de 16 caracteres cada una y con iluminación.

Las salidas de columna del teclado se conectan a las entradas de interrupción del puerto B del microcontrolador y se conectan a una resistencia pull down de $1k\Omega$ para forzar el estado en bajo mientras no se presione una tecla.

Las salidas de fila se conectan al puerto C, el cual está programado para dar unos lógicos a la salida. De esta forma cuando es presionada una tecla por el operador cambia el nivel lógico a la entrada del puerto B produciendo la interrupción en flanco de subida.

Las resistencias de pull down se calculan respecto de la corriente y tensión mínima para mantener el estado lógico cero a la entrada del puerto B cuando no hay ninguna tecla presionada.

$$R_{\max} = \frac{V_{IL}}{I_{IL}} = \frac{0.15V}{1\mu A} = 150k\Omega$$

(5.15)

En la realización del proyecto se han utilizado resistencias de $100k\Omega$.

Para la pantalla LCD se ha destinado en forma exclusiva el puerto D, del cual se utilizan 6 de sus 7 terminales. El pin D3 no se utilizó en la interface, pero tampoco se puede utilizar para otras funciones, ya que produce choque de datos a nivel de programa e incluso de hardware a la salida del puerto.

El circuito de control de contraste y la resistencia de iluminación han sido estimados mediante mediciones de prueba con el display, siendo estos los que mejor se adaptan al contraste en conjunto con la iluminación. La figura 5.13 muestra la configuración eléctrica del panel de control.

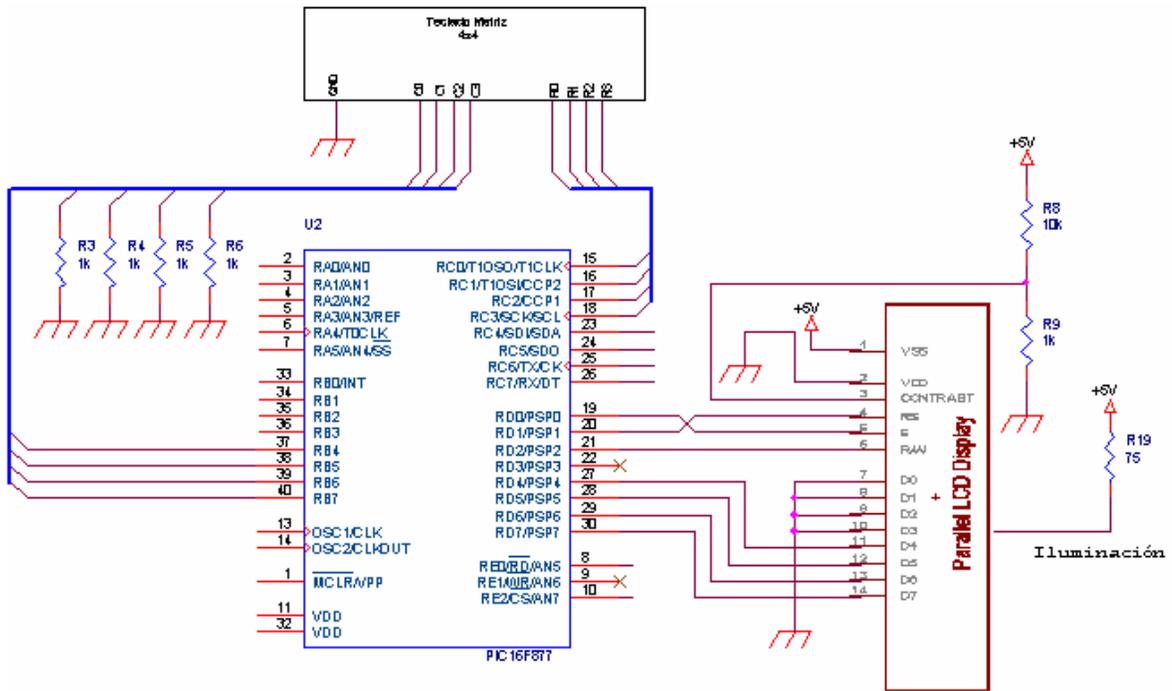


Figura 5.13 Configuración de teclado y pantalla

5.2.7 Fuente de alimentación

A partir de los requerimientos de energía del circuito de control, se ha diseñado una fuente de alimentación capaz de alimentar el sistema completo. Se divide en tres secciones, las cuales se muestran en la figura 5.14.



Figura 5.14 Secciones de la fuente de alimentación

Para la selección del transformador de alimentación se tomó en cuenta la tensión necesaria para operar los circuitos MAV utilizados en la medición de corriente y potencial, y la corriente máxima requerida por el circuito de control.

La alimentación de los circuitos MAV es de $\pm 12\text{Vcd}$, y el consumo máximo medido es cercano a los 250mA. Esto implica utilizar un transformador de 12 + 12Vrms y 1A, que es la corriente mínima que se consigue en los componentes a esa tensión.

Con dos circuitos rectificadores se puede obtener la tensión bipolar necesaria para la operación de los reguladores, sin que los requerimientos de corriente produzcan tensiones de rizado importantes.

El valor de los capacitores de filtro se calcula mediante la ecuación:

$$C_p = \frac{I_L}{200 * \Delta V_o}$$

(5.16)

donde, el cambio en la tensión de salida es:

$$\Delta V_o = 3.5 * V_{\text{rizadoRMS}}$$

(5.17)

$$V_{\text{rizadoRMS}} = \frac{\text{Porcentaje de rizado} * \text{Voltaje CD}}{100}$$

(5.18)

Basándose en estas ecuaciones se calcula el valor de los capacitores

El capacitor de la fuente de +12V se calcula para la carga máxima que puede entregar el transformador, 1A, 5% de rizado y una tensión CD no regulada de 16V:

$$V_{\text{rizadoRMS}} = \frac{5\% * 16V}{100} = 0.8V$$

$$\Delta V_o = 3.5 * 0.8V = 2.8V$$

$$C = \frac{1A}{200 * 2.8V} = 1786 \mu F$$

El capacitor de la fuente de $-12V$ se calcula utilizando el mismo valor de cambio de voltaje no regulado, pero con una corriente de $200mA$, ya que esta fuente solo alimenta los amplificadores operacionales:

$$C = \frac{200mA}{200 * 2.8V} = 357 \mu F$$

Los valores finales de los capacitores se escogen más grandes al valor calculado, ya que los valores comerciales no coinciden con los calculados. Los reguladores de tensión son todos de $1A$, ya que es valor más cercano a los requeridos. La figura 5.15 muestra el circuito final de la fuente de alimentación.

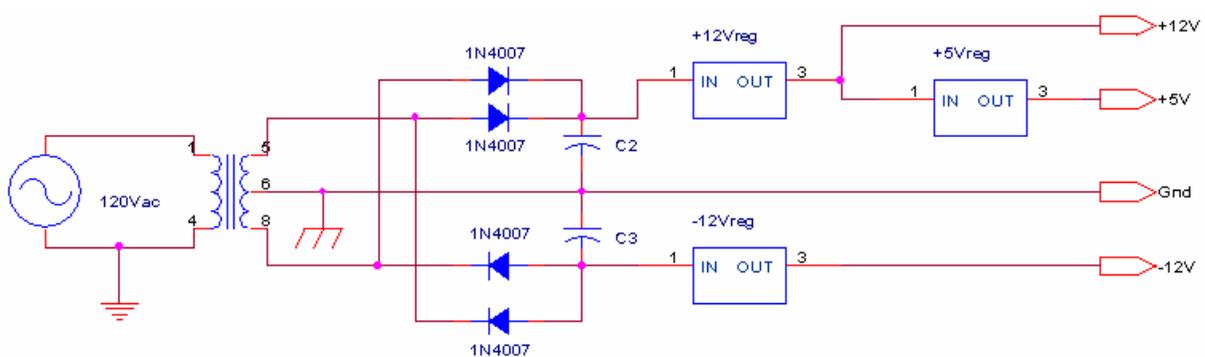


Figura 5.15 Circuito eléctrico de la fuente de alimentación

5.2.8 Actuadores en el recloser

Para hacer posible el movimiento sobre la manija del recloser se recurrió a trabajar solamente con los recloser equipados con una bobina de apertura, ubicada internamente y un equipo motoreductor instalado fuera del recloser, el cual empuja la manija, dejando espacio para la operación manual con pértiga¹³.

¹³ Pértiga: Brazo telescópico de uso manual utilizado por las cuadrillas para manipular dispositivos conectados directamente en la línea de distribución

Bobina de apertura

Esta bobina viene previamente instalada en los recloser, y consiste en un solenoide con un eje móvil que al ser activado quita un seguro interno y el recloser pasa inmediatamente a estado lockout.

La bobina viene acompañada con un circuito de accionamiento, el cual funciona solo cuando el recloser se encuentra cerrado. Este circuito se aprecia en la figura 5.16. Esta configuración es práctica al momento de abrir el recloser, ya que no es necesario llegar hasta él con la pértiga. Es útil cuando se encuentran instalados en un banco de recloser trifásico, ya que permite la apertura simultánea de los tres equipos mediante un solo pulso.

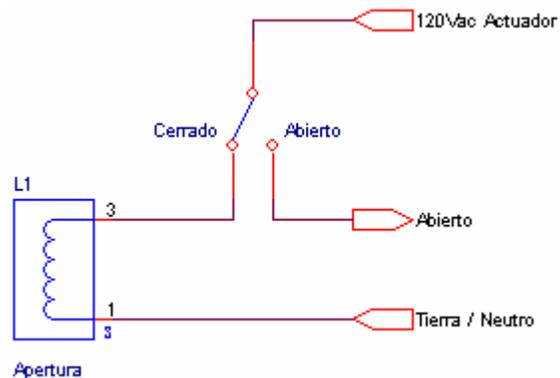


Figura 5.16 Circuito de la bobina de apertura provisto en el recloser

Esta bobina requiere conectarse a 120Vac para operar y posee una resistencia en CD de 14.4Ω , lo que implica una corriente de operación de 8.33A. El tiempo necesario para realizar la apertura no es crítico ya que al abrirse el recloser el interruptor interno desconecta la bobina.

Motoreductor de cierre

El mecanismo motoreductor original utilizado opera a 120Vac y brinda un torque de salida de 5Nm, valor insuficiente para operar el recloser, el cual necesita de 15Nm para el cierre.

Motivo por el cual se le ha agregado un reductor a la salida que sea capaz de realizar el cierre. La tabla 5.3 muestra las características principales de este equipo y la figura 5.17 algunos detalles de la estructura y montaje del motoreductor.

Tabla 5.3 Características principales del motoreductor

Parámetro	Especificación
Tensión de alimentación	120Vac
Corriente de operación	0.8A
Torque original de salida	5Nm
Torque final de salida	17.5Nm
Sentido de giro	Antihorario
Giro necesario para el cierre	96°

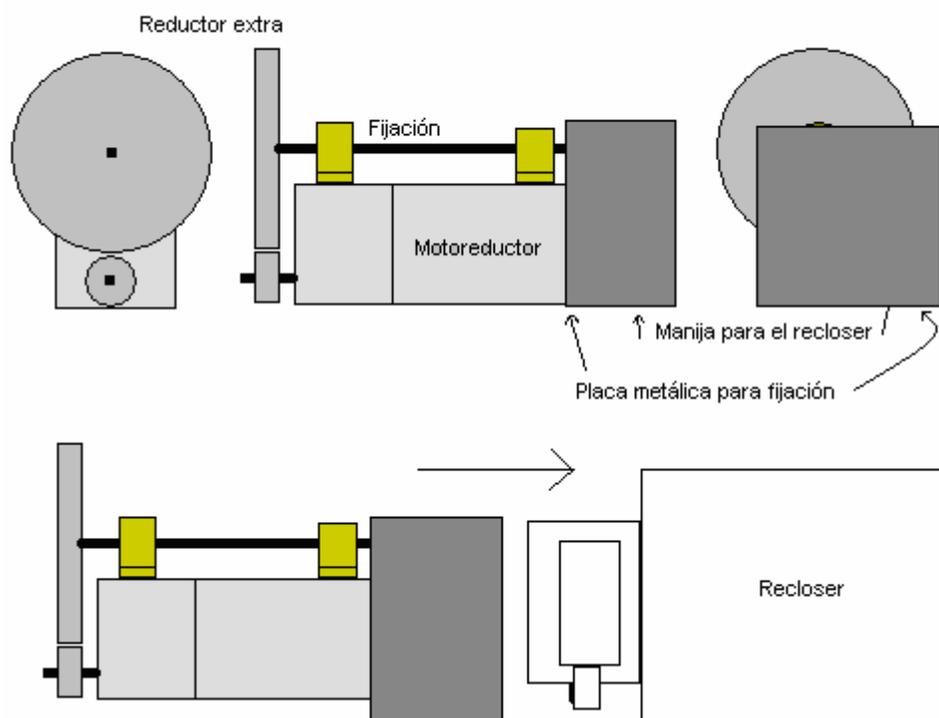


Figura 5.17 Estructura del Motoreductor y las modificaciones agregadas

El tiempo necesario para realizar el cierre implica el encendido del motor y giro del eje hasta la posición de cierre, y luego sostener el eje un corto tiempo para el llenado de las cámaras de aceite. Esto toma 460ms aproximadamente.

5.2.9 Cableado entre el recloser y el control.

El cableado se realiza desde una barra de bornes para atornillar, los cuales reúnen todos los puntos de conexión hacia el exterior, a excepción del puerto de comunicación. El calibre de los conectores depende de la corriente que pasa por ellos, siendo el más grueso de todos #14. La figura 5.18 muestra la distribución de pines de la barra de bornes de conexión, los valores de corriente, calibre y tipo de cableado se muestran en la tabla 5.4.

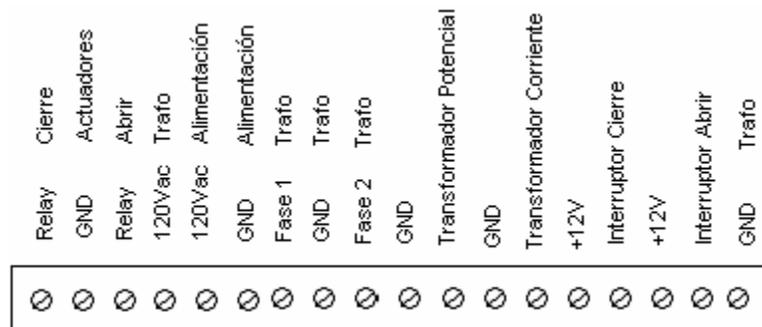


Figura 5.18 Barra de bornes del panel de control

Tabla 5.4 Especificación del cableado en la barra de bornes

Borne	Corriente	Tensión	Calibre de cable	Especificación de cable
Cierre	0.8A	120Vac	14	
GND Actuador	9A	-	14	
Abrir	9A	120Vac	14	
120Vac Trafo			-	THN
120Vac Alimentación	10A	120Vac	14	
GND Alimentación	0.1, 3, 9*	-	14	
Fase 1 Trafo	250mA	12Vac	-	THN
GND Trafo	500mA	-	-	THN
Fase 2 Trafo	250mA	12Vac	-	THN
GND	1uA	-		
Potencial	1uA	10Vac		
GND	1uA	-		
Corriente	1uA	2.5Vac		
+12V		+12Vcd	14	
Estado, Cerrado	50mA	-	14	
+12V		+12Vcd	14	
Estado, Lockout	50mA	120Vac	14	
GND Trafo	100mA	-	-	THN

*Según la operación que esté realizando en ese momento. Normal, cierre, apertura, respectivamente.

En la figura 5.19 se muestra el esquema de conexión entre el panel de control y el recloser, se requiere de un único cable del tipo ¹⁴, el cual tiene 7 hilos #14AWG internamente, para llevar y recibir las señales al recloser y dos cables duplex para los transformadores de potencial y corriente, además del cable de alimentación y tierra.

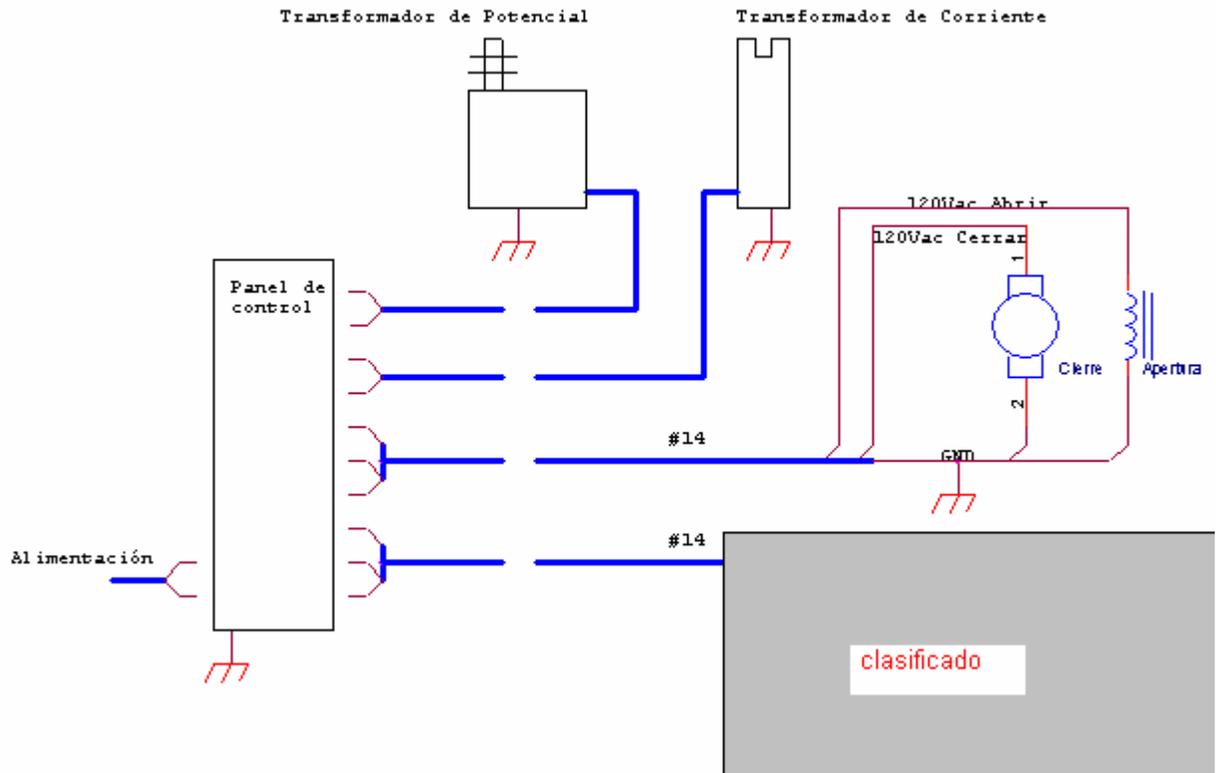


Figura 5.19 Cableado del panel de control hacia el recloser

5.2.10 Gabinete

Entre los parámetros para la selección del gabinete se tomó en cuenta la protección que este brinde al equipo una vez instalado y las dimensiones internas del mismo.

La especificación final del gabinete cumple con la norma IP65 o nema 4 y dimensiones en centímetros. La tabla 5.6 muestra la especificación de IP, el

¹⁴ Este cable está diseñado para trabajar a la intemperie y resistir los rayos ultravioleta.

significado de los índices según su posición y la tabla 5.5 los correspondientes en NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

Tabla 5.5 Especificación Nema para gabinetes

Nema	Especificación
1	Montaje en superficie para uso general
3	Montaje al ras
3	A prueba de lluvia, hermético al polvo
3R	A prueba de lluvia
4	Hermético al agua
4x	no metálico, resistente a la corrosión
6P	Para sumergimiento prolongado a una profundidad limitada
7	Para lugares con peligro de gases
9	Para lugares peligrosos expuestos al polvo
12	Uso industrial, hermético al polvo
13	hermético al aceite

Tabla 5.6 Especificación IP para gabinetes.

Primer dígito Protección de objetos sólidos	Definición	Segundo Dígito Protección de líquidos	Definición
0	Sin protección	0	Sin protección.
1	Objetos a 5cm. Ej. Toque con las manos	1	Protección de caída vertical de gotas.
2	Objetos a 1.2cm Ej. Toque con los dedos.	2	Protección de caída a 15° de la vertical.
3	Objetos a 2.5mm Ej. Herramienta y cable	3	Protección de caída a 60° de la vertical.
4	Objetos a 1mm Ej. Herramientas y cable fino	4	Protección de spray en todas direcciones, ingreso limitado
5	Polvo, ingreso limitado	5	Protección de spray en todas direcciones en baja presión
6	Polvo, protección total	6	Protección de spray a presión media en todas direcciones
		7	Protección a inmersión a 1m durante 30 minutos
		8	Protegido durante largos periodos de inmersión a alta presión.

5.2.11 Radioenlace

El hardware diseñado cumple con los requerimientos necesarios para la operación mediante RS232 y algunas tramas siguiendo el protocolo DNP3.0 a nivel teórico.

En Coopesantos existe implementada gran parte de la estructura física para un SCADA, utilizando para ello una red WAN¹⁵. Esto implica que los equipos respectivos deben estar enlazados a esta red.

Para el establecimiento de la comunicación con el panel de control realizado se puede utilizar equipos convertidores de Serial a Ethernet con IAP¹⁶ como son los *UDS-10-IAP / UDS100-IAP* marca Lantronix, conectados a puntos de acceso inalámbricos.

El Lantronix UDS es un dispositivo que realiza la conversión de datos seriales a Ethernet. Básicamente funciona como un puerto serial conectado a la red cuando está configurado como túnel. Para utilizarse en aplicaciones con Modbus es necesario cambiarle el firmware y configurar el puerto 502.

En equipos inalámbricos hay variedad en marcas y modelos, actualmente hay un enlace establecido en un recloser trifásico utilizando un equipo lantronix y un router inalámbrico marca Mikrotik.

En vista de la dificultad para medir la distancia exacta entre el punto de transmisión y recepción se utiliza los resultados de la ecuación 3.26 para facilitar la ubicación de un punto para mejorar la recepción¹⁷. Se conoce la frecuencia, la altura de la antena a la cual se va a transmitir y un aproximado de la distancia a la cual se

¹⁵ WAN: Wide Area Network.

¹⁶ IAP: Industrial Application Protocol

¹⁷ Basado en el curso de Comunicaciones Eléctricas

La figura 5.21 muestra el comportamiento teórico de la señal recibida si se alejan las antenas y se mantiene la altura constante. Esta forma de calcular un enlace no es útil ya que la ubicación de las antenas es un parámetro muy difícil de cambiar.

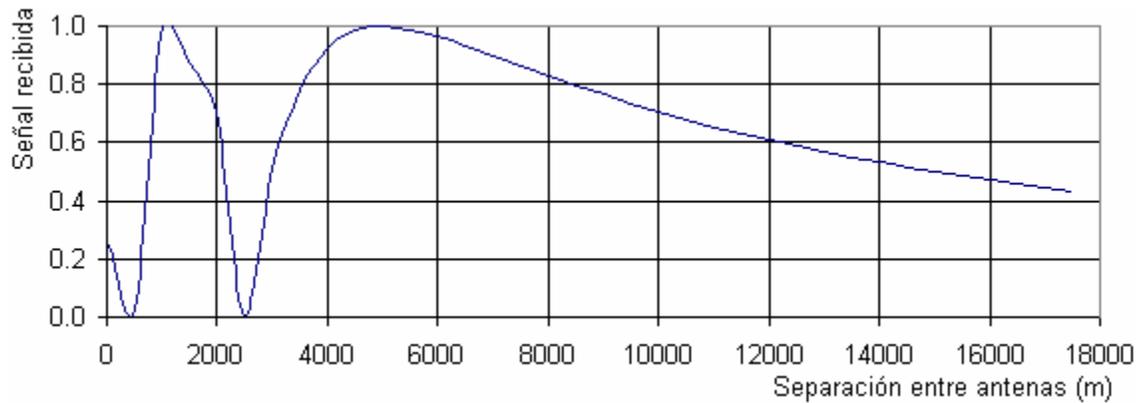


Figura 5.21 Distancia de separación para recibir una mejor señal

En base a esto se utiliza los resultados de la figura 5.20 para trabajar.

5.3 Descripción del software

5.3.1 Programa propietario

Se ha desarrollado con el propósito de facilitar la comunicación, control y monitoreo del equipo instalado al recloser. Esta interface se compone de un módulo de comunicación serial DNP 3.0, temporizadores para dicha comunicación, acceso a archivo y generación de reportes, todo a solicitud de usuario por medio de una interface visual. La figura 5.22 muestra la interacción entre los distintos componentes.

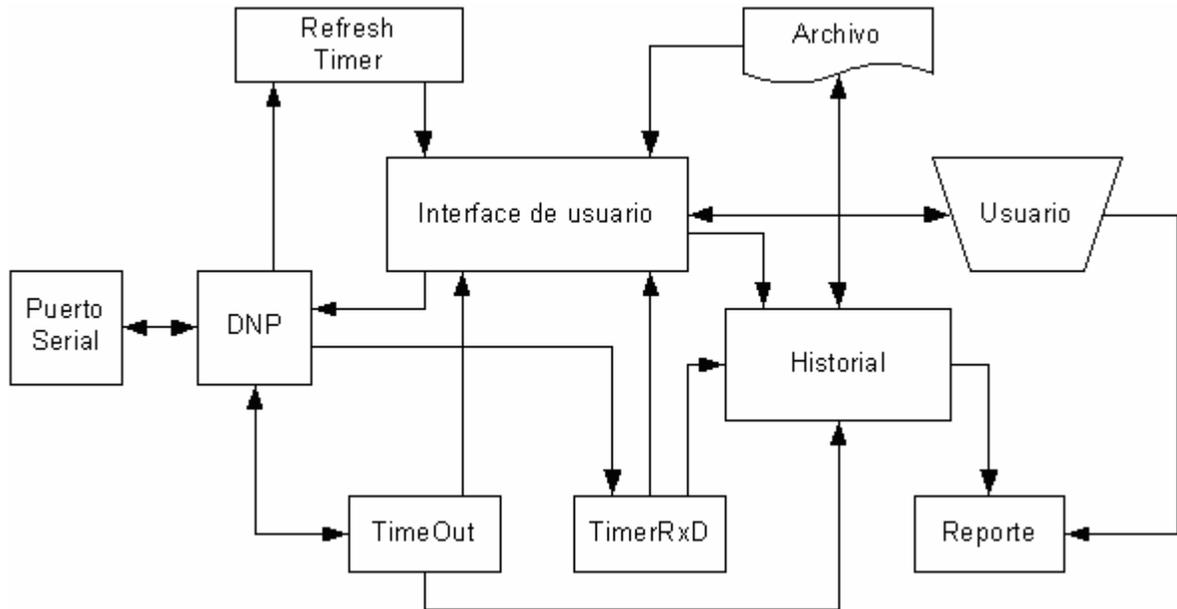


Figura 5.22 Diagrama funcional de la interface de usuario

La interacción entre algunos de los componentes del programa se realiza por medio de variables globales y en otros directamente. Los temporizadores actúan según el estado de variables y ejecutan su función directamente. El puerto serial, una vez activado puede recibir datos, enviarlos a la unidad DNP y presentarlos en la pantalla de interface de usuario en forma automática mediante el temporizador de refrescamiento. El historial se genera automáticamente a partir de la interface de usuario y los temporizadores.

Las operaciones de archivo y reporte son ejecutadas solo a petición del usuario, y contemplan la impresión del reporte y el archivado del historial junto con los datos específicos del recloser configurado.

La interface de usuario contempla todas las funciones necesarias para el acceso, envío y solicitud de datos al control del recloser.

Contiene una barra de herramientas, una barra de menú, dos paneles de configuración de equipo, uno de operación, otro de acceso a todas las funciones, una ventana de texto con el historial de operaciones y otra con un reporte de operación para imprimir. La figura 5.23 muestra el aspecto de la ventana.

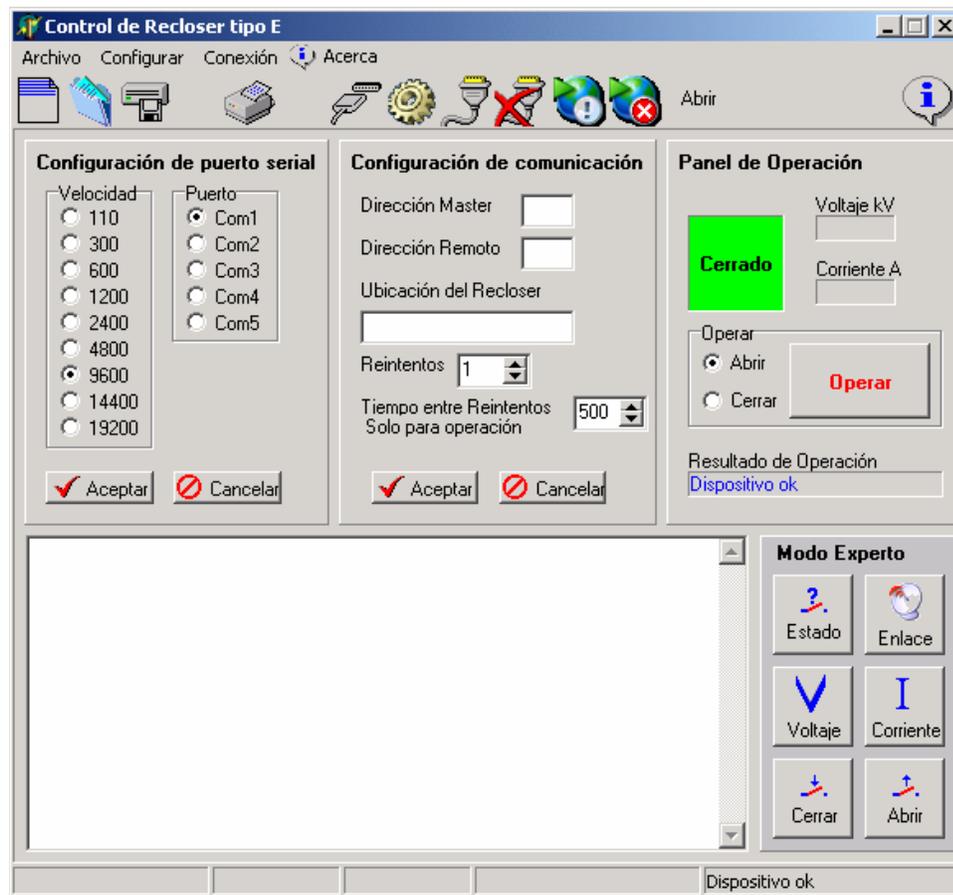


Figura 5.23 Pantalla de interface de usuario

Lista de procedimientos más importantes utilizados

Procedimiento	Función
abrir	Lee y actualiza la información de un recloser en pantalla
Guardar	Guarda la configuración del recloser junto con el historial
Conectar	Habilita el puerto y establece la conexión con el recloser
BtnAceptarConfPto	Establece la configuración del puerto serial
BtnAceptarConf	Establece la configuración del recloser seleccionado
ComPDataAvailable	Lee los datos que llegan por el puerto serial
TimerRxDr	Maneja el tiempo de espera de datos seriales entrantes
RefreshTimer	Actualiza los datos provenientes del control en pantalla
BtnOperar	Envía la orden de operar el recloser
TimerReintentos	Administra los intentos de conexión con el recloser
imprimirR	Imprime el reporte de actividades del recloser
GenerarReporte	Genera un reporte con los datos del recloser y su actividad

Por motivos de tamaño, en esta sección se detalla únicamente los procedimientos más importantes relacionados con las distintas funciones del programa propietario y del panel de control.

Temporizadores

Existen tres temporizadores importantes en el funcionamiento de la aplicación propietaria. Las funciones asociadas a estos consisten en monitorear e informar sobre el tiempo de recepción de datos, realizar la cantidad de reintentos de conexión y actualizar los datos en la pantalla del programa.

TimerRxD: Temporizador que indica que el tiempo de recepción de datos se ha sobrepasado. Este entra en operación a partir del momento en que llega el primer dato de una trama DNP y actúa en caso de sobrepasarse el tiempo preestablecido, generando un reporte en el historial con la indicación “*Error comunicación, timeout en recepción*”. La figura 5.24 muestra el funcionamiento del temporizador.

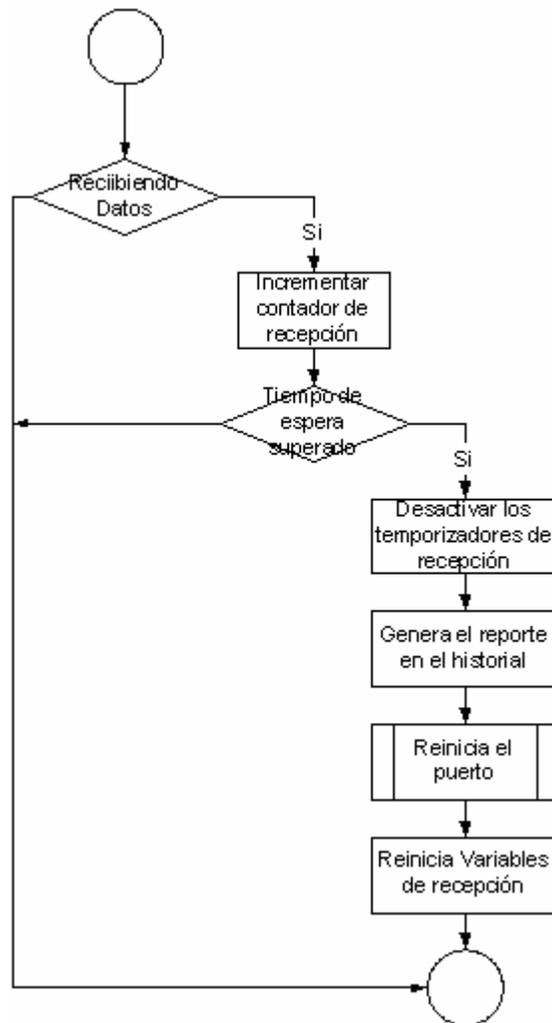


Figura 5.24 Temporización para llegada de datos

*Los procesos en doble barra indican llamadas a otros procedimientos.

*Las salidas que no están indicadas en los cuadros van directamente al fin del programa en ejecución.

Controles de operación y recepción de datos

En estos se incluyen todas las funciones relacionadas indirectamente con datos. Los datos son manipulados como consecuencia del accionamiento de cualquiera de estos.

Se describen los controles que llevan a cabo el proceso de interface con el usuario y con el manejo de datos, siempre que no estén relacionados con el protocolo DNP3.0, ya que se ha decidido proteger dicha información.

Conectar 🚰: Se ejecuta a petición del usuario. Habilita el puerto configurado con los parámetros establecidos en los paneles respectivos y envía una trama de solicitud de enlace. La figura 5.25 muestra el procedimiento ejecutado para conectar con el recloser.

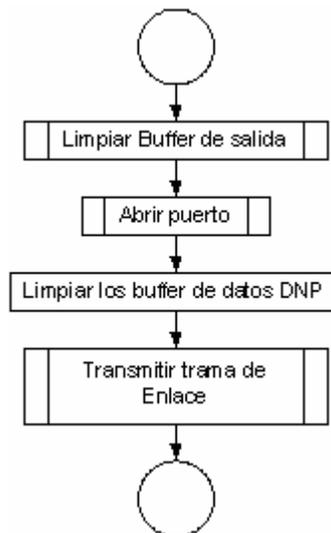


Figura 5.25 Establecimiento de conexión con el recloser

BtnOperar: Accionado por el usuario. Envía la solicitud de cierre o apertura según el último estado conocido del recloser y habilita el temporizador de reintentos. La figura 5.26 muestra el funcionamiento respectivo.

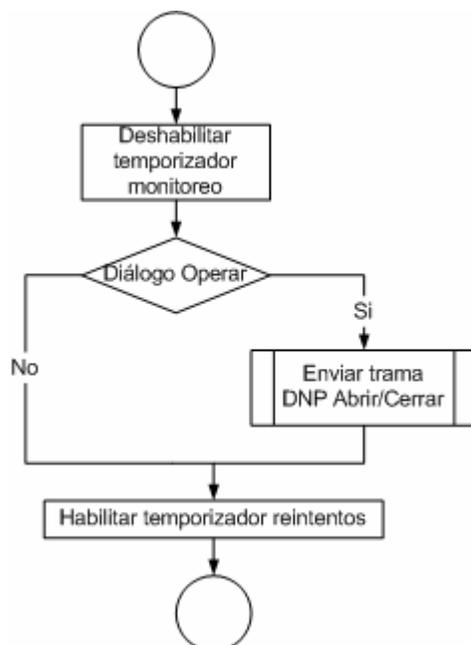


Figura 5.26 Operación del recloser desde la interfase de usuario

ComPDataAvailable: Se ejecuta al momento de llegar datos al puerto serial. Almacena los datos recibidos por el puerto en el buffer de recepción DNP, cuando el buffer está completo ejecuta los programas de identificación y decodificación respectivos. La figura 5.27 muestra el proceso de los datos al momento de llegar.

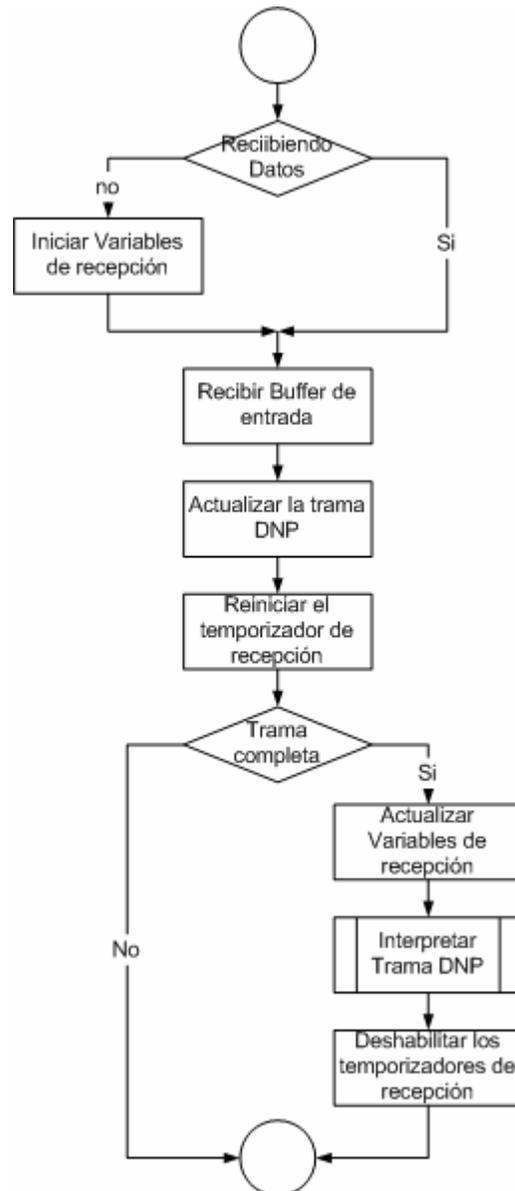


Figura 5.27 Lectura de datos desde el puerto serial

Procedimientos de archivado e impresión

Estos procedimientos contienen el único acceso disponible para la operación con datos obtenidos como resultado de la operación con el recloser.

Abrir : Abre la configuración de un recloser, previamente archivada y la despliega en los espacios correspondientes para ser utilizada. Además habilita los paneles de configuración de puerto y configuración de comunicación.

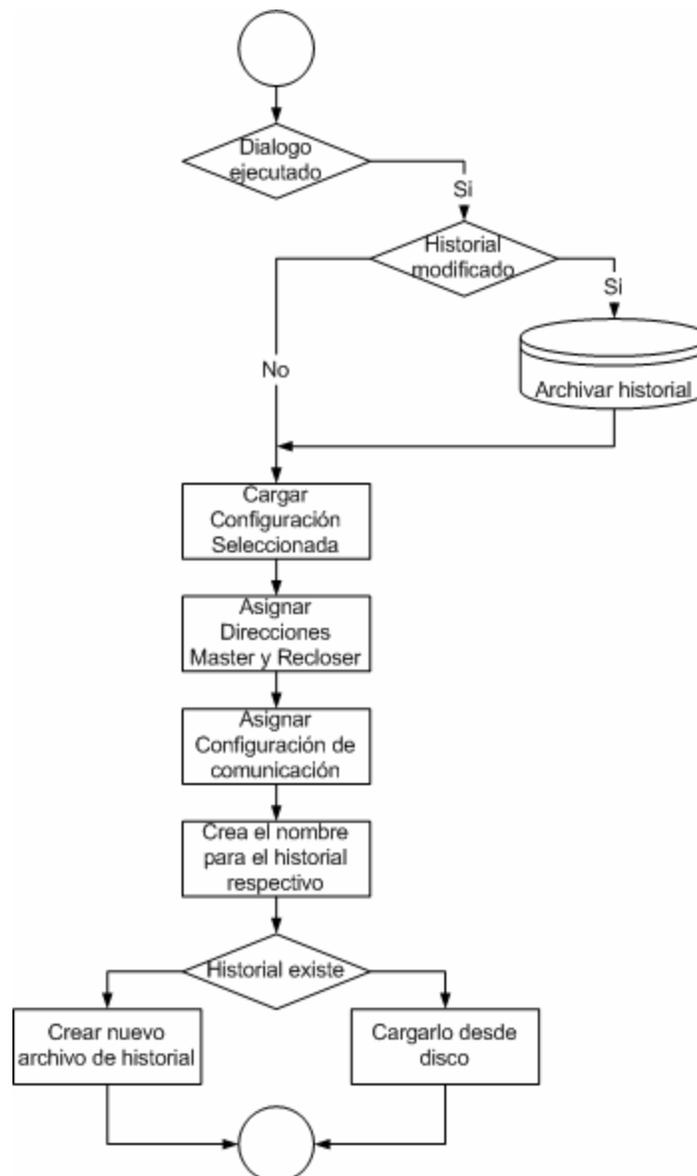


Figura 5.28 Carga de configuración desde archivo

Guardar : Guarda los datos de configuración del recloser activo en un archivo y los datos de historial en un archivo separado con el mismo nombre.

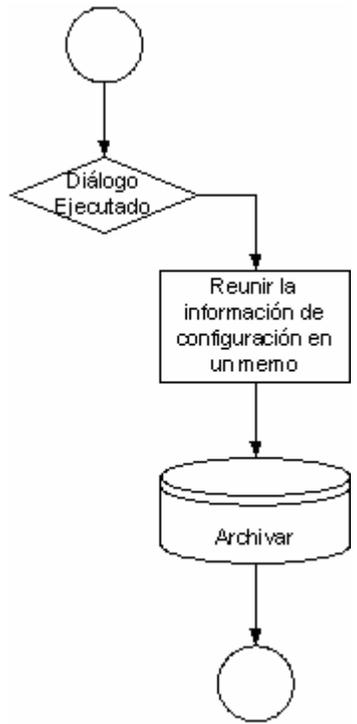


Figura 5.29 Procedimiento para archivar configuración de recloser

5.3.2 Programa Panel de control

Se ha desarrollado para facilitar la operación y monitoreo de estado del recloser en sitio. Contiene funciones para interactuar con el operador, realizar lecturas, convertir datos de un formato a otro, activar los controles de cierre y apertura en el recloser y realizar comunicación serial DNP 3.0. La interacción con el usuario, el recloser y la comunicación se ilustra en la figura 5.30. Las flechas indican llamadas o pasos de variables de un procedimiento a otro y la dirección en que este proceso se realiza.

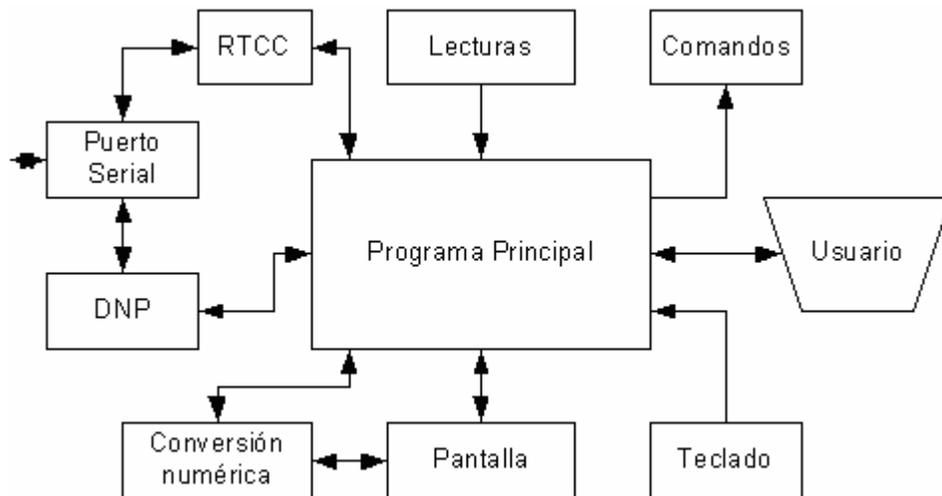


Figura 5.30 Diagrama funcional del panel de control

La interacción del usuario con el panel de control se maneja mediante una estructura de menú, con información de la función activa en pantalla y en algunas ocasiones las teclas de función a utilizar.

Lista de procedimientos utilizados

Procedimiento	Función
rb_isr	Lectura del teclado
rtcc_isr	Temporizador de tiempo real
rda_isr	Recepción de datos seriales
cambiarID	Cambia la identificación del control para acceso remoto
teclado	Procesa la lectura del teclado
lecturas	Lee parámetros externos al microcontrolador
comandos	Ejecuta las ordenes hacia el recloser
Inic	Inicializa el sistema operativo
Main	Programa principal
iniTeclado	Inicializa los puertos para el teclado
leerT	Realiza la lectura de la tecla presionada
LCD	Rutinas para manejar la pantalla LCD
mensaje1	Muestra texto en la línea 1 del LCD
mensaje2	Muestra texto en la línea 2 del LCD
num_text	Convierte un número en caracteres
text_num	Convierte una cadena de caracteres en un número

Procedimientos para interface de usuario

Para la interacción con el usuario, se ha definido atender las solicitudes de este por medio de una interrupción y mostrar la selección realizada en una pantalla, en forma de menú pull down¹⁸. La asignación del comando seleccionado por el usuario se realiza mediante el programa principal, descrito en el apartado correspondiente.

¹⁸ Menú Pull Down: De comportamiento similar a los utilizados en las barras de menú de aplicaciones en Windows, salvo que no se ven los demás ítem.

CambiarID: Cambia la identificación del control para acceso remoto mediante DNP. El control está programado para responder únicamente al master con dirección Uno. El rango de selección de la identificación se puede seleccionar desde cero hasta 999.

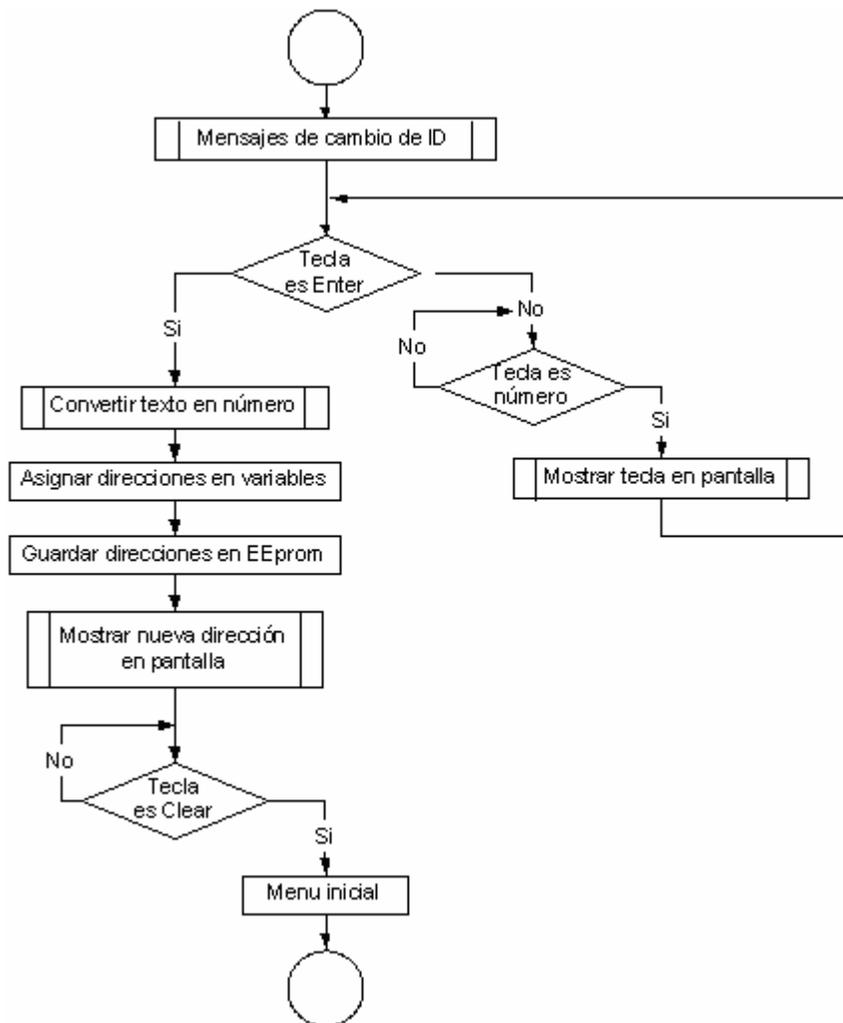


Figura 5.31 Cambio de identificación del recloser

leerT: Se inicia después de detectada la interrupción en el puerto B. Realiza un barrido por el puerto C y captura el dato por el puerto B en búsqueda de una tecla presionada.

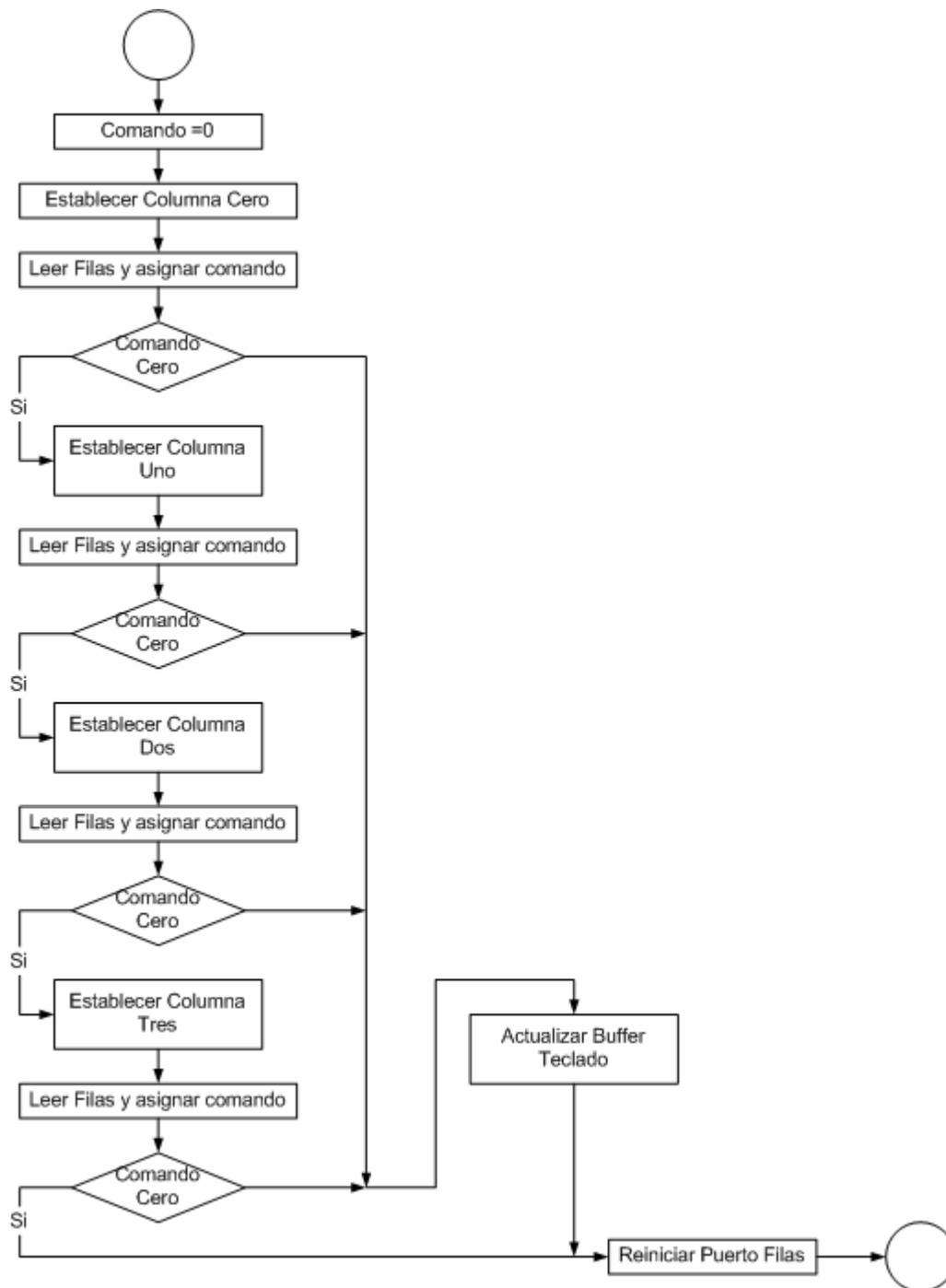


Figura 5.32 Proceso de lectura del teclado

LCD: El uso de la pantalla LCD se realiza siguiendo las rutinas contenidas en la librería incluida en el programa PCW. En esta librería se incluyen los procedimientos necesarios para el manejo de todas las funciones básicas del LCD:

- Inicialización: En dos o una filas, con caracteres de 7 u 8 puntos de altura, la longitud de los datos que se transmiten en byte o nibble¹⁹,
- Manipulación: Envío y lectura de caracteres y cambio de posición del cursor.

mensaje1 y mensaje2: Estos procedimientos sirven para mostrar texto en la pantalla del LCD. Cuando el mensaje ya se ha desplegado no lo muestra de nuevo, con el fin de ahorrar tiempo de procesador. La operación de ambos es similar, salvo las modificaciones para actuar en una línea diferente. El índice del mensaje anterior se guarda en una variable para ser comparado con el siguiente mensaje en cada procedimiento, existe una variable para cada procedimiento.

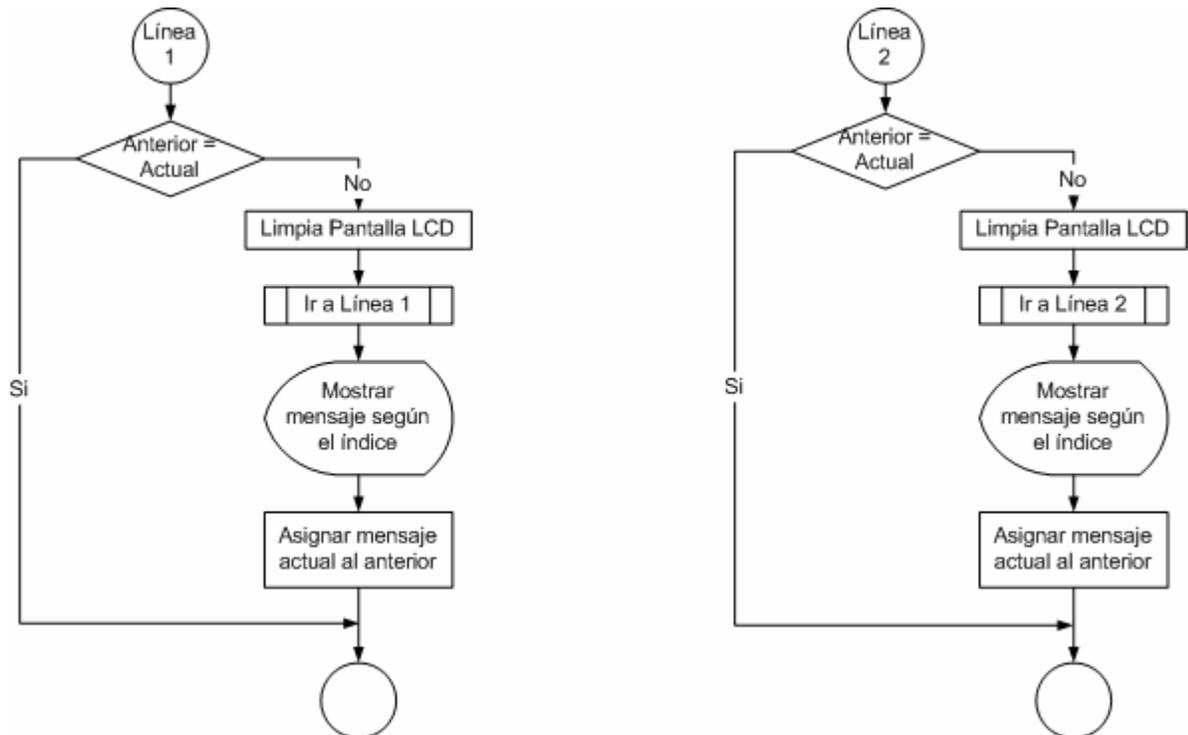


Figura 5.33 Despliegue de mensajes en pantalla

¹⁹ Nibble: palabra de 4 bit

Procedimientos de entrada salida

Estos procedimientos se encargan de ejecutar las lecturas y escrituras hacia los distintos puertos del microcontrolador y por tanto hacia los diferentes dispositivos de control del recloser.

lecturas: Se encarga de realizar las lecturas de variables analógicas de voltaje, corriente, el estado del recloser Abierto / Cerrado y actualizar el contador de operaciones. Este procedimiento se llama desde el programa principal cada vez que este reinicia su ciclo. Los valores específicos del procedimiento se omiten del diagrama.

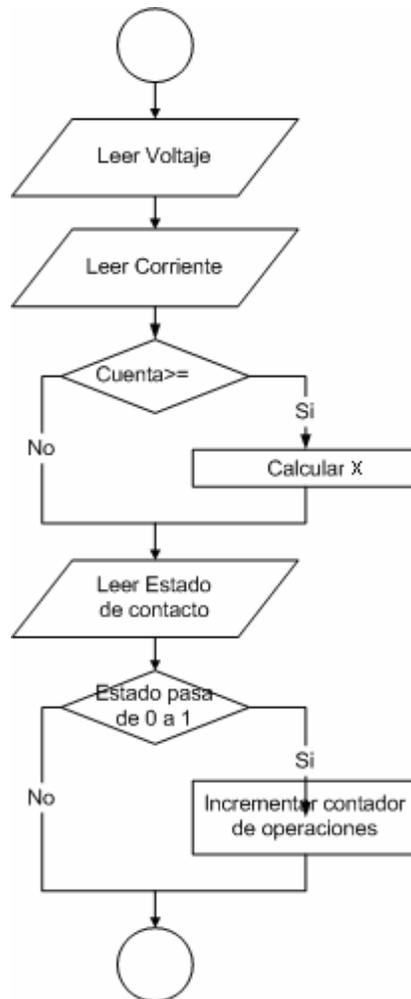


Figura 5.34 Procedimiento para lectura de variables

Comandos: Ejecuta las ordenes enviadas por el panel de control o respuesta a comandos DNP. Este procedimiento actúa según el origen del comando a ejecutar. Si el comando es generado por el panel de control, este es atendido y no se genera respuesta DNP, caso que si ocurre cuando el origen del comando es distinto. Este procedimiento también atiende la generación de la alarma de lockout que se transmite en DNP cuando se detecta este estado.

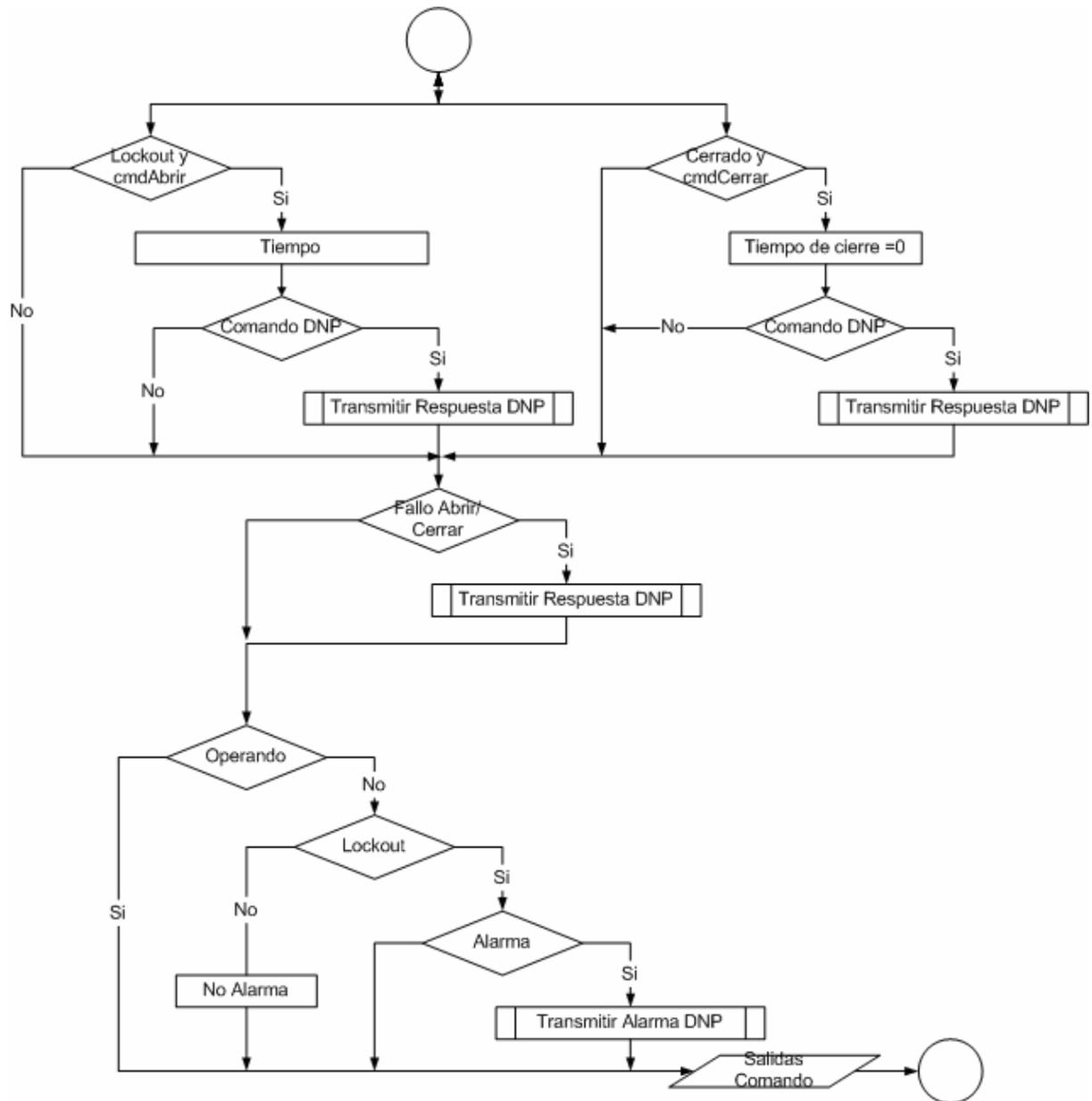


Figura 5.35 Ejecución de comandos de salida

Atención a interrupciones

Se ha programado la atención a tres interrupciones, un teclado, un temporizador y la recepción de datos seriales asincrónicos.

rda_isr: Atiende la interrupción generada con la llegada de datos seriales y los almacena en la trama de recepción DNP. Si es el primer dato de una trama, activa una variable que indica al RTCC la actividad a monitorear. Este procedimiento es estándar para cualquier protocolo.

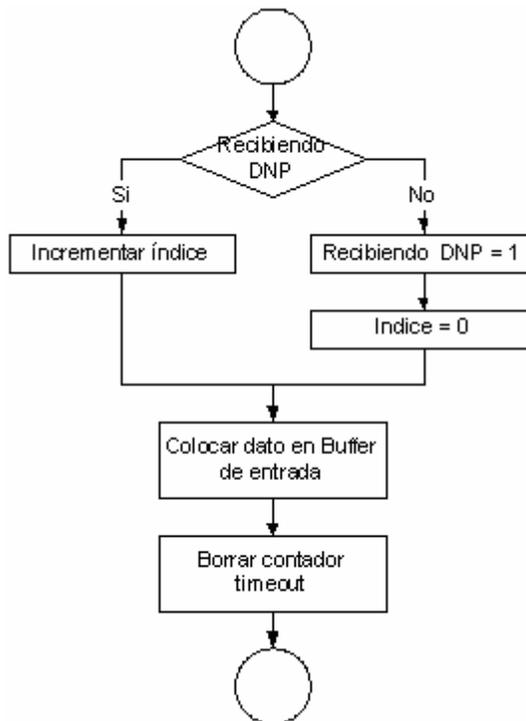


Figura 5.36 Atención a la interrupción de datos seriales

Programa principal

Consiste en dos subprogramas para establecer los parámetros de funcionamiento y operación del programa en el microprocesador que actúa como núcleo del panel de control. Desde aquí se realiza las llamadas a otros procedimientos, encargados de realizar las distintas funciones que integran el panel de control, la comunicación y el control del recloser. Una primera parte del programa se encarga de inicializar el entorno para que una segunda pueda operar correctamente.

Inic: Se encarga de establecer los parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema operativo dentro del PIC. Establece los parámetros de los dispositivos internos utilizados en el resto del programa



Figura 5.37 Procedimiento de inicialización

Main: Es el encargado de llevar a cabo toda la ejecución de las tareas que no son por interrupción. Este consiste en un ciclo repetitivo, el cual se encarga de atender las solicitudes del usuario, atender las ordenes DNP y realizar las lecturas y salidas de y hacia el PIC.

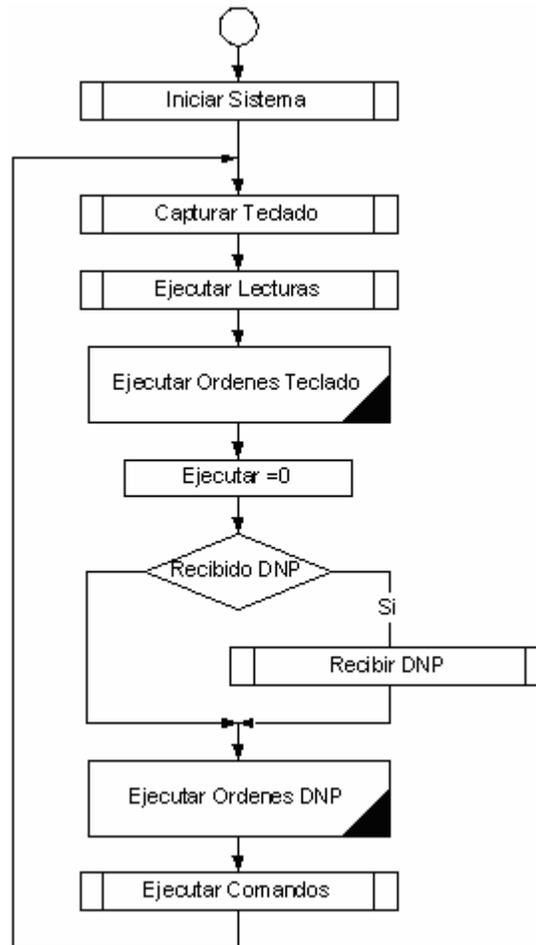


Figura 5.38 Procesos del programa principal

Los procedimientos que aparecen con una esquina negra se han omitido en este diagrama por motivos de espacio, el bloque de Ejecutar Ordenes Teclado se encarga de atender al usuario y Ejecutar DNP atiende la comunicación serial.

Las sentencias que solo muestran una salida indican que la otra salida va al final del procedimiento en cuestión. Esto se ha realizado para facilitar y simplificar el dibujo de los diagramas de flujo.

5.3.3 Protocolo DNP 3.0

Utilizado para establecer la comunicación entre el panel de control del recloser y el programa propietario desarrollado en Delphi para interface Windows. Los pormenores de la implementación de este protocolo están contenidos en el documento respectivo a descripción de DNP y tramas.

El código se ha realizado de manera tal que solo es necesario llamar a dos procedimientos distintos, uno para calcular y transmitir la trama DNP a partir de un parámetro determinado y otro que toma la trama recibida y devuelve un caracter como resultado. La figura 5.39 muestra la interconexión entre los diferentes puntos que interactúan para el trasiego de información en DNP.

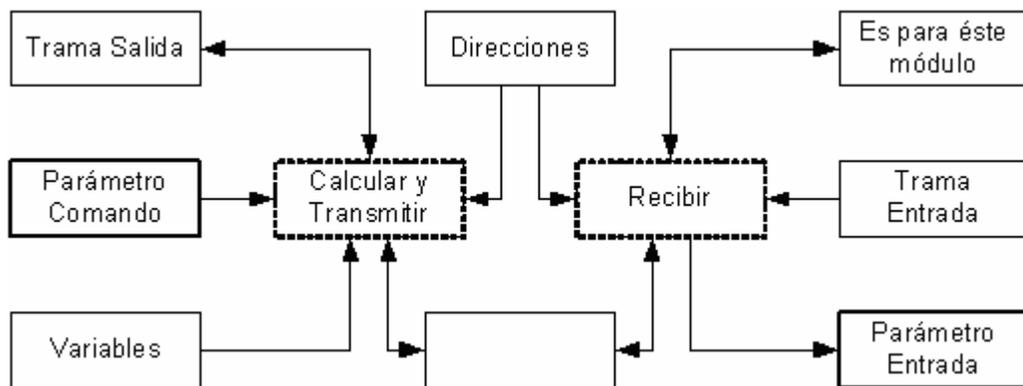


Figura 5.39 Funcionamiento de la interface DNP

Los bloques remarcados indican los puntos de acceso desde el programa principal.

Lista de procedimientos utilizados

Procedimiento	Función
TxCalcDNP	Calcula la trama DNP para transmitir
RecibirDNP	Decodifica la trama DNP recibida

Capítulo 6: Resultados y análisis

6.1 Tiempos de apertura y cierre del recloser

El recloser, al presentarse una falla permanente realiza las operaciones preestablecidas, hasta terminar con la operación lockout. Las variaciones de amplitud en las señales mostradas en la figura 6.1 indican los momentos en que el recloser se encuentra cerrado o abierto. Estas gráficas sólo sirven para indicar los tiempos correspondientes a operación, ya que las formas de onda no corresponden a la forma de onda utilizada al momento de realizar la medición, además poseen mucho ruido eléctrico inducido por equipos cercanos al punto de medición y a las características propias del equipo utilizado, tanto de medición como del equipo analizado. Los tiempos de operación de esta gráfica se pueden comparar con la curva teórica mostrada en la figura 6.2 la cual muestra el comportamiento del recloser ante diferentes corrientes de operación en las distintas curvas de operación.

Los datos obtenidos de la medición de tiempos de operación de recierres se muestran en la tabla 6.2. El recloser estudiado se encuentra equipado con una bobina una cámara hidráulica que define cuatro curvas de operación, lo que implica que al terminar la última operación el recloser pasa al estado lockout. El valor de la bobina define la corriente mínima para la cual el equipo inicia las operaciones. La figura 6.2 muestra la forma típica de las curvas de operación, donde la curva A representa una operación rápida y las curvas B y C operaciones lentas.

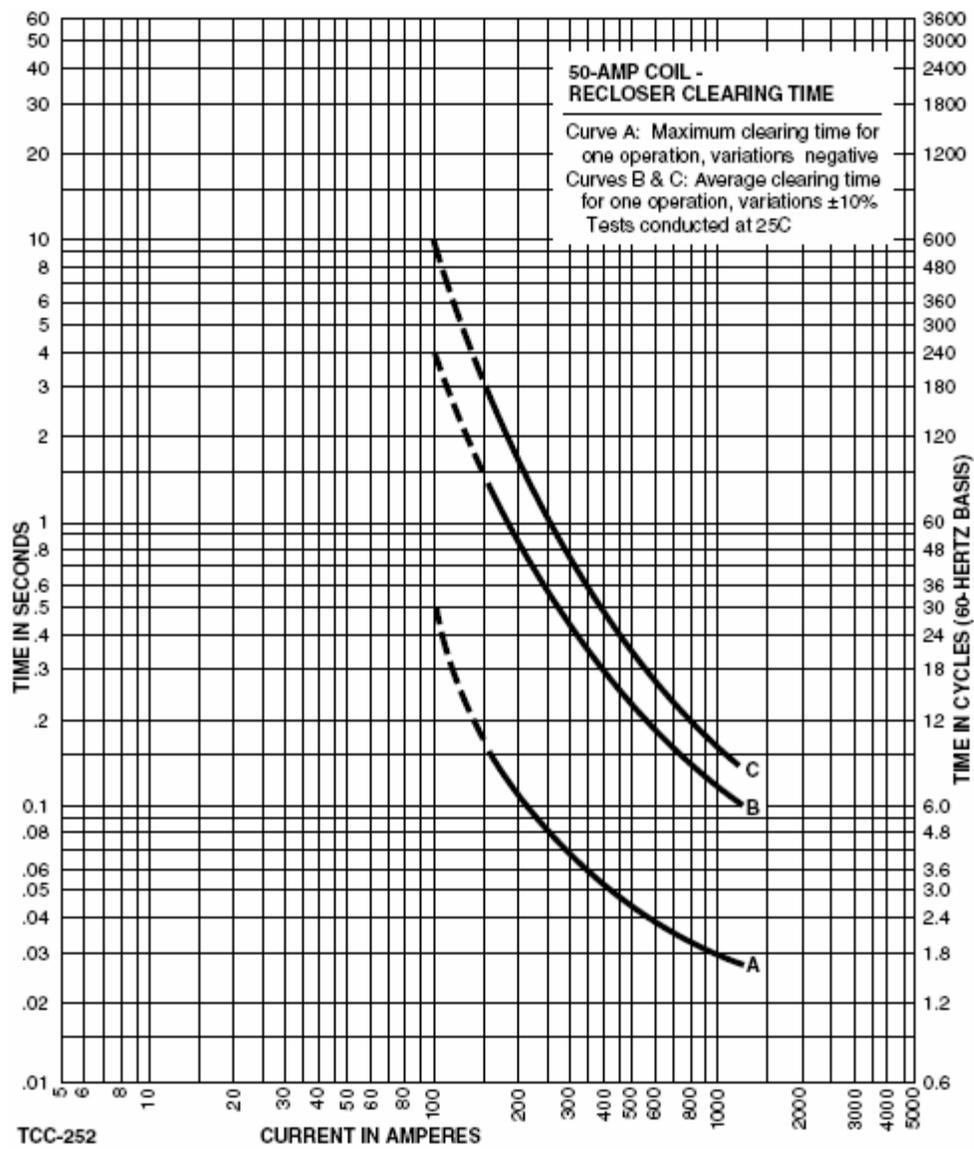


Figura 6.1 Curva de operación de un recloser con bobina de 50 Amperios

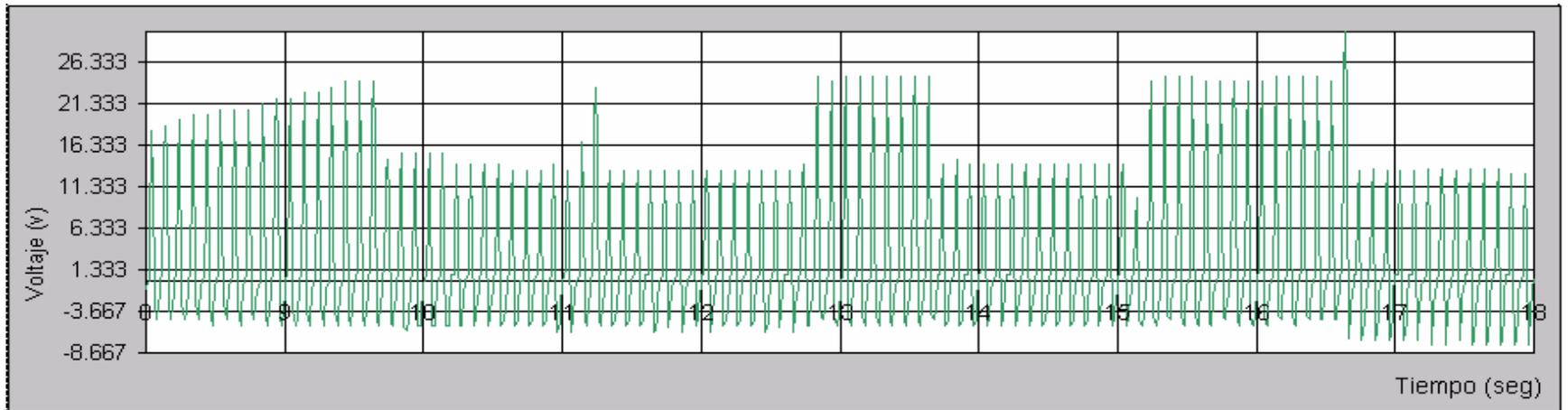
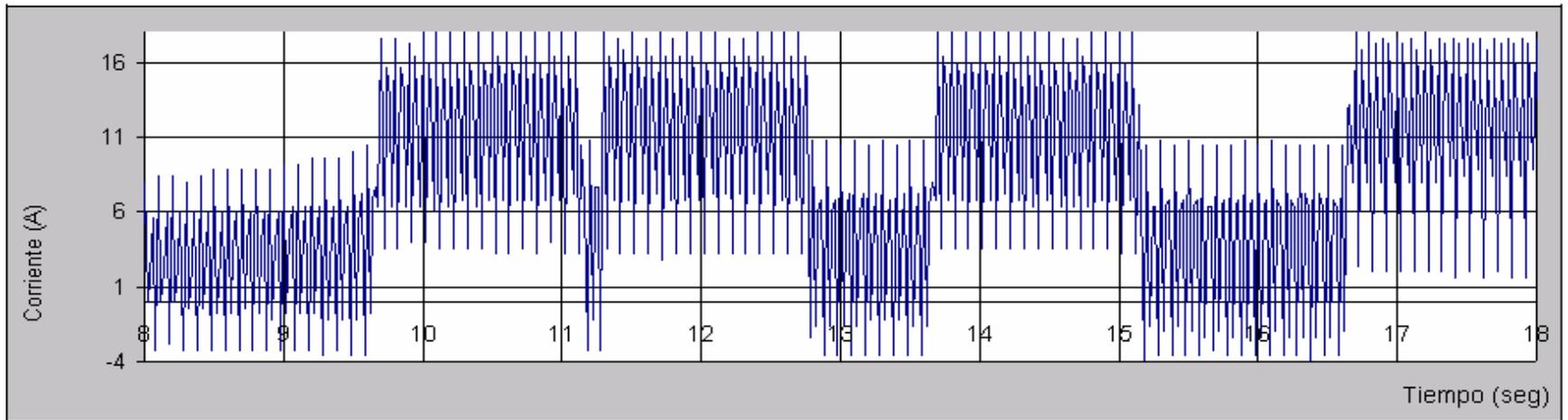


Figura 6.1 Comportamiento del recloser en operación hasta lockout

Los resultados anteriores únicamente sirven para la medición de tiempos ya que la punta de prueba AmpFlex está diseñada específicamente para operar con los medidores de calidad de energía tipo ION, y su comportamiento es afectado enormemente por la cercanía del osciloscopio. Asimismo la fuente de alimentación utilizada para operar el recloser posee un rectificador de onda completa en su interior, lo cual modifica la señal agregándole gran cantidad de contenido armónico. Este comportamiento fue comprobado y ratificado al momento de realizar las mediciones.

La existencia de varias curvas de operación se justifica cuando el recloser es parte de un sistema que ha sido instalado según un plan de coordinación de protecciones. En el cual se requiere que el recloser que está al final de la red opere antes que los demás, o sea cuando se detecta una falla debe operar primero el recloser que se encuentra más cerca de esta y si la falla continúa operarán los recloser más lejanos.

Por lo general las curvas se ajustan tomando en cuenta las de tiempos cortos (rápidas) para los recloser instalados al final de la línea y las curvas lentas (más tiempo) para los que están al principio o más cercanos a los puntos de entrega o circuitos principales.

Tabla 6.1 Tiempos de operación medidos en el recloser estudiado

Operación	Tiempo (seg)	Tiempo total (seg)
Primera apertura	0	0
Primer recierre	1.48	1.48
Segunda apertura	0.2	1.68
Segundo recierre	1.48	3.16
Tercera apertura	1.08	4.24
Tercer recierre	1.5	5.74
Lockout	2	7.74

La tabla 6.2 muestra que el comportamiento cumple con las curvas características de la figura 6.1, el recloser analizado cuenta con una bobina de 25A. Lo cual implica que debe comenzar a realizar recierres a una corriente de 50A. La

bobina de los recloser se especifica para una corriente de operación del doble de la corriente que circula en condiciones normales por el circuito o ramal a proteger. La figura 6.3 muestra un resumen de la figura 6.2 con los tiempos de operación. Las demás figuras muestran una ampliación de cada operación

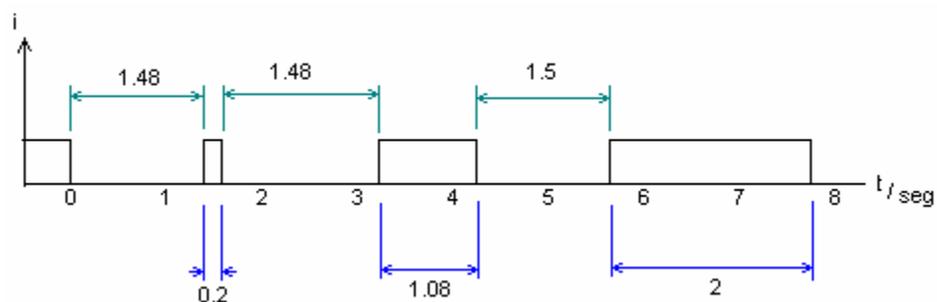


Figura 6.3 Tiempos de operación medidos hasta lockout

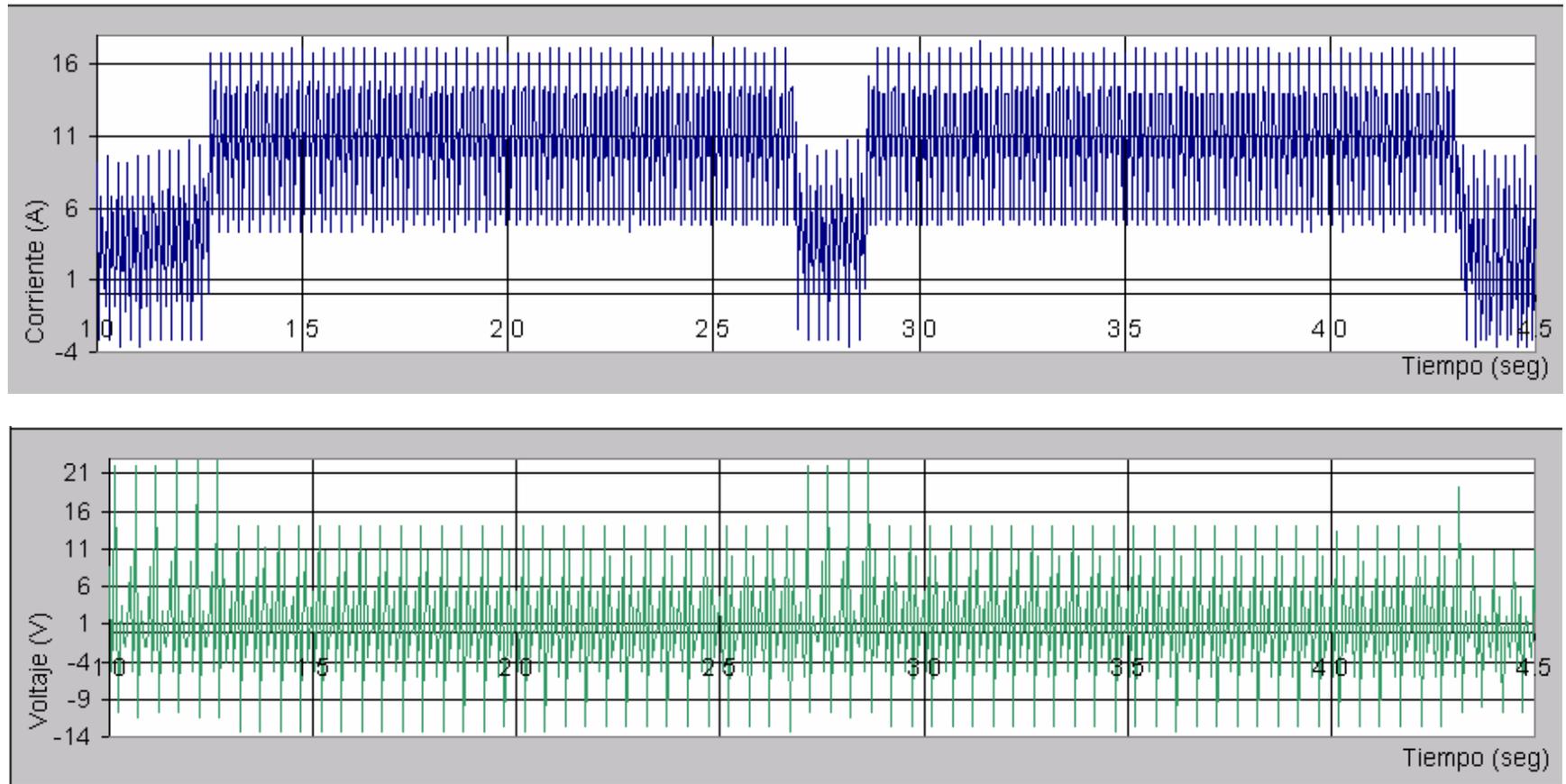


Figura 6.4 Primera y segunda operación del recloser.

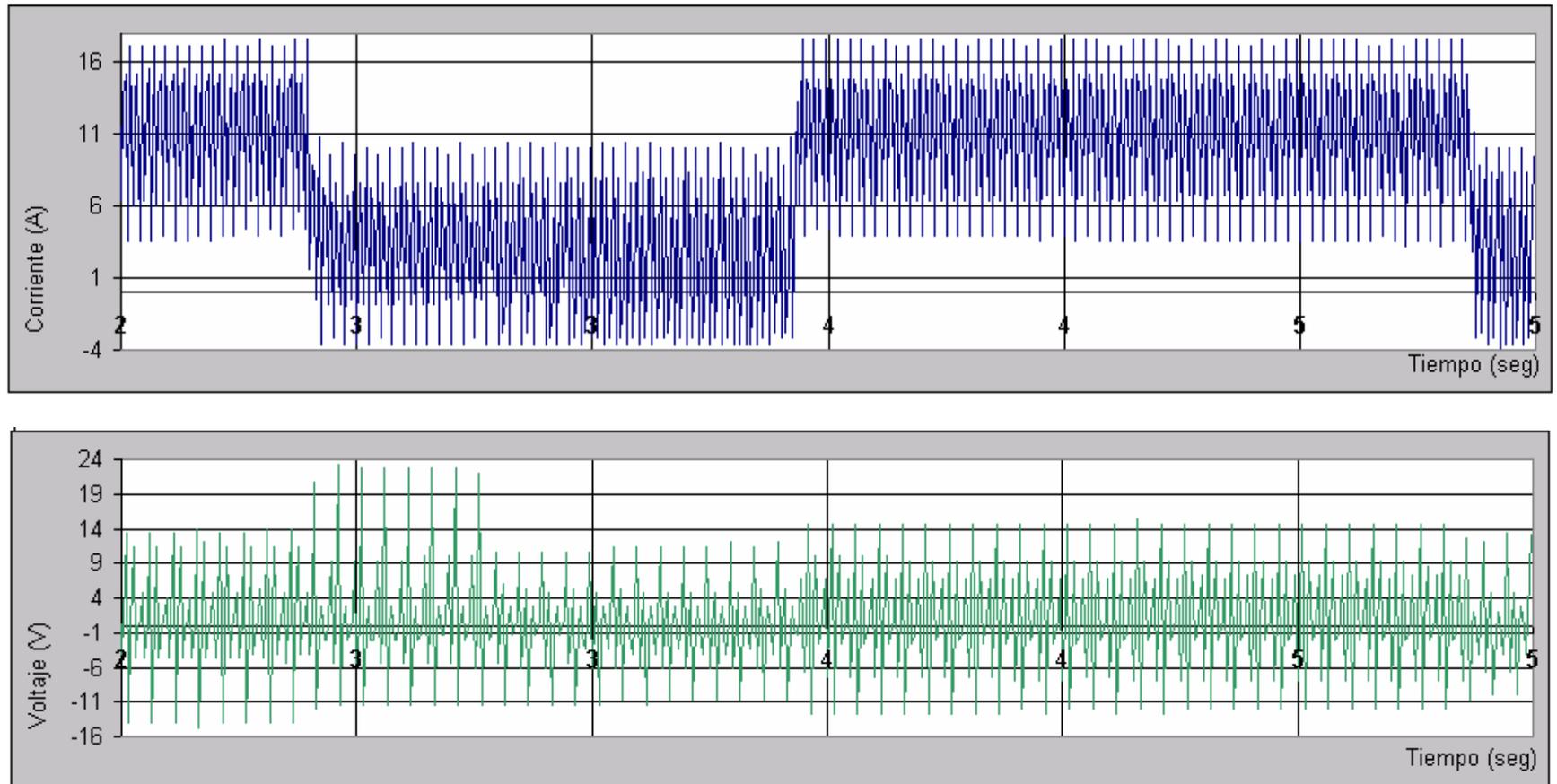


Figura 6.5 Tercera operación del recloser.

En el proceso de medición de tiempos se observó que la manija del recloser únicamente posee movimiento cuando el recloser pasa a estado lockout, por lo que no es posible verificar en esta si el recloser está realizando o ha realizado operaciones. También se observó que otra palanca más pequeña opera cuando el recloser realiza operaciones. Los tiempos en que el recloser permanece abierto son constantes y no dependen de la bobina, sino del sistema de cámaras de aceite.

6.2 Armónicos y análisis de fourier.

Debido a las condiciones de medición y al corto tiempo que tarda cada evento, ya sea cierre o apertura se decidió utilizar un programa de grabación de audio en una PC y un osciloscopio digital para tomar los valores pico de entrada.

El osciloscopio se utilizó para medir las tensiones y corrientes pico pico de entrada a fin de no sobrepasar los niveles permitidos por la tarjeta de sonido y evitar el riesgo de dañarla. Una vez ajustado el circuito los valores finales son 30Vp cuando el recloser está abierto y 4A cuando está cerrado.

Las figuras que corresponden a oscilogramas han sido normalizadas por el programa de grabación, a 0.1V los oscilogramas y a 0 dBv para las gráficas de tensión y a 0.1A y 0dBA para las gráficas de corriente.

De las figuras 6.6 y 6.7 se aprecia la forma de onda de corriente y voltaje en una carga resistiva conectada al recloser, las gráficas a la derecha muestran el contenido espectral hasta 1kHz. El contenido espectral de las señales analizadas se ha limitado a 1kHz debido a su magnitud, ya que es menor a -80dB . Las magnitudes en voltaje y corriente de estos se muestra en la tabla 6.2, donde también se muestra una correspondencia para magnitudes de 120Vrms y 150Arms.

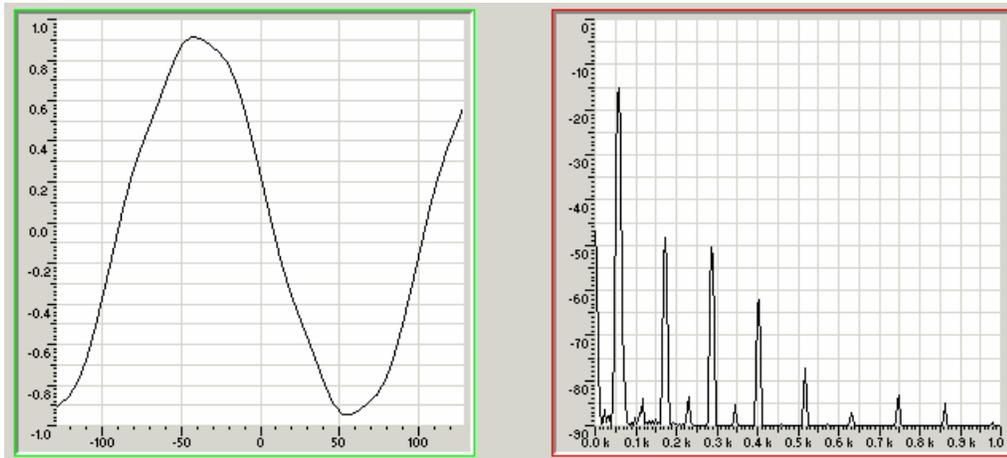


Figura 6.6 Forma de onda de corriente y armónicos cuando el contacto está cerrado

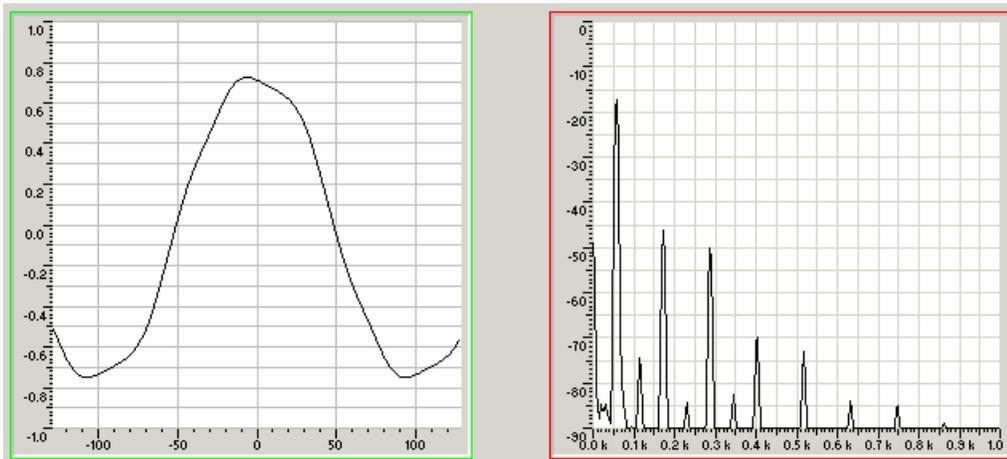


Figura 6.7 Forma de onda de voltaje y armónicos con el contacto cerrado

Tabla 6.2 Correspondencia de magnitudes en dBv y voltaje rms al 7º armónico

Armónico	Valor Voltaje dBv	Voltaje rms	Magnitud a 120Vrms	Valor Corriente dBv	Corriente Arms	Magnitud a 150Arms
1	-17	141.25m	113.197	-15	62.872m	143.386
3	-46	5.012m	4.016	-48	1.407m	3.210
5	-50	3.162m	2.253	-50	280.8u	2.254
7	-70	316.2u	0.253	-62	49.94u	0.641

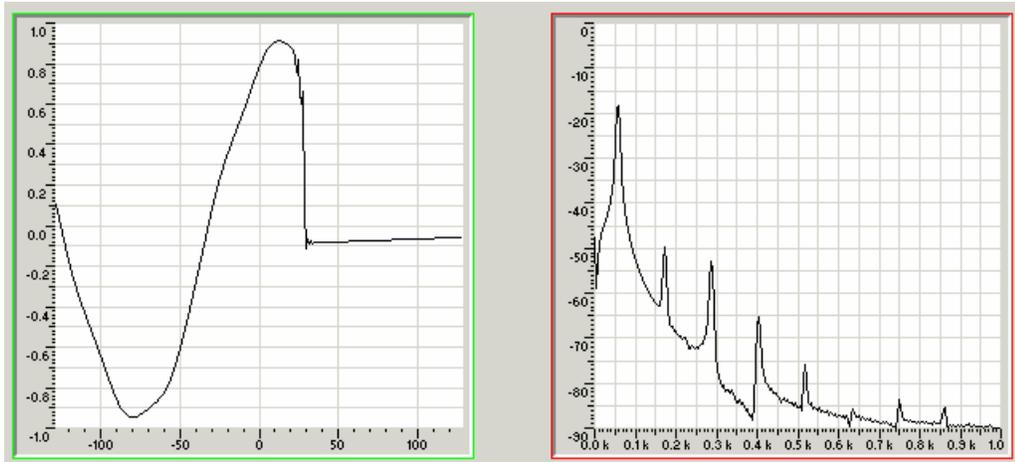


Figura 6.8 Forma de onda y armónicos de la corriente de apertura

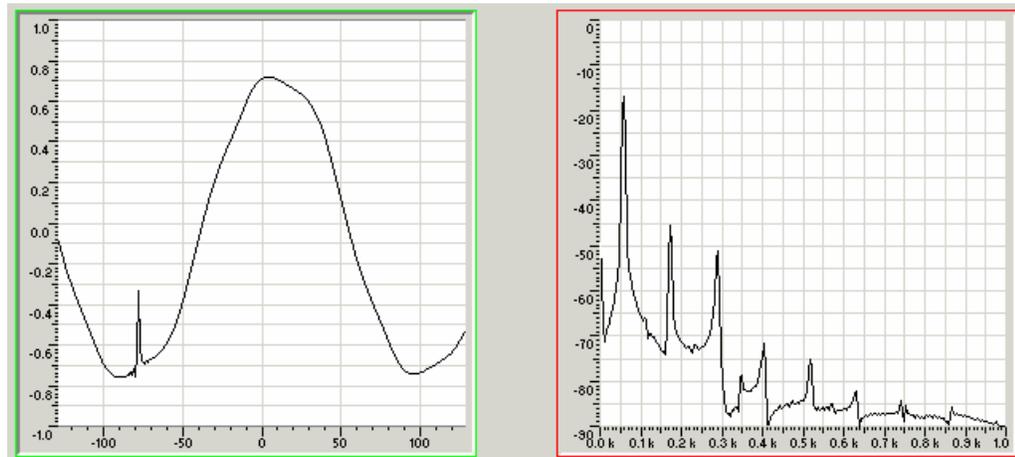


Figura 6.9 Forma de onda y armónicos del voltaje de apertura

En el caso de la apertura del recloser la cantidad de armónicos generados aumenta, esto debido a que en el instante de abrir el contacto la señal de corriente desaparece abruptamente, y en la señal de voltaje ocurre algo similar a un flicker²⁰ del lado de alimentación. Aún así el contenido armónico no aumenta por encima de los armónicos normales de operación de la red y los armónicos de frecuencia superior a 1kHz no superan los -80dB .

²⁰ Flicker: Perturbación de corta duración (función impulso) en la forma de onda, la cual puede ser un pico o un valle, pero no afecta a los artefactos eléctricos comunes.

La figura 6.10 muestra el comportamiento de la señal al momento de cerrar el recloser, el contenido armónico de esta es mayor, ya que el programa calcula el espectro de la onda dibujada en pantalla, incluyendo el recorte. El comportamiento al cierre es similar al de apertura en la tensión de alimentación del recloser, el comportamiento en la corriente es un tanto distinto, ya que la onda de corriente aumenta durante unos cuantos ciclos y satura la entrada del circuito de medición, este efecto tarda aproximadamente 0.5 segundos y se muestra en la figura 6.11

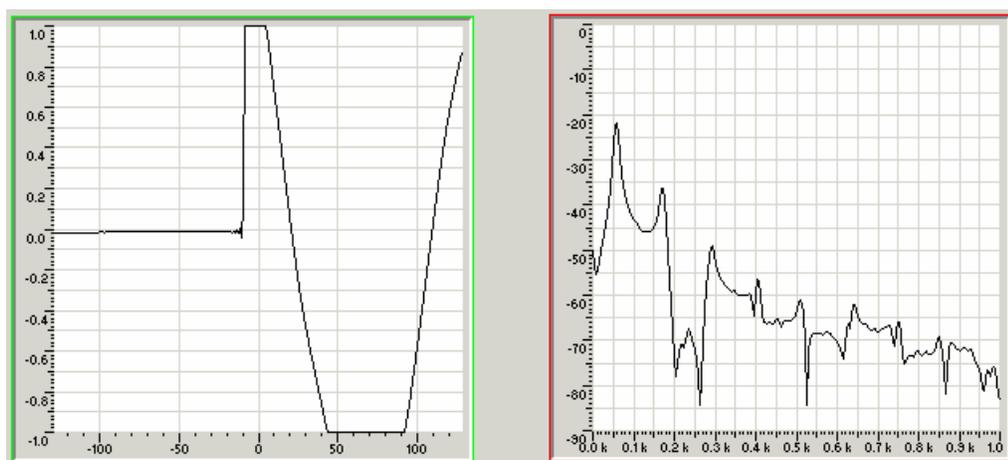


Figura 6.10 Forma de onda y armónicos de la Corriente de cierre

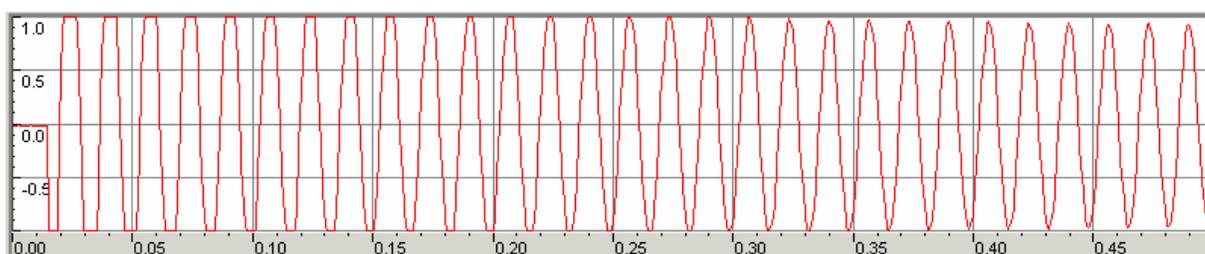


Figura 6.11 Comportamiento de la corriente de cierre

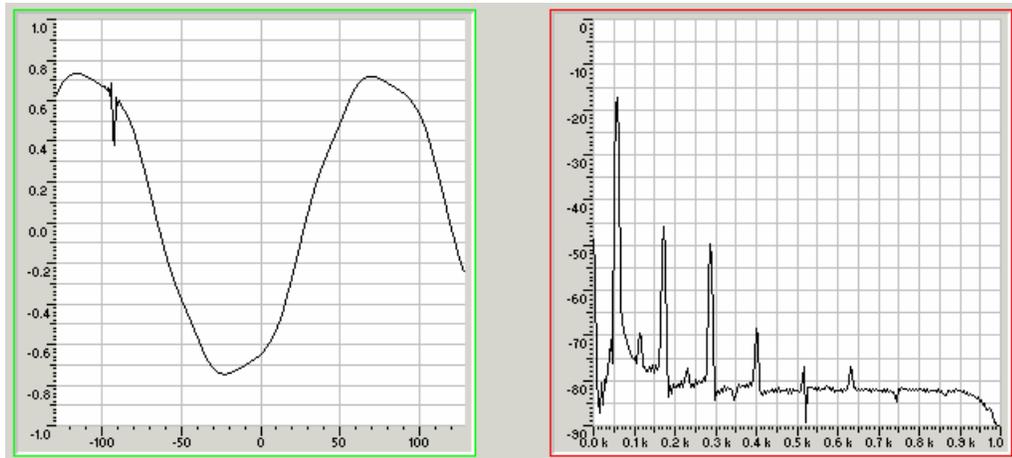


Figura 6.12 Forma de onda y armónicos del Voltaje de cierre

El equipo para operar el recloser se ha diseñado para instalarse y operar fuera del recloser, sin la necesidad de realizar ninguna modificación a estos. Asimismo el tanque que encierra al recloser es conductor magnético (hierro) e internamente el recloser va completamente sumergido en aceite dieléctrico.

A partir de estos resultados, las longitudes de onda correspondientes a los armónicos impares y la longitud de los aisladores y disposición de los conductores en el recloser, se descarta la posibilidad de efectos por radiación sobre los conductores que llevan las señales de control y estado del recloser.

Para evitar algún efecto de inducción o ruido por parte del recloser sobre los circuitos de control y monitoreo de estado se ha diseñado el control de los actuadores con relay y en los controles de estado un circuito que conduce 50mA cuando es presionado alguno de los interruptores destinados a ese fin.

6.3 Voltaje en encendido y apagado del panel de control

Debido a las características de encendido de la pantalla LCD se decidió revisar la forma de onda tanto de encendido como apagado de la circuitería del panel de control.

El tiempo que tarda en levantar la señal de alimentación determina si el display es iniciado internamente. Para el caso del panel de control esto sí aplica, en caso contrario es necesario reiniciar la pantalla por medio de las instrucciones respectivas. Las figuras 6.13 y 6.14 muestran el comportamiento de encendido y apagado de la fuente de alimentación. En el caso de apagado no cumple con los requisitos de operación para reset establecidos, pero se sabe que el circuito al apagarse va a permanecer en ese estado por un tiempo relativamente largo, suficiente para descargar cualquier voltaje en los capacitores de la fuente.

En el microcontrolador también se programó el fusible de temporización de encendido, que mantiene el estado de reset alrededor de 72mS mientras la fuente de alimentación se estabiliza. Esto unido al circuito externo de reset que contiene un capacitor que mantiene el estado del pin MCLR en bajo un tiempo breve después del encendido.

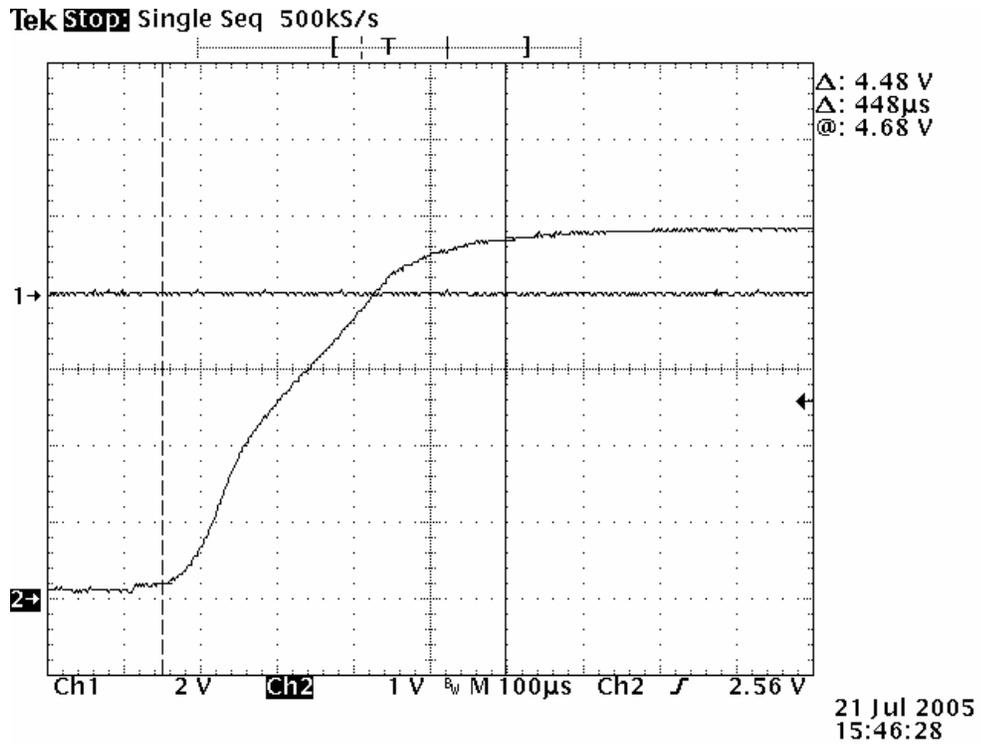


Figura 6.13 Forma de onda de tensión al encender el control

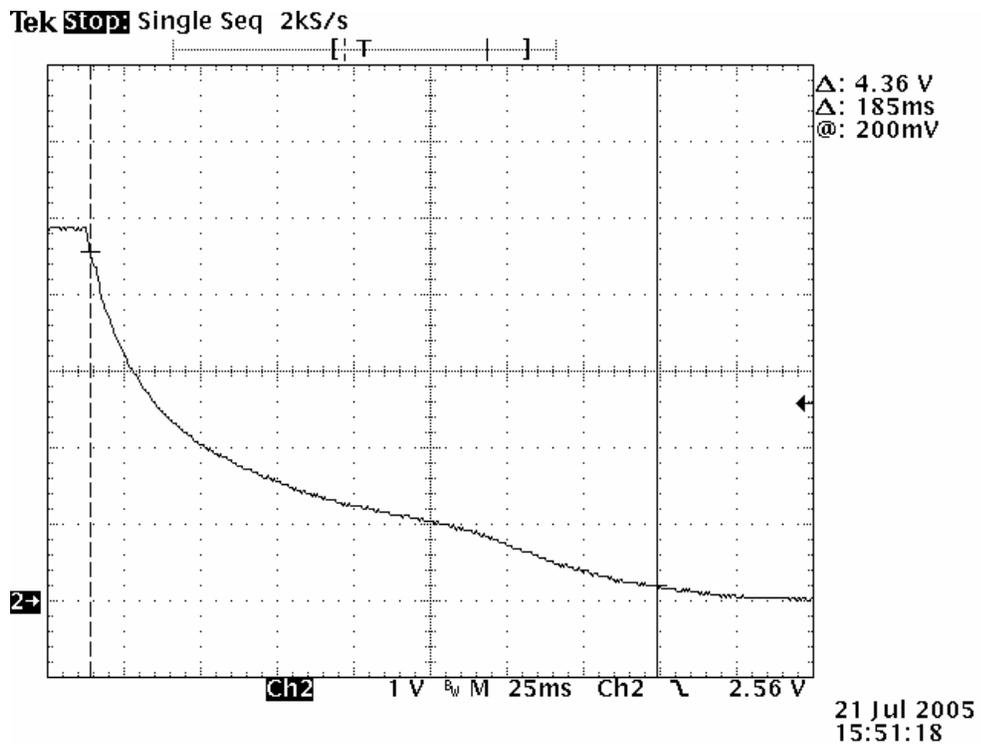


Figura 6.14 Forma del voltaje de alimentación al apagar el control

6.4 Medición en el transformador de corriente para ajuste del circuito de control.

A partir de la medición realizada al transformador de corriente CVMI se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 6.15, los cuales indican la forma de onda y el espectro normalizado a la salida del transformador. La tabla 6.3 muestra los valores de entrada y salida del transformador de corriente durante la medición.

Tabla 6.3 Valores de medición en el transformador de corriente.

Corriente en la entrada (A)	Voltaje de salida (V)
0	0
70	1.166

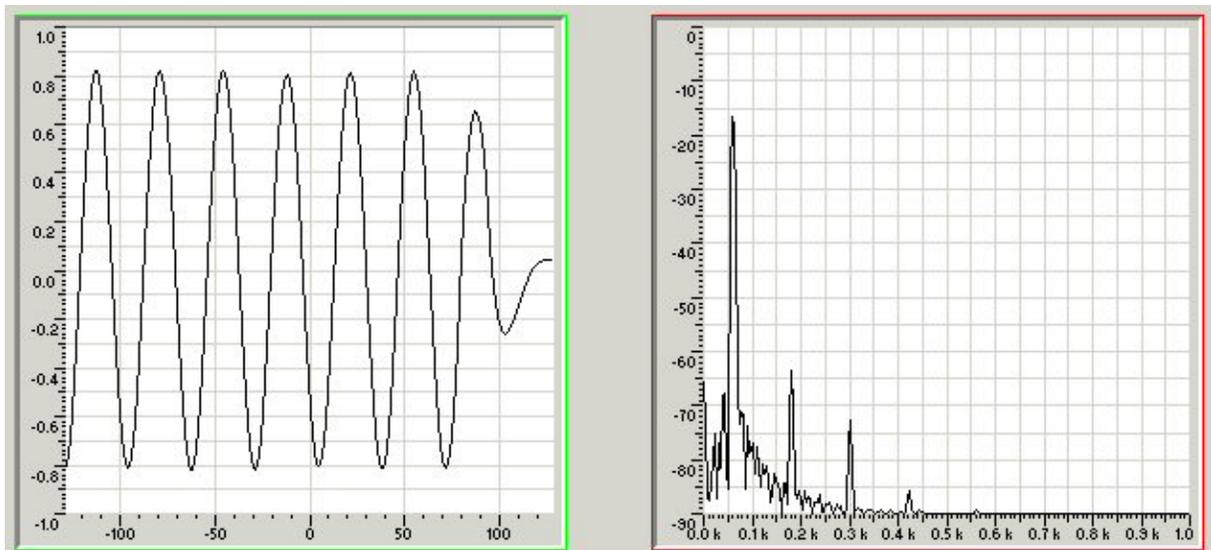


Figura 6.15 Señal de salida y espectro de salida en el transformador de corriente

Esta medición sirvió únicamente para comprobar la relación de transformación indicada en las hojas de datos provistas por el equipo, la cual es 10Vrms para 600Arms.

Medición en los circuitos MAV para verificación de funcionamiento

Los circuitos MAV (Valor medio absoluto) se utilizan para medir el valor rms de una señal alterna periódica, no importa su frecuencia y su forma. El circuito simplemente da un valor CD a la salida con el valor medio de varios ciclos de la onda de entrada.

El funcionamiento de los circuitos MAV es el mismo de un rectificador de onda completa ideal cuando no tiene el capacitor de realimentación en la etapa de salida. Característica que se aprovechó para verificar el funcionamiento del circuito

Las figuras 6.16 y 6.17 muestran la entrada y salida del circuito utilizado en el transformador de corriente, sin el capacitor. Este tiene una ganancia de 2. En el contenido espectral se aprecia la presencia de armónicos pares múltiplos de la frecuencia fundamental debidos a que la onda rectificada ya no es senoide.

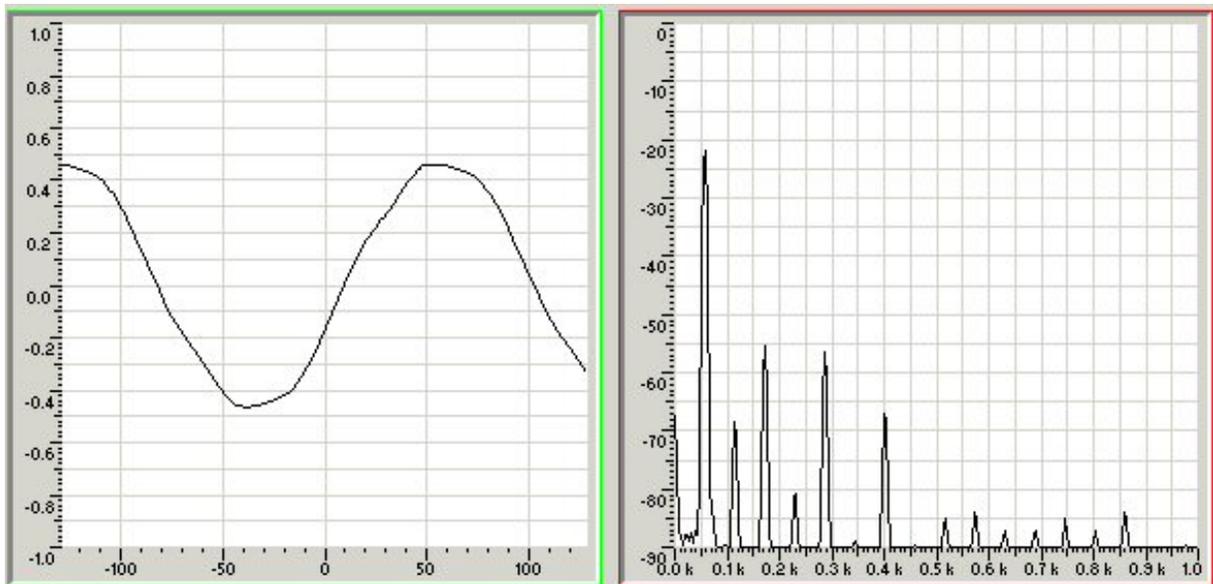


Figura 6.16 Señal de entrada y espectro de entrada al circuito MAV de corriente

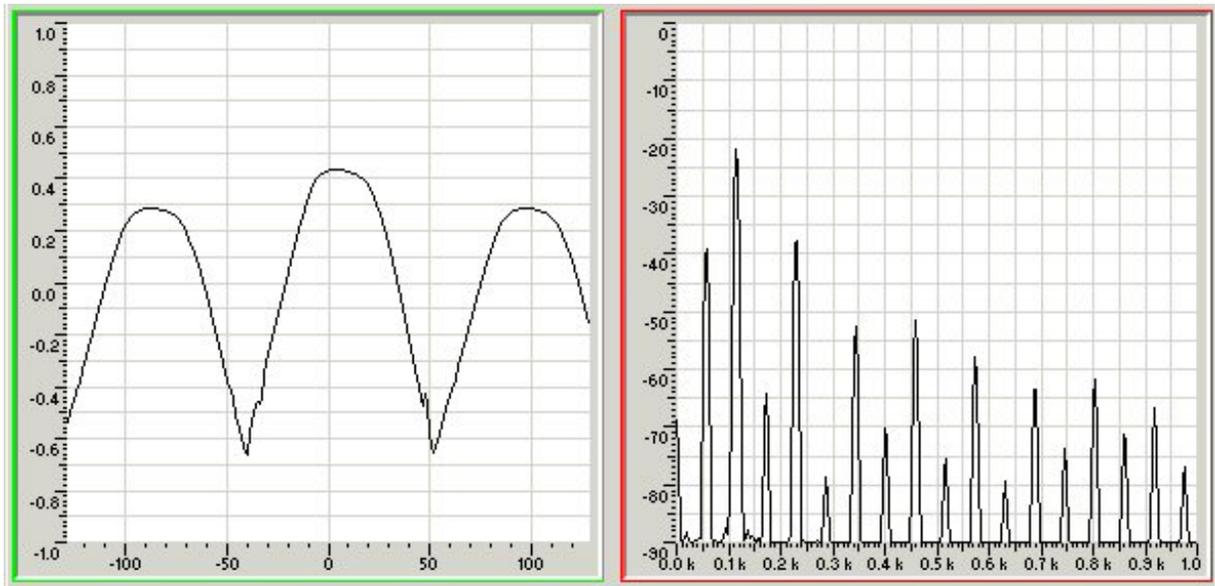


Figura 6.17 Salida y espectro del circuito MAV de corriente sin capacitor

Los resultados del rectificador utilizado para el transformador de potencial se han omitido por ser similares en forma y contenido espectral, la única diferencia es la magnitud, ya que la ganancia es 0.5.

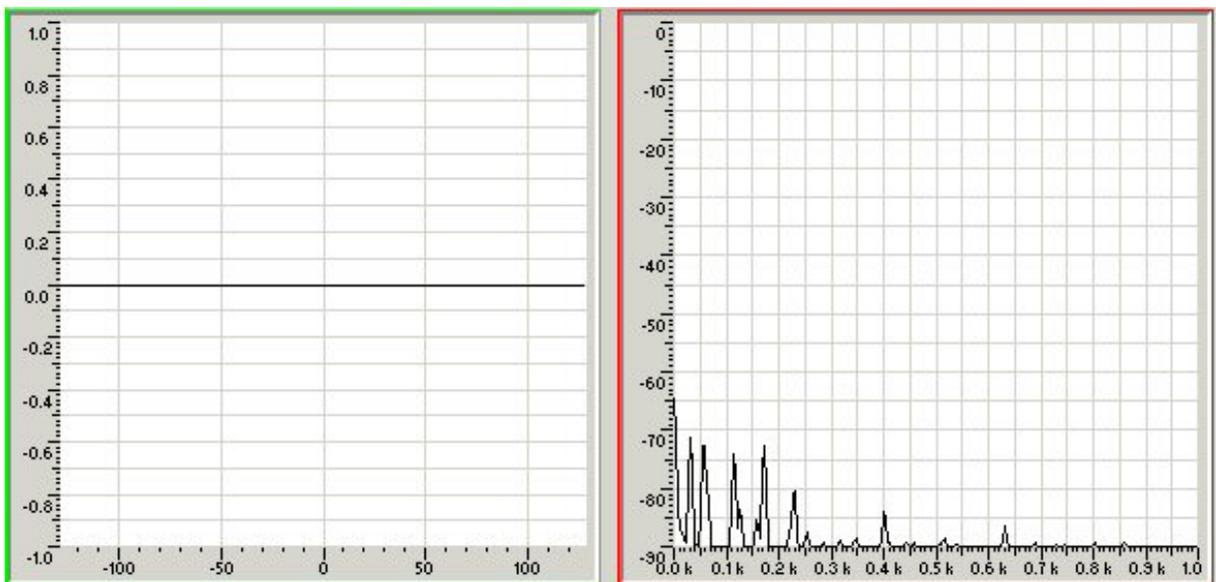


Figura 6.18 Señal de salida y espectro del circuito MAV de corriente con el capacitor

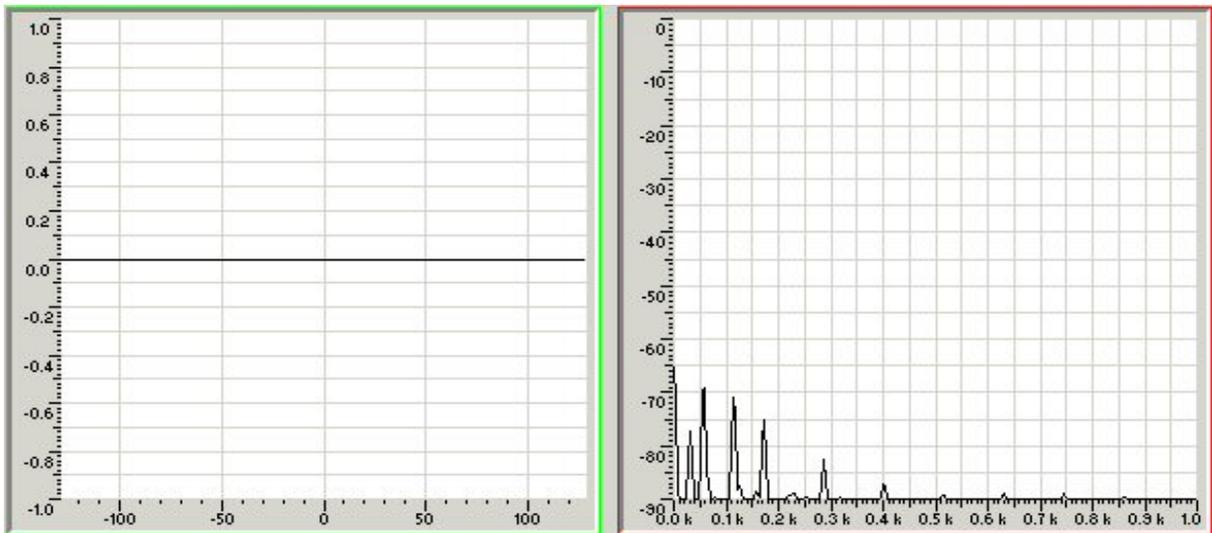


Figura 6.19 Señal de salida y espectro del circuito MAV de potencial con el capacitor

6.5 Constantes correspondientes a factores de escala.

Debido a la tolerancia y valores escalonados que poseen las resistencias, no es posible ajustar un circuito que cumpla con un factor de escala perfecto, lo cual justifica y hace necesario crear constantes a ser utilizadas como factores para corregir la escala e interpretar los valores de medición correctamente.

En la tabla 6.4 se presentan los resultados de medición realizados para determinar el factor de escala en la conversión de valores rms a CD en los circuitos MAV.

Tabla 6.4 Datos para evaluación del factor de escala de los circuitos MAV

Voltaje		Corriente	
Vac	Vsal	Vac	Vsal
10	5.08	2.1	5.06
9	4.57	2	4.8
8	4.08	1.6	4.04
7	3.57	1.2	3.19
6	3.1	0.9	2.58
5	2.59	0.8	2.29
4	2.07	0.7	2.12
3	1.59	0.6	1.85
2	1.08	0.4	1.44
1	0.56	0.3	1.157
0.5	0.34	0.2	0.88
		0.1	0.49

Para facilitar la obtención de los factores de escala se utilizó MS. Excel, por medio del cual se facilita el cálculo del factor de escala, además de brindar un coeficiente de correlación que indica la confiabilidad del cálculo. La figura 6.20 muestra las el resultado de las mediciones realizadas con el ADC y el circuito MAV de potencial y la figura 6.21 la de corriente.

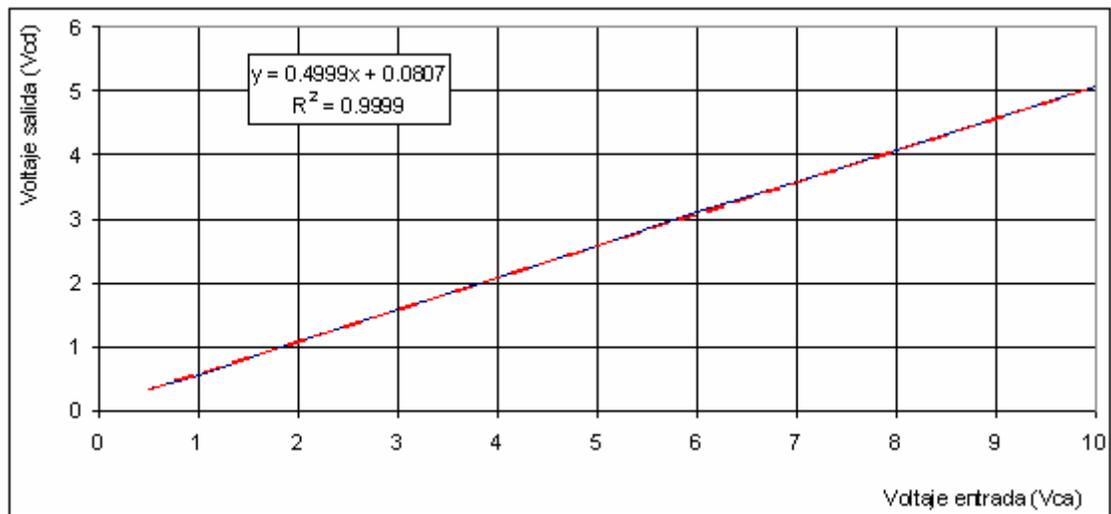


Figura 6.20 Curva de mejor ajuste circuito MAV de voltaje

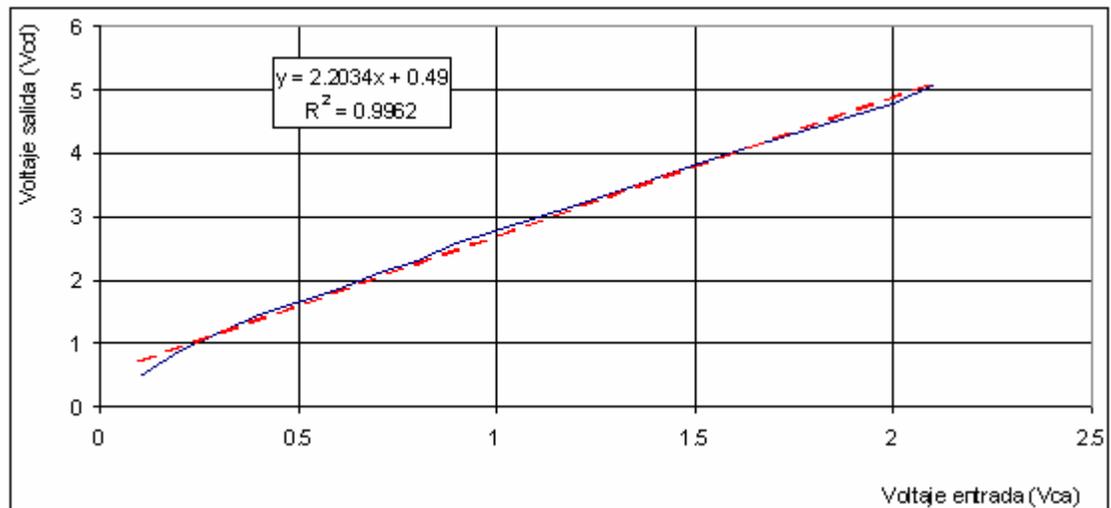


Figura 6.21 Curva de mejor ajuste circuito MAV de corriente

Estos valores únicamente se utilizaron para caracterizar los circuitos MAV, y son tomados en cuenta para la implementación final del circuito como un factor de escala. Para la evaluación del factor de escala definitivo se tomó en cuenta el valor de tensión rms de entrada y la lectura directa del ADC (sin procesar), resultados que se muestran en la tabla 6.5.

De esta forma el valor de la lectura se maneja a nivel interno sin modificaciones y se utiliza el factor de escala únicamente para mostrar los valores al usuario en el momento que este lo solicite. Siendo este un factor que toma en cuenta las características del circuito MAV y las variaciones de lectura del ADC debidas al valor Vcc al momento de realizar la toma de datos con el circuito completo. Hay que recordar que los reguladores de tensión integrados poseen un valor de tolerancia y varían su salida según la carga que esté conectada a ellos. Para el circuito del panel de control completo este valor es de 5.1V.

Tabla 6.5 Datos para evaluación de factor de escala ADC

Voltaje			Corriente		
Vac entrada	Lectura ADC	Voltaje trafo	Vac entrada	Lectura ADC	Corriente trafo
10	925	165	2.2	1000	132
9	825	150	1.8	815	108
8	730	135	1.3	645	78
7	620	120	0.6	335	36
6	525	90	0.2	127	12
5	420	75	0.1	86	6
4	328	60	0	11	0
3	258	45			
2	130	30			
1	34	15			
0	0	0			

Las figuras 6.22 y 6.23 muestran los resultados para la determinación del factor de escala de las mediciones analógicas de tensión y corriente. La escala de corriente está modificada con el factor de conversión del transformador de corriente que es: $1A_{rms} \rightarrow 16.66mV_{rms}$.

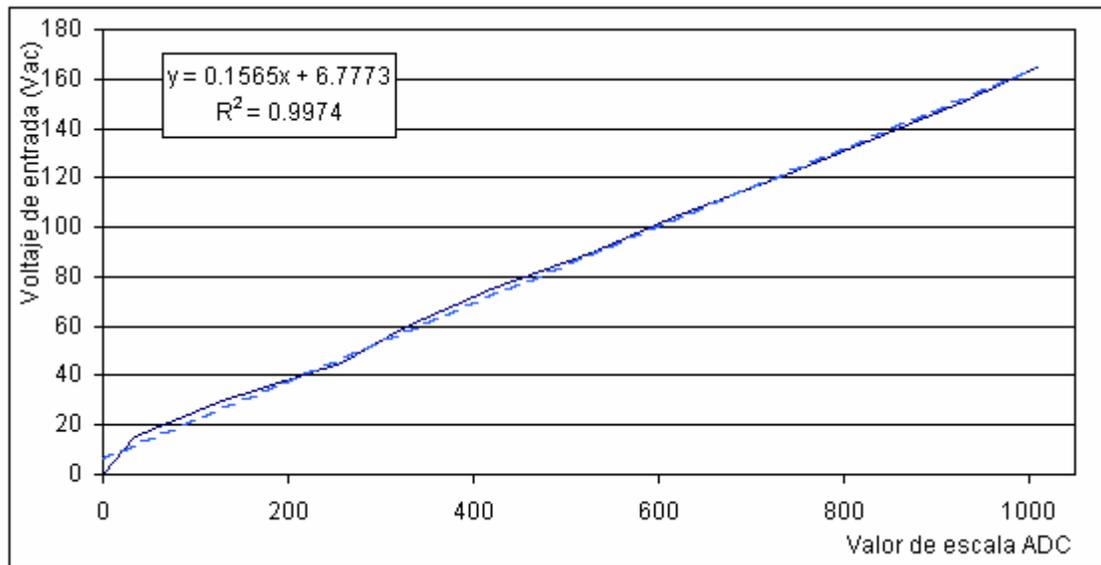


Figura 6.22 Factor de escala del ADC para la conversión de datos de voltaje

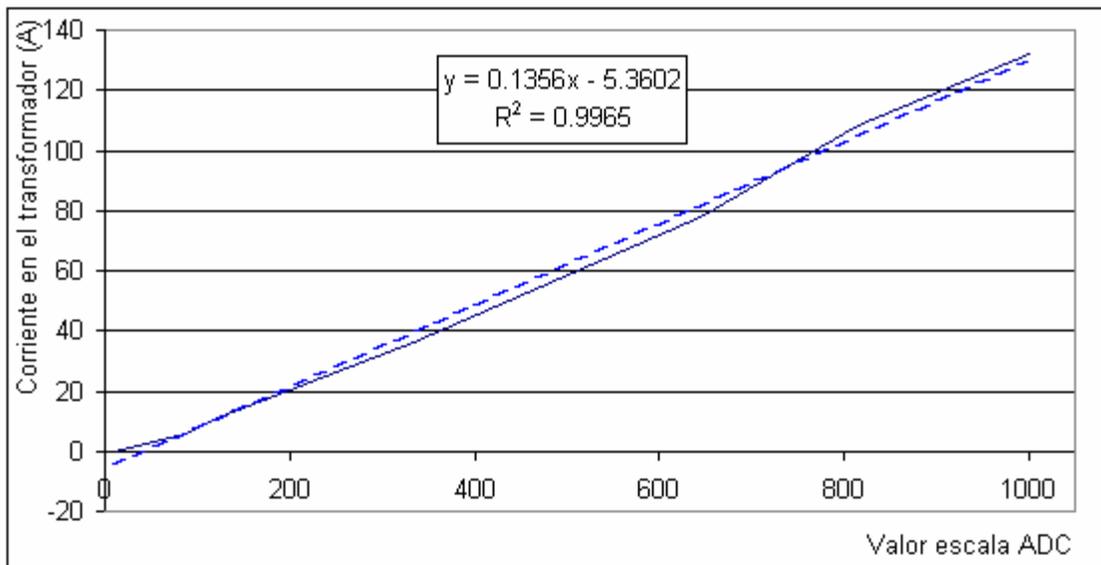


Figura 6.23 Factor de escala del ADC para la conversión de datos de corriente

Estos factores de escala al multiplicarse por el valor del ADC brindan el valor rms de corriente o voltaje existente en la línea de media tensión.

6.6 Motoreductor y bobina de apertura

Los valores medidos en la tabla 6.6 indican que todos los recloser tipo E necesitan de un torque ligeramente menor a los 15Nm aplicado en el eje de la manija realizar el cierre.

Tabla 6.6 Mediciones de torque para cierre

Recloser	Medición torquímetro	Torque (Nm)
E	10 Pie Lb	13.56
EF2	1.45 kg m	14.22
E	1.48 kg m	14.51
E	1.47 kg m	14.42
E	1.49 kg m	14.61
E	1.47 kg m	14.42

Tabla 6.7 Características del motoreductor con la modificación realizada

Parámetro	Especificación
Torque original	5Nm
Torque final	17Nm
Voltaje de alimentación	120Vac
Corriente sin carga	0.3Aac
Corriente con carga	0.9Aac

El motoreductor original no fue capaz de cerrar el recloser, la modificación agregada permite realizar el cierre de una forma más suave y sin causar la sobrecarga del motor. Esto también reduce la corriente necesaria para dicha operación

Tabla 6.8 Mediciones realizadas a la bobina de apertura

Parámetro	Especificación
Resistencia en CD	14.4Ω
Voltaje de operación	120Vac

Esta bobina viene acompañada de un circuito de desconexión que es explicado en detalle en la sección 5.2.8. Utilizando esta estructura se logra encender la bobina únicamente mientras el recloser mueve la manija del estado cerrado al estado lockout, aunque el control mantenga la señal de apertura un tiempo más.

6.7 Protocolo DNP

La implementación de este protocolo se ha realizado en forma teórica en base a la información recopilada. Primeramente se implementó el código para los algoritmos de comunicación DNP en el panel de control y se ejecutó las tramas a solicitud con el teclado principalmente para verificar el funcionamiento del CRC.

En la interface de usuario en Windows se prepararon dos espacios de texto con un temporizador para mostrar los resultados tanto de las tramas enviadas como recibidas en DNP. La figura 6.24 muestra el aspecto de estos espacios. En la versión final del programa de operador estos controles existen y se encuentran activos pero no son visibles.



Figura 6.24 Espacios para visualizar los datos de tramas DNP

Estos resultados permitieron revisar el funcionamiento teórico de la comunicación entre el programa propietario y el panel de control. El temporizador mantiene los espacios mostrados en la figura 6.24 actualizados con los datos existentes en los buffer asignados para recibir y enviar DNP. Los datos mostrados

en la parte superior de cada trama corresponden a la respuesta y los otros a la solicitud.

Esta comunicación no ha sido verificada con programas que hablen DNP, ya que las aplicaciones que lo contienen son tipo SCADA. La adquisición del SCADA por parte de Coopesantos aún está lejos, ya que se están evaluando distintas ofertas.

6.8 Panel de control

La elaboración del programa de control ha pasado por muchas modificaciones, iniciando por la reprogramación de los algoritmos de lectura e interpretación del teclado. Temporización del cierre del recloser y la realización de un promedio de 20 lecturas para estabilizar el valor de corriente y tensión proveniente de los transformadores.

El manejo del LCD se realizó en forma independiente al programa principal, así los datos y mensajes son calculados y mostrados según una llamada al subprograma, indicando la información solicitada con un parámetro. En el uso del LCD se ha optimizado el tiempo de programa, agregando un segmento de código que discrimina y no muestra los mensajes en caso de darse el mismo en forma consecutiva.

Esta característica fue necesaria para reducir el tiempo de ejecución total del programa principal. Ya que este consiste en un ciclo infinito manejado por dos variables de control.

También fue necesario reducir el nivel de profundidad de pila necesario por las interrupciones, ya que los procedimientos de lectura de teclado y temporizador junto al programa principal llegaban a 8, nivel máximo de profundidad en los microcontroladores PIC. Para esto se reordenó el código del procedimiento de lectura de teclado dejándolo en 7. La figura 6.25 muestra los resultados de la última compilación para el panel de control.

```
CCS PCW C Compiler, Version 2.731, 10289

      Filename: C:\CL\PgmPic\pic01.LST

      ROM used: 5755 (70%)
                Largest free fragment is 2048
RAM used: 112 (31%) at main() level
                127 (35%) worst case
      Stack:    7 worst case (5 in main + 2 for interrupts)
```

Figura 6.25 Información del compilador para la última modificación del panel de control

El acabado del prototipo, alambrado en wire wrap se puede apreciar en el apéndice 6.

6.9 Programa Propietario

Realizado para tener acceso remoto al control y monitoreo del panel de control. Este software se limita a enviar y recibir las tramas definidas en DNP por uno de los puertos seriales de la PC, mostrar y almacenar los datos en disco, todo esto a solicitud del operador.

El programa guarda dos archivos de texto con la información correspondiente a cada recloser, uno con la información de configuración y otro con un historial de eventos y comunicaciones que se hayan realizado al equipo. La tabla 6.9 detalla un ejemplo de la información de configuración respectiva a cada recloser.

Tabla 6.9 Datos del archivo de configuración

Dato	Especificación
1	Dirección del master
789	Dirección del control
Algún lugar	Ubicación geográfica del control
5	Cantidad de reintentos
500	Tiempo de espera entre reintentos [ms]
3	Velocidad de comunicación, indica la posición de selección, no los baudios

El programa toma el nombre escrito en el dialogo de aplicación para crear el archivo de configuración, el cual se guarda con la extensión *.cre, (**C**ontrol de **R**ecloser **E**) y toma de la configuración el texto escrito en “ubicación” para crear el archivo de historial y le agrega la extensión *.log. en este archivo los mensajes se encuentran separados por tabulaciones, con el fin posibilitar la importación de los datos desde programas como MS. Excel. La figura 6.26 presenta una muestra del archivo de historial tal y como se muestra en la pantalla del programa propietario.

21/10/2005 01:50:04 p.m. Link, Ok
21/10/2005 01:50:08 p.m. Estado, Cerrado i1: Problemas en eje
21/10/2005 01:50:10 p.m. V 14400 i1: Problemas en eje
21/10/2005 01:50:11 p.m. I 2.050 i1: Problemas en eje
21/10/2005 01:50:23 p.m. Comando, Cerrado i1: Problemas en eje

Figura 6.26 Datos en el archivo de historial

El aspecto del programa propietario se puede observar en detalle en el apéndice 2 donde se detallan los manuales de usuario.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Los circuitos MAV son una buena opción para la medición de señales alternas en circuitos con microcontroladores.
- La utilización de un puerto serial brinda muchas posibilidades de conectividad al control.
- El uso de relay y optoacopladores reduce el riesgo de dañar el microcontrolador en caso de fallos o desperfectos en los dispositivos externos al control.
- Los microcontroladores tipo PIC son apropiados para el diseño de RTU con una cantidad limitada de funciones.
- El uso del protocolo DNP permite al control avisar a la central cuando ha ocurrido una operación de lockout en el recloser.
- Mostrar el historial del recloser al momento de su operación en el programa propietario, permite al operador tener una idea rápida del comportamiento en ese recloser.
- El recloser por si solo, al momento de realizarse una operación de cierre, mueve el motoreductor, dejándolo en posición para realizar un nuevo cierre.
- El uso de una corriente conocida en el sensado de estado del recloser hace más robusto el sistema frente a interferencias externas.
- El contenido armónico generado en una apertura o recierre no afecta las señales de control y monitoreo debido a la protección que brinda el tanque que contiene al recloser.

7.2 Recomendaciones

- En la circuitería de control y/o monitoreo utilizado en equipo de distribución, la tierra del circuito debe ser la misma del equipo.
- Al momento de realizar el radioenlace es necesario ajustar la altura de la antena hasta conseguir una mejor recepción.
- Cuando se realice un poleo al panel de control hay que tomar en cuenta el tiempo entre solicitudes, ya que el proceso de decodificación y construcción de las tramas en el microcontrolador tarda cierto tiempo.

Bibliografía

1. Banta PreMedia Services. Circuit Protection Databook - Radial-leaded Metal Oxide Varistor. Tyco Electronics. 2004.
2. Catalogo, Jameco Electronics, Volumen 244. Noviembre 2004.
3. Communications Point Data Base. Kyle Form 5 Microprocessor-based electronic recloser control. Cooper Power Systems. Febrero 2002. USA.
4. Coughlin. Robert F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. 5 ed. Ed Prentice Hall. Mexico. 1999.
5. Fairchild Semiconductor Corporation. General purpose phototransistor optocouplers. 2005. Hoja de datos.
6. Generalidades. Envolventes NEMA. Documento en formato pdf.
7. Metal Oxide Varistor (MOV), selection guide. NTE Electronics Inc.
8. Richey, Rodger. PIC16F87X Data Sheet - 28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers. Microchip Corporate Literature Center. Estados Unidos. 1999.
9. Programming Guide. Kyle Form 5 Microprocessor-based electronic recloser control. Cooper Power Systems. Enero 2003. USA
10. Reconectadores. Instrucciones de instalación y funcionamiento de los controles de reconectadotes por microprocesador Forma 6.
11. Reclosers, Single phase installation and operation instructions. Cooper Power Systems. Estados Unidos. Octubre 1991.
12. Reclosers, Type E maintenance instructions. Service information S280-25-5. Cooper Power Systems. Estados Unidos. Junio 1984.
13. Rojas, Victorino. Diseño en ingeniería. ITCR. Setiembre. 2004.
14. Strembler, F.G. Introducción a los sistemas de comunicación. 3 ed. Ed Pearson.
15. <http://www.coopesantos.coop/informacion.html>. Enero 2005.
Esta dirección corresponde a la página de información de Coopesantos R.L.
16. <http://www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/1.asp>. Agosto 2004.

Este artículo trata sobre la tecnología de Internet sobre red eléctrica (PLC).

17. http://es.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication. Agosto 2004.
Explica los tipos de comunicación PLC.
18. http://usuarios.lycos.es/urde_estella/URE/index/PLC. Agosto 2004
Una visión global sobre la tecnología PLC
19. <http://www.control.com/1026202894/index.html>. Febrero 2005.
Aspectos generales sobre DNP3.0.
20. http://www.dnp.org/files/dnp3_primer.pdf. 27-04-05.
Aspectos generales de DNP.
21. <http://www.opusss.com/dnp.htm>. 21-04-05
Solución DNP para LAN, WAN.
22. <http://campus-llamaquique.uniovi.es/virtual/docencia/teleco/1.paraíso/dft/dft.htm>. Abril 2005
Transformada de Fourier Discreta.
23. http://www.geocities.com/r_azor/comple/bigman/bigman.htm.
Aplicación de la Transformada Discreta de Fourier. Mayo 2005.
24. <http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/telematica/servidor/apuntes/tema6/tema06.htm>.
20-04-05. Apuntes Telemática. Tema 6.
25. http://www.aquatext.com/tables/ip_ratings.htm.
Contiene información sobre los índices IP
26. <http://www.cksholdings.com/ratings.htm>.
Compara los índices IP con los índices NEMA.
27. <http://devarchive.com/f1458.html>
Componente para comunicación serial en delphi 6.
28. <http://www.lantronix.com/device-networking/external-device-servers/uds10-iap.html>.
Convertidor serial-Ethernet
29. <http://www.routerboard.com/>, <http://www.mikrotik.com/>
Proveedores de Equipo, Router inalámbricos
30. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/rectifiers.html#c1>
Rectificadores de onda completa

Apéndices

Apéndice 1 Glosario, abreviaturas y simbología

Recloser: También llamado Reconectador. Dispositivo electromecánico utilizado en sistemas de distribución eléctrica como elemento de protección, el cual desconecta el paso de energía cuando la corriente que circula por éste sobrepasa un nivel preestablecido.

CAS: Circuito Acondicionador de Señales, término aplicado para la circuitería encargada de modificar los parámetros de alguna señal de tal modo que sea compatible a otra etapa de un sistema.

RTU: Remote Terminal Unit. (Unidad terminal remota).

Tecnología PLC: Power Line Communication: Utilizada en España para servicios de banda ancha, como Internet y telefonía IP entre otros. Utiliza la red de distribución eléctrica como medio de transmisión. Utiliza un rango de frecuencias de 1.6 a 30MHz. Se ha descartado en países como Japón debido a interferencia con los canales de radiofrecuencia presentes en las mismas frecuencias.

Software Propietario: Programa que se incluye como aplicación principal de acceso en la conectividad con un equipo específico.

MAV: Circuito analógico que brinda el valor medio en CD, a partir de una señal alterna periódica.

Radiocontrol: Acceso y establecimiento de parámetros a un dispositivo lejano utilizando ondas de radio. En este caso sirva para monitorear y controlar el recloser.

Menú Pull Down: Menú de comportamiento similar a los utilizados en las barras de menú de aplicaciones en Windows, salvo que únicamente se ve el ítem seleccionado.

Nibble: Palabra o dato de 4 bit, se utiliza cuando el bus de datos no alcanza para colocar bytes completos o para reducir el ancho de este.

Apéndice 2 Manual(es) de usuario

Apéndice 2.1 Manual de usuario operador

A2.1.1. Programa Propietario

A2.1.1.1 Objetivo

Permitir el acceso remoto al control desarrollado para el manejo de los recloser tipo E.

A2.1.1.2 Pantalla Principal.

Contiene todas las funciones necesarias para el acceso, envío y solicitud de datos al control del recloser.

Contiene una barra de herramientas, una barra de menú, dos paneles de configuración de equipo, uno de operación, otro de acceso a todas las funciones, una ventana de texto con el historial de operaciones y otra con un reporte de operación para imprimir. La figura A2.1.1.1 muestra el aspecto de la ventana.

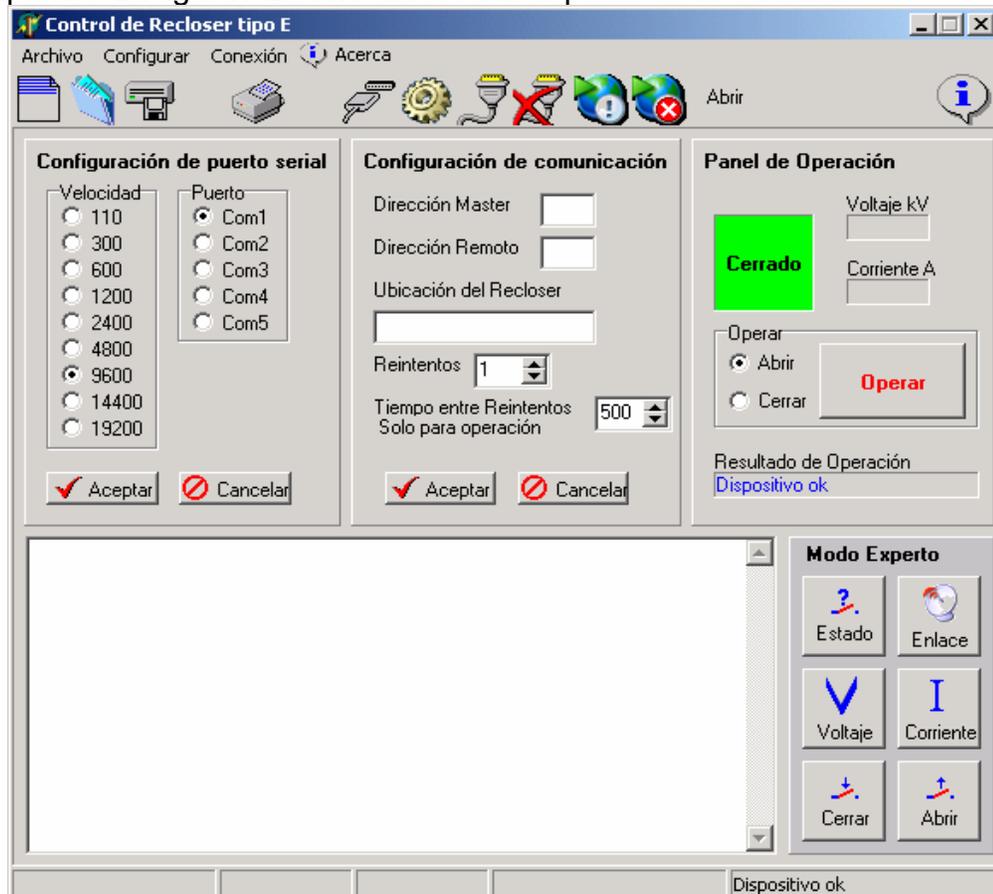


Figura A2.1.1.1 Ventana principal del programa propietario.

A2.1.1.3 Barra de Menú

A2.1.1.3.1 Archivo

Contiene las opciones necesarias para la creación y archivado de configuraciones de recloser. La figura A2.1.1.2 muestra las opciones de este menú.



Figura A2.1.1.2 Menú de archivo



La opción nuevo guarda los datos que se encuentran activos y limpia las todas las casillas, dejándolas listas para introducir una nueva configuración.



La opción abrir guarda la configuración activa y actualiza los datos en pantalla con la configuración seleccionada en el diálogo Abrir Archivo. . Si el historial no existe se solicita al usuario si desea crear el archivo respectivo para este.

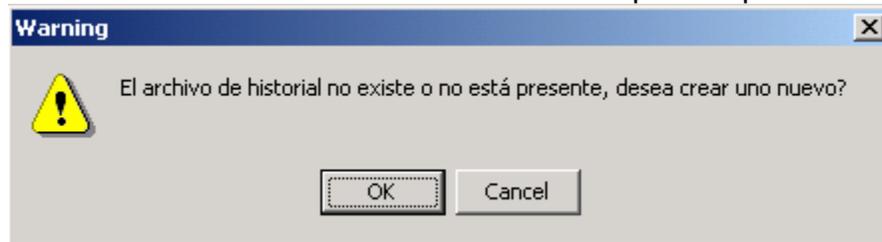


Figura 1.3 Solicitud para crear nuevo archivo de historial



La opción Guardar ejecuta un diálogo donde el usuario selecciona o escribe el nombre de la configuración a guardar. Una vez aceptado el diálogo se guarda la configuración, incluyendo el historial de actividad del recloser.



La opción Generar Reporte genera un reporte para imprimir con la descripción del recloser y el historial de actividades del mismo. La ventana principal cambia de tamaño al activar esta función.

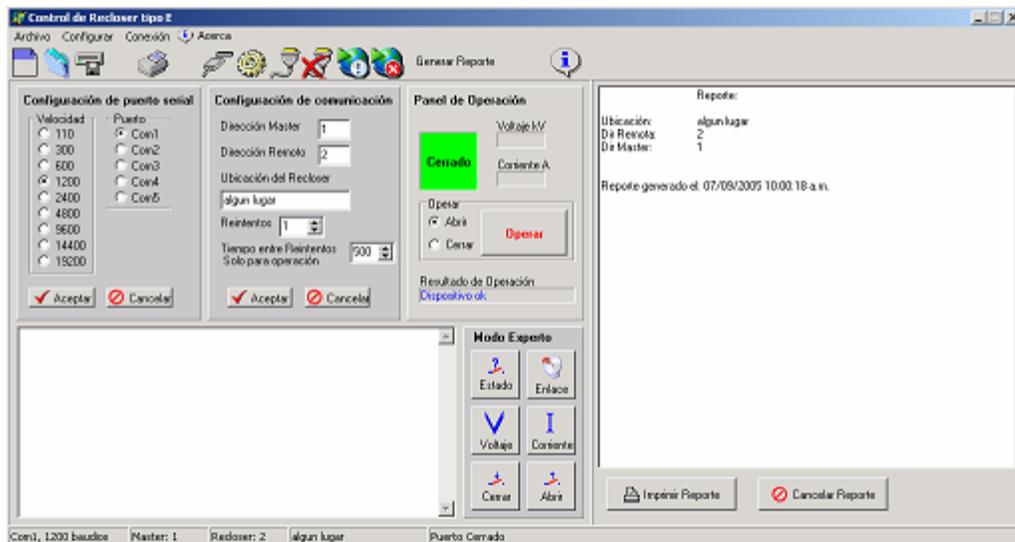


Figura A2.1.1.4 Programa principal con opción de reporte

A2.1.1.3.2 Configurar

Contiene los controles necesarios para configurar el puerto de comunicación y los parámetros de comunicación respectivos al recloser.



Figura A2.1.1.5 Menú de Configuración



La opción Puerto habilita el panel de configuración de puerto, dejándolo listo para su modificación.



La opción Direcciones habilita el panel de configuración de comunicación, para la modificación de los datos del recloser.

La opción Modo Experto cambia la habilitación del panel de modo experto para su utilización.

A2.1.1.3.3 Conexión

Contiene los controles para manipular el acceso al dispositivo remoto de control.



Figura A2.1.1.6 Menú de Conexión



La opción Conectar habilita el puerto serial y envía una solicitud de enlace al control remoto.



La opción Desconectar deshabilita el puerto serial, bloqueando todo acceso hacia y desde el control remoto.



Las opciones de Monitoreo habilitan o deshabilitan el monitoreo de los valores de corriente, voltaje y el estado del recloser.

A2.1.1.3.4 Acerca



Este muestra una ventana emergente con información del personal involucrado en el desarrollo del proyecto



Figura A2.1.1.7 Acceso a la ventana de Acerca de...

A2.1.1.4 Configuración de puerto serial

Este se compone de dos listas con las opciones disponibles para la configuración del puerto serie a utilizar en la comunicación y los controles para aceptar o rechazar la configuración seleccionada. Se puede escoger la velocidad de transferencia de datos y el puerto a utilizar para la conexión. La figura muestra la configuración típica.



Figura A2.1.1.8 Panel de configuración del puerto serie

A2.1.1.5 Configuración de Comunicación

Desde aquí se puede establecer la dirección electrónica del equipo que va a operar como master (la computadora que ejecuta el programa propietario), la dirección electrónica del recloser, la ubicación geográfica o lugar donde se encuentra ubicado físicamente el equipo y la cantidad de intentos de conexión y el tiempo de espera entre cada uno de estos.

Nota: Los controles para recloser E responden únicamente al master 1.



Figura A2.1.1.9 Panel de configuración de Comunicación.

A2.1.1.6 Operación del Recloser

Este panel contiene información con el último estado conocido del recloser obtenido de la comunicación y el control para abrirlo o cerrarlo, según sea el caso.



Figura A2.1.1.10 Panel de operación del recloser.

A2.1.1.7 Barra de Estado

Muestra el estado del puerto de comunicación serial utilizado así como los parámetros asociados a este y el último estado conocido de la comunicación con el recloser.



Figura A2.1.1.11 Barra de Estado

Las casillas muestran el puerto seleccionado y la velocidad de conexión, la dirección del master o sea el programa propietario, la dirección del recloser, la ubicación del recloser y el estado de la comunicación y/o el recloser.

A2.1.1.8 Historial

Consiste en un cuadro de texto de solo lectura en el cual se almacenan los datos más relevantes de la operación del recloser:

En el modo de operación normal se guarda el estado del recloser Abierto/Cerrado, el resultado del primer dato de indicadores, que indica si hay algún problema en la manija del recloser o los sensores instalados. Datos que vienen de las alarmas, y las respuestas a comandos de operación y estado y resultado de solicitud de enlace.

En el modo experto se guarda toda respuesta que venga del control del recloser, inclusive los valores de voltaje y corriente.

A2.1.1.9 Modo Experto

Este panel se activa únicamente en el menú de configuración y habilita la utilización de todas las opciones de comunicación con el recloser. Aún cuando el puerto de comunicación no esté configurado. Por lo que es responsabilidad del usuario configurar todos los parámetros de comunicación antes de seleccionar este modo.

Todas las respuestas que se den por parte del recloser en este modo quedan apuntadas en el historial.

A2.1.1.10 Ventana de Reporte

Esta ventana muestra el mismo contenido del historial, y agrega un encabezado con los datos referentes a la descripción y direcciones de comunicación del recloser y un pie de página con la hora del reporte

La opción de imprimir o cancelar el reporte se presenta en la parte de debajo de la ventana.

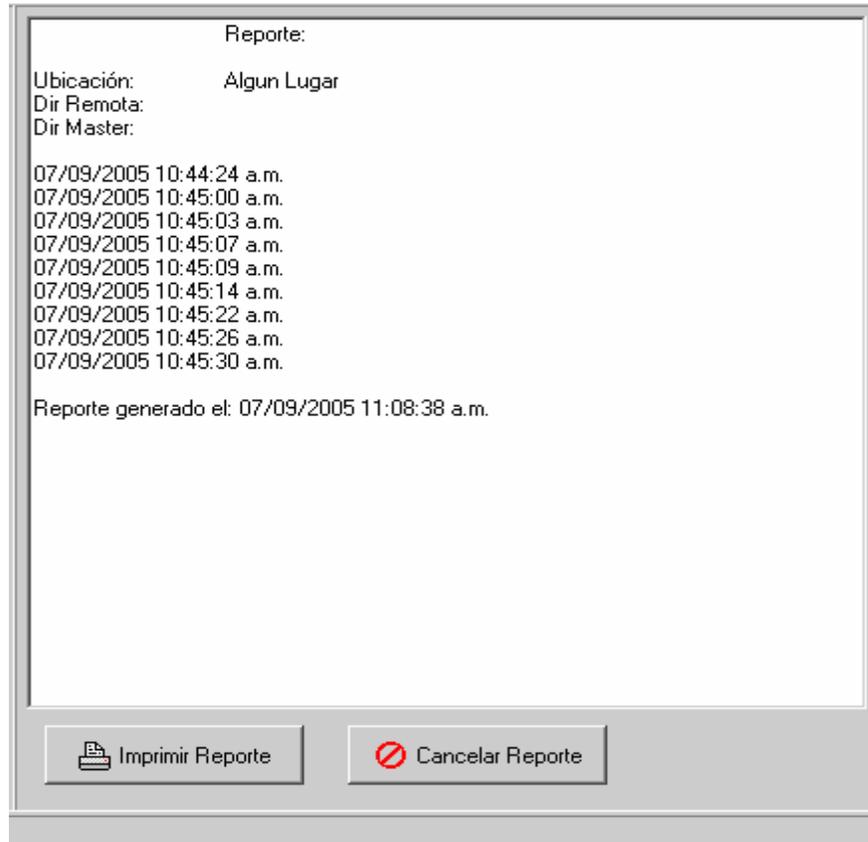


Figura A2.1.1.12 Ventana de Reporte.

A2.1.1.11 Secuencia para el establecimiento de la comunicación

Con el objetivo de facilitar el cambio de parámetros de la configuración de cada recloser no se automatizó el establecimiento de los parámetros al momento de cargar dicha configuración. A continuación se muestran los pasos en secuencia necesarios para establecer la comunicación con el recloser.

Abrir el archivo de configuración  o crear una configuración nueva .

Revisar la configuración del puerto serial y aceptarla.

Revisar los datos del recloser y aceptar los datos.

Presionar el botón de establecer conexión .

Una vez ejecutados estos pasos el programa envía una solicitud de enlace al recloser, si esta es aceptada se agregará la notificación respectiva al historial.

A2.1.2 Panel de Control.

A2.1.2.1 Objetivo

Permitir el establecimiento de parámetros, controlar y monitorear el estado del recloser en sitio.

A2.1.2.2 Conformación del panel de control

Está compuesto por un teclado de 16 botones y una pantalla LCD de dos líneas de 16 caracteres cada una.

Cada botón del teclado tiene una función asignada a excepción de la tecla **2nd**, que no está asignada.



Figura A2.1.2.1 Aspecto de los componentes del panel de control

A2.1.2.3 Asignación de las teclas de función

Después de un reinicio el sistema muestra una pantalla con la descripción del tipo de control.

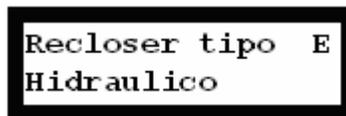


Figura A2.1.2.2 Mensaje después de reinicio.

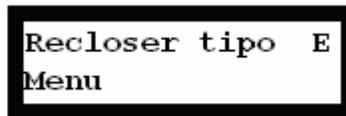


Figura A2.1.2.3 Mensaje de menú principal

A2.1.2.3.1 Tecla 1: Estado

Al presionar este botón se accede directamente a la pantalla que muestra el estado del recloser, la cual indica si está lockout, cerrado o hay problemas en los sensores respectivos.

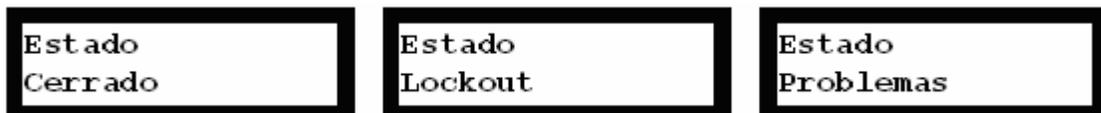


Figura A2.1.2.4 Mensajes de estado

A2.1.2.3.2 Tecla 2: Voltaje

Muestra el voltaje de la línea de media tensión en voltios.



```
Voltaje  V
00000
```

Figura A2.1.2.5 Mensaje de voltaje

A2.1.2.3.3 Tecla 3: Corriente

Muestra la corriente que pasa a través del recloser en Amperios

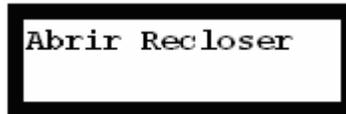


```
Corriente A
00000
```

Figura A2.1.2.6 Mensaje de corriente

A2.1.2.3.4 Tecla 4: Abrir Recloser

Pregunta si se desea abrir el recloser, este mensaje se muestra aunque el recloser se encuentre en estado lockout, cuando esto ocurre no ejecuta ninguna acción.

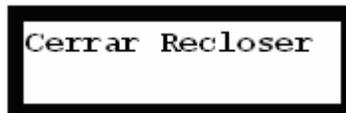


```
Abrir Recloser
```

Figura A2.1.2.7 Mensaje para abrir recloser

A2.1.2.3.5 Tecla 5: Cerrar Recloser

Pregunta si desea cerrar el recloser, este mensaje se muestra aunque el recloser se encuentre en cerrado, cuando esto ocurre no ejecuta ninguna acción.



```
Cerrar Recloser
```

Figura A2.1.2.8 Mensaje para cerrar recloser

A2.1.2.3.6 Tecla 6: Cambiar ID

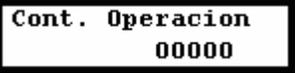
Muestra la dirección actual del recloser. Si se presiona la tecla enter el sistema espera un dígito para establecer la nueva dirección. Por ejemplo si la dirección es 5 es necesario escribir el dígito 005 desde el teclado y presionar enter al final. Una vez aceptada la dirección esta se muestra nuevamente para confirmar el dato.

A2.1.2.3.7 Tecla 7 y Tecla 8 Habilitación del Radiocontrol

Permiten o deniegan el acceso a la manipulación del recloser por medio de radiocontrol, en este caso DNP.

A2.1.2.3.9 Tecla 9: Mostrar contador de operaciones

Muestra en pantalla la cantidad de operaciones registrada en el contador de operaciones programado internamente



Cont. Operacion
00000

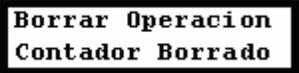
Figura A2.1.2.12 Mensaje de contador de operaciones

A2.1.2.3.10 Tecla 0: Borrar contador de operaciones

Pregunta si desea reiniciar el contador de operaciones. Si es aceptado elimina los datos del contador de operaciones de la memoria EEPROM.



Borrar Operacion
Enter: Borrar



Borrar Operacion
Contador Borrado

Figura A2.1.2.13 Mensajes para borrar el contador de operaciones

A2.1.2.3.11 Tecla 2nd: Clear: reiniciar menú

Reinician el menú a la presentación inicial. Siempre que no se encuentre esperando la confirmación de algún comando.

A2.1.2.3.12 Tecla Flecha Arriba: Retroceder en el menú

Retrocede una posición en el menú, cuando el menú llega a la presentación inicial se posiciona nuevamente en la última posición del menú.

A2.1.2.3.13 Tecla Flecha Abajo: Avanzar en el menú

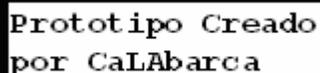
Avanza una posición en el menú, cuando llega al final de la lista, se devuelve a la posición inicial para comenzar de nuevo el desplazamiento.

A2.1.2.3.14 Tecla Enter: Ejecutar el menú seleccionado

Para los casos que lo requieren, esta tecla sirve para aceptar la orden que se muestra en pantalla.

A2.1.2.3.15 Tecla Help: Muestra información del autor

Muestra los créditos del sistema, aunque sea por un corto tiempo.



Prototipo Creado
por CaLAbarca

Figura A2.1.2.14 Créditos del sistema

Apéndice 2.2 Manual de instalación y mantenimiento

A2.2.1. Programa Propietario

A2.2.1.1 Objetivo

Guiar al personal en la instalación del programa propietario y acceso a archivos de configuración.

A2.2.1.2 Requerimientos del sistema

- Sistema operativo: MS Windows 2000, XP.
- Tamaño en disco: 800kB, sin archivos de configuración.
- Memoria Ram: 8MB libres.
- Puerto serial RS232.

A2.2.1.3 Ubicación del programa en disco.

Este programa no posee sistema de instalación, basta con copiarlo en un directorio y ejecutar el programa directamente desde el mismo.

Si se desea agregar un acceso directo, este tendrá que ser creado manualmente y colocado en el lugar deseado.

A2.2.1.4 Archivos de configuración e historial.

Los archivos de configuración son creados por el usuario al momento de ejecutar la operación guardar desde el menú en el programa. La extensión es *.cre, (Control de Recloser E).

Estos archivos es necesario que se encuentren contenidos en el mismo directorio que el programa propietario.

Los archivos de historial son creados en el mismo lugar que el archivo de configuración y llevan la extensión *.log. El contenido de estos es texto separado por comas, el cual puede ser cargado desde MS Excel para su análisis. El nombre de estos archivos es el mismo del archivo de configuración del recloser.

El mantenimiento de los archivos de historial se debe realizar manualmente en la carpeta donde se encuentra el programa. El programa propietario únicamente se encarga de crear y actualizar los archivos de configuración e historial.

A2.2.2. Panel de Control.

A2.2.2.1 Objetivo.

Brindar el conocimiento de los requerimientos básicos para la instalación y mantenimiento del panel de control.

A2.2.2.2 Requerimientos del sistema.

- Servicio de baja tensión en sitio
- Gabinete con protección IP65 como mínimo para el control electrónico
- Recloser tipo E con adaptación de motoreductor para cierre y bobina de apertura manual²¹.

A2.2.2.3 Precaución

Advertencia: Antes de instalar, hacer funcionar, hacer trabajos de mantenimiento o probar este equipo, lea y comprenda el contenido de este manual. El funcionamiento, manejo o mantenimiento incorrecto podría causar la muerte, lesiones personales graves y daños al equipo.

Peligro: Voltajes Peligrosos. El contacto con voltaje peligroso causará lesiones personales graves o la muerte. Siga todos los procedimientos de seguridad aprobados localmente al trabajar cerca de líneas y de equipo de alto voltaje.

Advertencia: Este equipo no está diseñado para salvaguardar vidas humanas. Respete todos los procedimientos y prácticas de seguridad. El no hacerlo podría causar la muerte o lesiones personales graves y daños al equipo.

A2.2.2.4 Manejo y almacenamiento

Tenga cuidado durante el manejo y el almacenamiento del control para reducir la posibilidad de daños. Si se va a almacenar el control durante algún tiempo antes de instalarlo, almacénelo en una zona limpia y seca.

Si se va a almacenar la unidad en un ambiente húmedo, tome medidas para mantener los circuitos del control con alimentación conectada.

²¹ Provista únicamente en los recloser tipo E marca McGraw-Edison.

A2.2.2.5 Alimentación del control

La fuente de alimentación está configurada para operar a 120Vca. En caso de ausencia de alimentación, la configuración del control no sufre alteraciones de ningún tipo.

A2.2.2.6 Descripción del control

El Control para Recloser E está basado en un microprocesador PIC. Incluye funciones de medición de corriente y voltaje instantáneos en la fase.

Desde el teclado y la pantalla LCD del panel se utiliza para operar y ver el estado del recloser, leer los valores instantáneos de voltaje y corriente, cambiar la identificación de acceso remoto y cambiar el permiso de operación remota.

La operación del control se puede realizar también mediante el puerto serial ubicado en el panel frontal, mediante la utilización del software de control. Dicho software incluye funciones de almacenamiento de configuración para distintos equipos, manejo de historial de comunicaciones, recepción de alarmas de bloqueo, monitoreo de corriente y voltaje instantáneos, monitoreo del estado del recloser y la manipulación de este.

La detección de corriente y voltaje se efectúa por medio de un transformador de corriente tipo CVMI y uno de potencial que se conectan por medio de sus respectivos cables de control.

El control de cierre, apertura y los sensores de estado se conectan al bloque de terminales, junto a la alimentación y los cables de los transformadores de corriente y voltaje.

La figura 2.1 muestra el aspecto de la tarjeta de control que se ubica dentro del gabinete de control. Y la figura A2.2.2.2 muestra un diagrama funcional del circuito de control.

La tarjeta del panel de control está provista de cuatro conexiones, dos para la interacción con el usuario (pantalla y teclado), un puerto de comunicación serial DNP3.0 y el de conexión hacia el recloser.

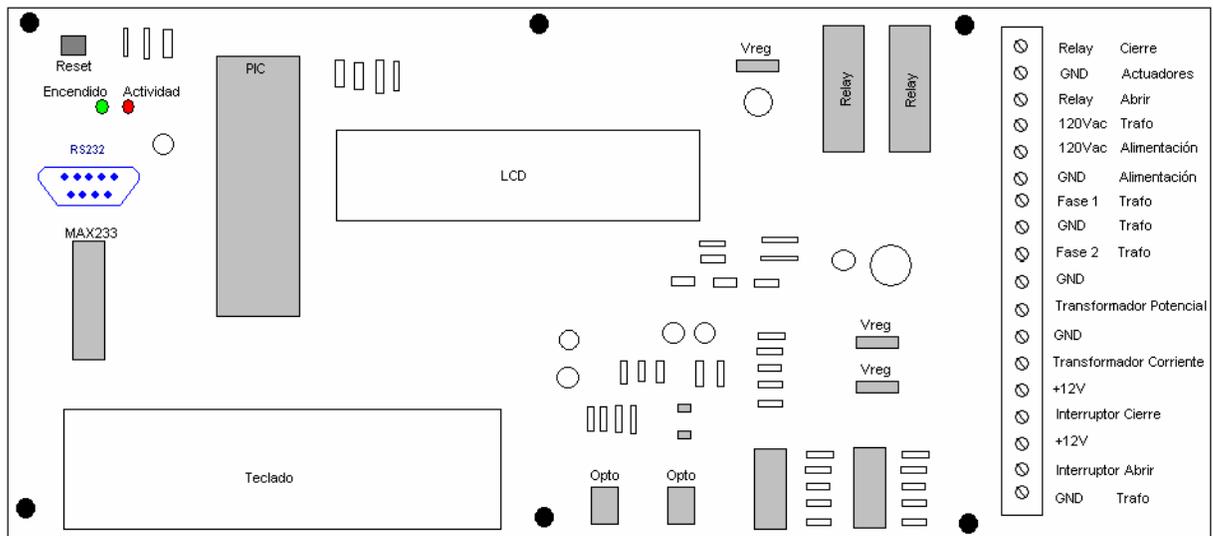


Figura A2.2.2.1 Aspecto de la tarjeta de control impresa.

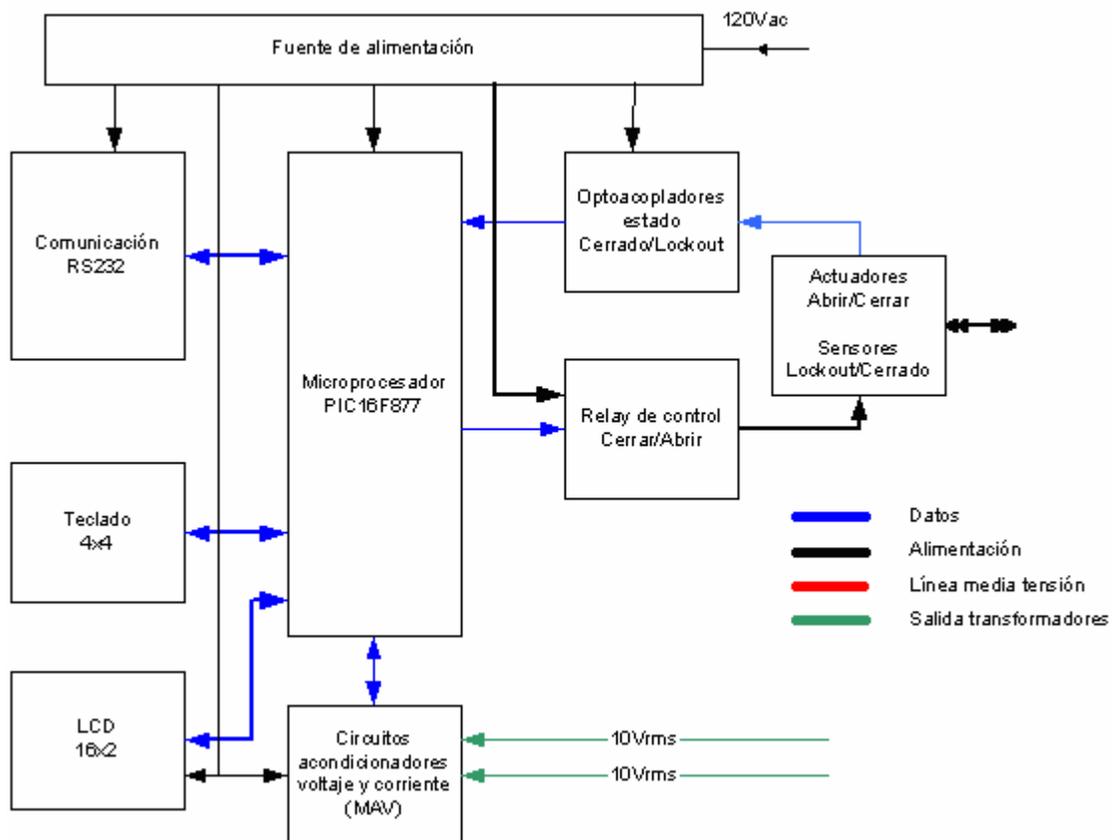


Figura A2.2.2.2 Diagrama de flujo funcional del Control para Recloser E

A2.2.2.7 Operación del control

A2.2.2.7.1 Indicación de operación en el control.

El control está provisto de dos luces indicadoras de funcionamiento: La luz verde indica que la alimentación está presente y la luz roja intermitente que el sistema está funcionando. Si el sistema se encuentra encendido y la luz no parpadea el panel de control se encuentra bloqueado y es necesario reiniciarlo.

A2.2.2.7.2 Comunicación RS232

El puerto de comunicación RS232 está configurado con el protocolo DNP3.0, sirve para controlar y monitorear el control sin la necesidad de utilizar el panel local. La comunicación se ha implementado para utilizar solo las funciones de cerrar, abrir, ver los valores de voltaje y corriente instantáneos además de la generación de una señal de alarma en caso de un lockout en el recloser. Para más información sobre el protocolo DNP3.0 y la implementación en el panel de control referirse al documento “Descripción del protocolo DNP y las tramas utilizadas”

A2.2.2.7.3 Entradas de medición de corriente y voltaje

El circuito de entrada para las señales analógicas está diseñado para recibir un valor máximo de 10Vrms, proveniente de los transformadores de corriente y potencial respectivos.

A2.2.2.7.4 Relay de control

Sección del control encargada de controlar los actuadores de cierre y apertura del recloser, pueden manejar hasta 12A en 250V.

A2.2.2.7.5 Optoacopladores de entrada

Separan eléctricamente las señales que provienen de los sensores de fin de carrera ubicados en el control de cierre y apertura. Los parámetros necesarios para la activación de estos es de 12V y 50mA

A2.2.2.8 Bornes de conexión hacia el recloser

Desde aquí se conecta la alimentación del control, las entradas y salidas hacia el recloser y los transformadores de corriente y potencial. La figura 2.3 muestra los el orden de los bornes de conexión.



Figura 2.3 Conexiones de los bornes de conexión

A2.2.2.8.1 Características eléctricas de entrada salida del control

Cada pin tiene asociado un voltaje y una corriente, que dependen de su función, la tabla A2.2.2.1 muestra en detalle estos valores. Los valores que no se indican corresponden a voltajes de tierra o bien corrientes muy pequeñas provenientes de los transformadores.

Tabla A2.2.2.1 Características de los bornes de conexión

Borne	Descripción	Voltaje	Corriente
120Vac	Entrada de alimentación del control, fase	120Vac	9A
Gnd	Entrada de alimentación del control, neutro		9A
SW Vcc	Salida hacia el interruptor de estado lockout	12Vcd	50mA
SW Lockout	Entrada desde el interruptor de estado lockout		50mA
SW Vcc	Salida hacia el interruptor de estado cerrado	12Vcd	50mA
SW Cerrar	Entrada desde el interruptor de estado cerrado		50mA
Cerrar Gnd	Neutro de motoreductor de cierre		9A
Cerrar	Fase de motoreductor de cierre	120Vac	3A
Abrir Gnd	Neutro de bobina de apertura		3A
Abrir	Fase de bobina de apertura	120Vac	9A
Gnd	Neutro de transformador de corriente		
Corriente	Señal de transformador de corriente	10Vrms	0
Gnd	Neutro de transformador de potencial		
Voltaje	Señal de transformador de potencial	10Vrms	0

*La corriente varía según la función que se esté ejecutando en ese momento
 0.1A en operación normal
 10A en operación de apertura
 3A en operación de cierre

A2.2.2.8.2 Cableado de conexión

El cableado que une el recloser con el panel de control debe realizarse con cable #16 tipo THN de 6 hilos. Se designa un cable para el manejo del Motoreductor y la bobina de apertura y otro para los interruptores de fin de carrera.

El cableado de alimentación se puede realizar con cable #14.

Los transformadores de potencial y corriente se conectan según la especificación respectiva en cada uno de ellos. La figura A2.2.2.4 muestra el diagrama de conexión entre el control y el recloser.

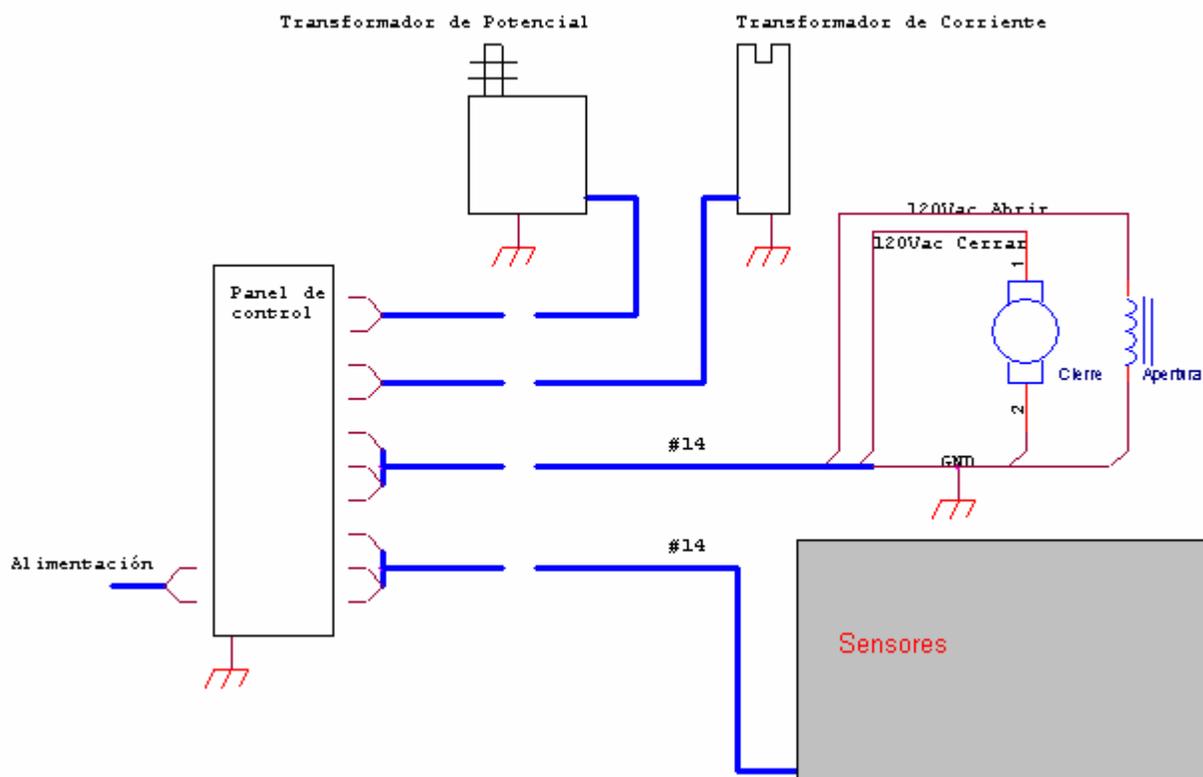


Figura A2.2.2.4 Cableado del panel de control hacia el recloser

Apéndice 3 Protocolos de medición

A3.1 Cable serial espía para monitorear comunicación entre equipos.

Utilizado para capturar tramas de comunicación entre el software de comunicación y dispositivos.

Los equipos monitoreados fueron un control de capacitores (Intellicap Plus), y el software de comunicación de un control Forma 5 de Cooper Power.

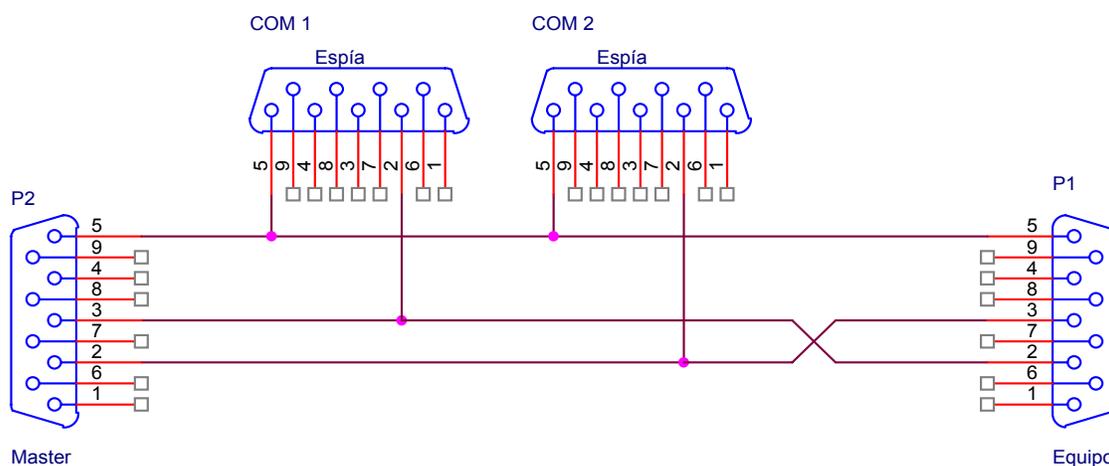


Figura A3.1 Circuito del cable de monitoreo

Los datos recopilados con este cable sirvieron para revisar el tipo de protocolo de comunicación utilizado por los dispositivos. De los cuales solo el Forma 5 habla DNP. La tabla A3.1 muestra los resultados de una captura este software.

Tabla A3.1 Captura de datos al software de control de un Forma 5.

Carácter	Posición	Hexadecimal	Ordinal
♣	0	--	--
d	1	--	--
♣	2	--	--
L	3	--	--
	4	--	--
☺	5	--	--
	6	--	--
☺	7	--	--
x	8	--	--
y	9	--	--

DNP3.0, PC address 1, Control Port Address 2

A3.2 Circuito de ajuste de contraste para la pantalla LCD

Debido a la ausencia de datos para el ajuste de contraste, se tomó este circuito de las hojas de datos y se varió la resistencia del divisor de tensión para obtener un nivel óptimo de contraste, quedando al final dos resistencias de $10k\Omega$ y $1k\Omega$ respectivamente.

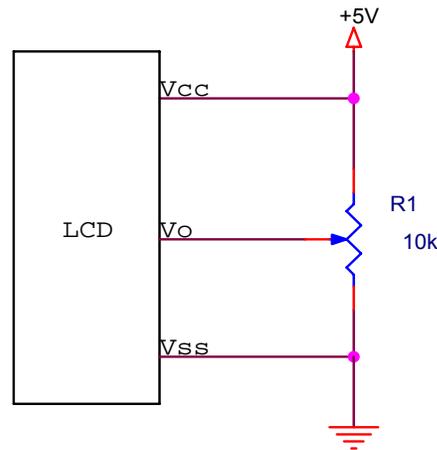


Figura A3.2 Circuito de ajuste de contraste.

A3.3 Circuito de medición de parámetros eléctricos en el recloser

En este circuito se utilizó la fuente de corriente, que se usan en el taller de transformadores de Coopesantos para verificar la operación de los recloser. La punta AmpFlex es parte del equipo medidor de calidad de energía ION7600, y proporciona una relación de $1mV_{rms}$ por $1A_{rms}$ de corriente en el circuito. El osciloscopio utilizado es un TDS340A, prestado por la escuela de Electrónica.

Este circuito se utilizó para medir los tiempos de estado cerrado y apertura al momento de operar el recloser. Se toma el tiempo desde la primera operación hasta el cambio de estado a lockout. La figura A3.3 muestra el circuito utilizado.

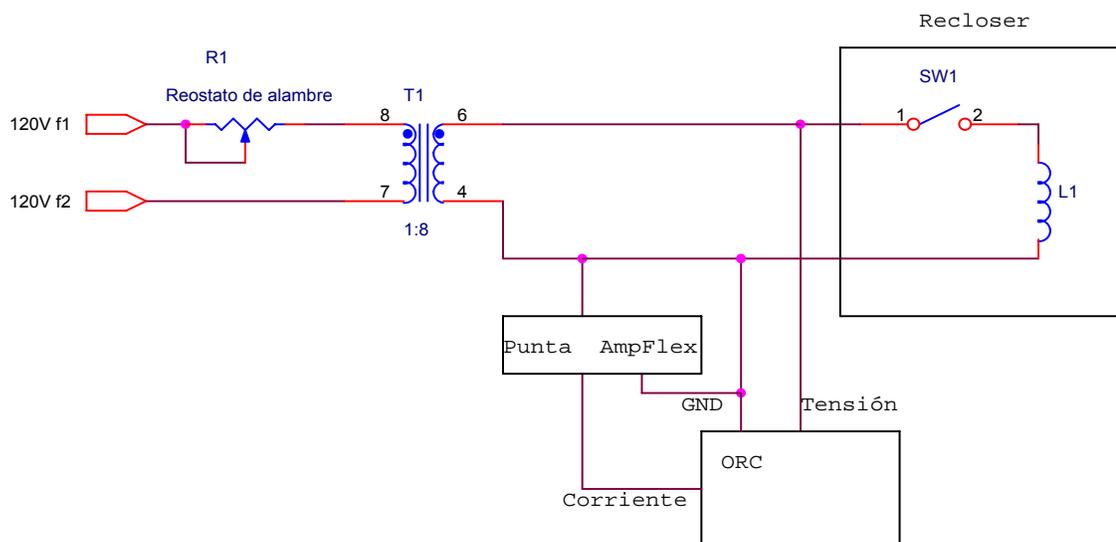


Figura A3.3 Circuito de medición de parámetros en el recloser

A3.4 Circuitos acondicionadores de señal para medición de contenido armónico en cierre y apertura.

Debido a la forma de actuar del recloser se dificulta la captura del momento exacto en que ocurre un cierre o una apertura en el contacto. Motivo por el cual se decidió realizar una captura prolongada durante la operación del equipo.

Para realizar esto se decidió utilizar una PC y grabar la operación con la tarjeta de sonido y el software de edición de audio GoldWave.

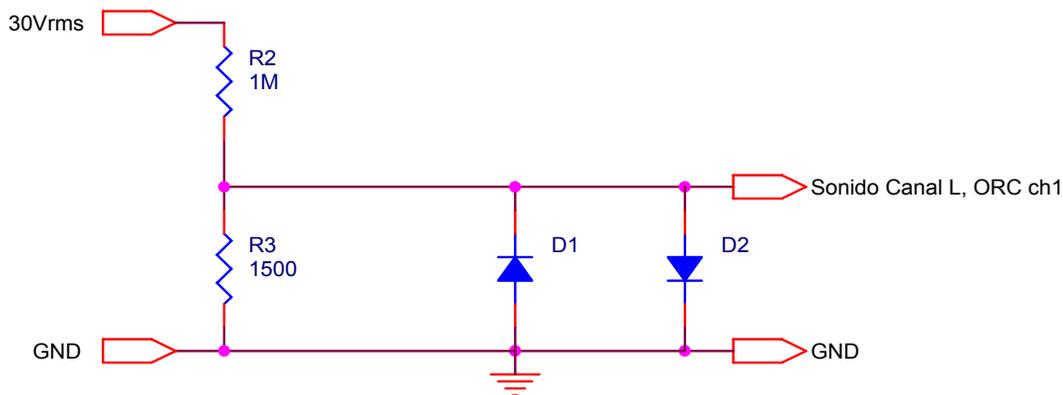


Figura A3.4 Circuito para la captura del voltaje

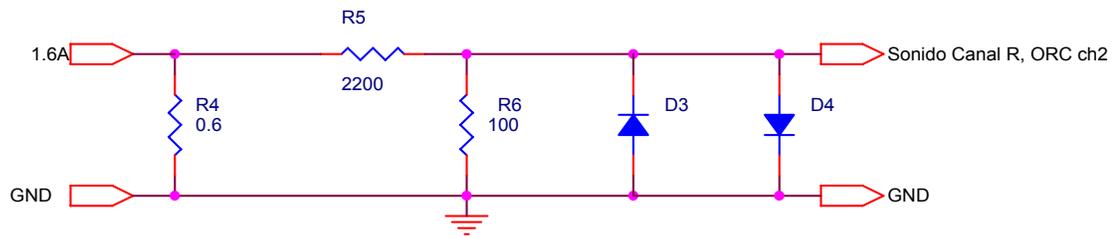


Figura A3.5 Circuito para la captura de corriente

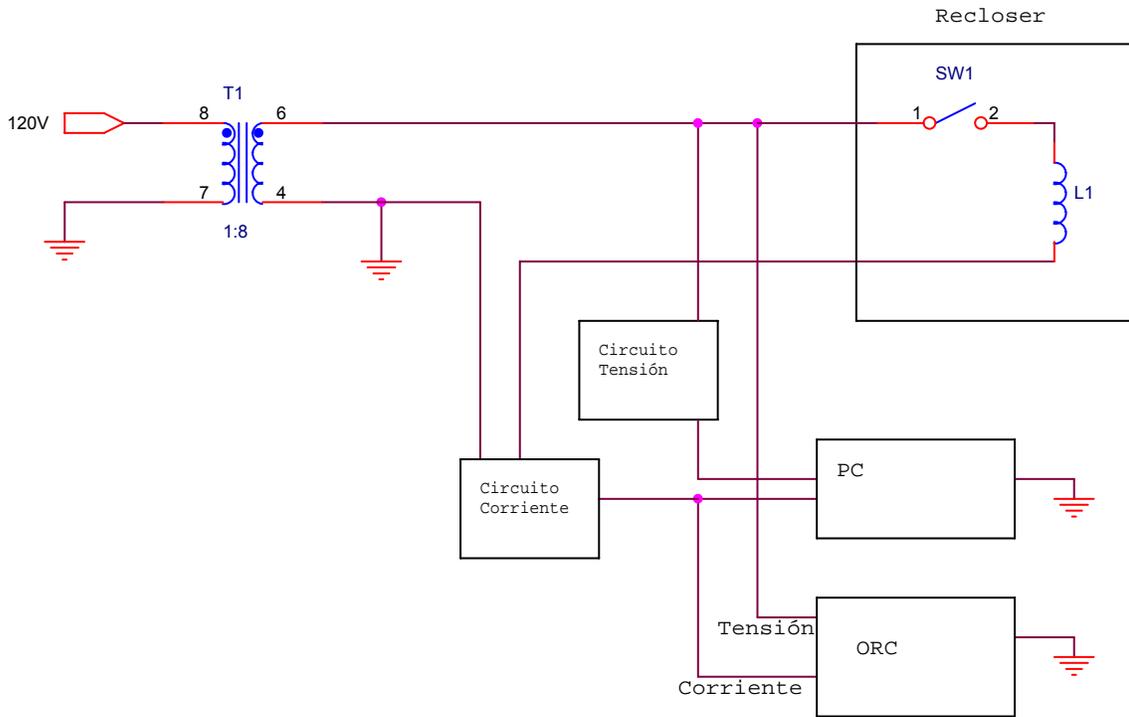


Figura A3.6 Circuito completo para la captura de parámetros

A3.5 Medición de los circuitos MAV.

Para esta medición se utilizó dos multímetros digitales y una PC para revisar las formas de onda resultantes.

A la entrada del circuito se conecta un transformador de 12Vrms y un divisor de tensión realizado con un potenciómetro. El ajuste permite variar la amplitud de la señal de entrada y verificar la señal de salida y revisar cualquier comportamiento no deseable en las formas de onda y magnitudes de las señales.

La diferencia en los dos circuitos es la ganancia de tensión asociada, ya que la de medición de tensión es 0.5 y en la medición de corriente es de 2. Estos circuitos fueron alambrados en proto board antes de ser montados con el resto del prototipo.

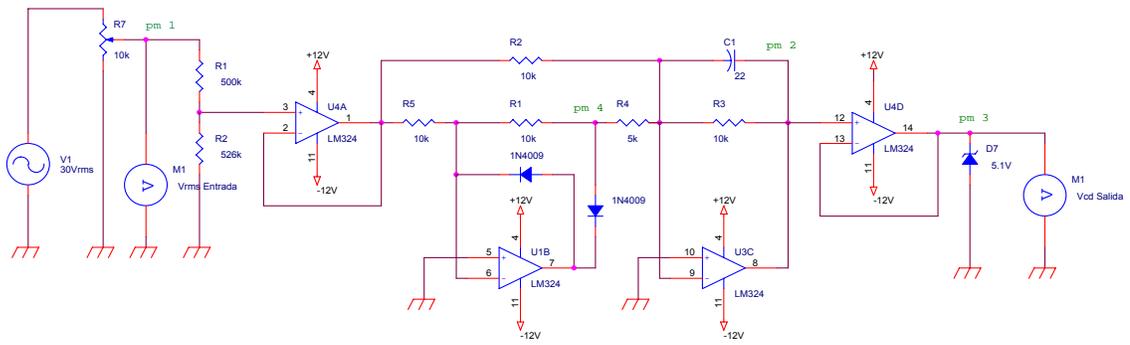


Figura A3.7 Circuito de medición del acondicionador de tensión

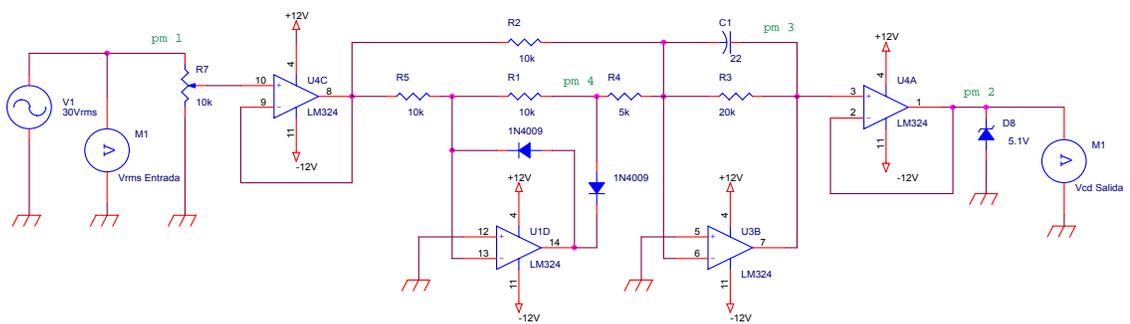


Figura A3.8 Circuito de prueba del acondicionador de corriente

A3.6 Circuito para verificar la relación de transformación en el trafo de corriente

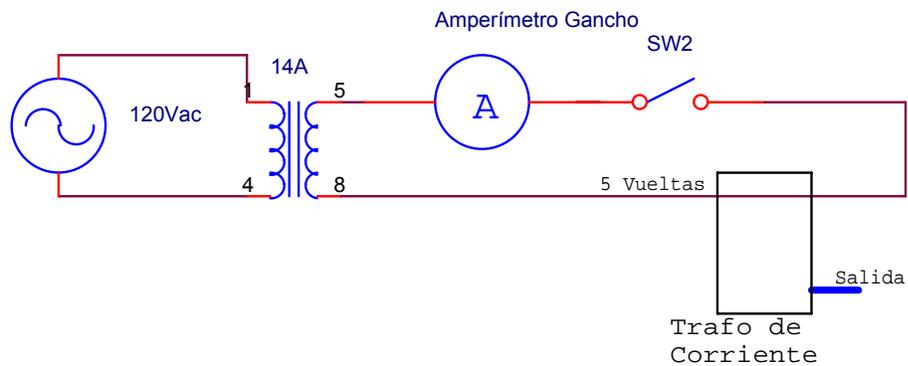


Figura A3.9 Verificación del transformador de corriente

Este circuito se utiliza únicamente para verificar los datos de la hoja de datos del fabricante.

Apéndice 4 Información sobre la institución

Apéndice 4.1 Descripción de la institución

Coopesantos R.L. inició la prestación de los servicios eléctricos en electrificación rural el 25 de abril de 1969. El área de cobertura actual es de 1500km² y 1200km de líneas de distribución, lo cual beneficia a más de 100 000 personas.

En la actualidad brinda servicio a los cantones de Dota, Tarrazú y León Cortés, y a distintas comunidades del sur de Desamparados, Aserrí, Acosta y Mora. Sus oficinas centrales se encuentran localizadas en el Barrio Santa Cecilia, en San Marcos, también cuenta con oficinas regionales dotadas de equipos de cómputo, bodega para equipos, materiales de mantenimiento y construcción eléctricos.

Entre las actividades que realiza la cooperativa se encuentran: Atención de las solicitudes que realizan los asociados, construcción de nuevas líneas, mantenimiento de las existentes, atención de averías, lectura y emisión de facturas por cobro de servicio eléctrico, y brindar información a los usuarios sobre los procedimientos y reglamentos del servicio.

Actualmente se está realizando la investigación de factibilidad para el desarrollo de dos proyectos de generación eléctrica en la Zona, uno eólico y otro hidroeléctrico.

Apéndice 4.2 Descripción del departamento en donde se realiza el proyecto

El proyecto se realizó en la División de Ingeniería y Proyectos, el cual es dirigido por el Ing. Ismael López; esta división se fragmenta en departamentos. Algunas de las funciones de esta división están enfocadas al diseño e instalación de segmentos de la red y mejoramiento del servicio de distribución eléctrico en la zona, la investigación de nuevas tecnologías en la misma área y el control de calidad de la energía vendida.

Apéndice 5 Definición del protocolo DNP3.0 y tramas utilizadas en la realización del proyecto

A5.1 Reseña

DNP fue originalmente creado por Westronic, Inc. (ahora GE Harris) en 1990. En 1993, la especificación del protocolo DNP 3.0 se hizo de dominio público. La propiedad del protocolo se dio a la organización DNP. Desde ese momento el protocolo ha ganado aceptación mundial.

En enero del 1995 se formó el comité técnico de DNP para analizar mejoras y recomendarlas para ser aprobadas por la GNU. El documento generado más importante es el de definiciones de subconjuntos, que establece un estándar para escalar las implementaciones en DNP 3.0 como un protocolo SCADA abierto, inteligente, eficiente y moderno.

A5.2 Características de DNP 3.0

- Puede solicitar y responder con uno o varios tipos de datos en un solo mensaje
- Puede segmentar un mensaje en varias tramas para transmitir
- Posee un robusto sistema de detección de errores, con CRC polinomial de 16 bit.
- El mensaje de respuesta incluye solo los datos que han cambiado.
- Se asigna prioridades a los mensajes en clases.
- Permite sincronización y múltiples maestros, además de operaciones P2P.
- El usuario puede definir objetos, incluyendo transferencia de archivos.
- Permite que los dispositivos esclavos respondan sin solicitud, ante eventos.
- Soporta sincronización en tiempo.
- Trabaja en 4 capas.

A5.2.1 Capa Física

Esta capa está en el medio sobre el cual el protocolo está siendo transmitido. A esta capa corresponde el estado del medio (libre / ocupado), la sincronización (inicio / fin), DNP está especificado para ser transmitido sobre medios seriales tipo RS-232 o RS485, usando medios como fibra, radio o satélite.

A5.2.2 Capa de enlace de datos

Esta capa maneja el enlace lógico de la información entre el transmisor y el receptor, y contiene las características de detección de error del canal. El control de enlace indica el propósito de la trama y el estado del enlace lógico. Cuando una confirmación de datos es solicitada, el receptor debe responder si la trama es recibida y pasa el chequeo de redundancia.

A5.2.3 Capa de Pseudo-Transporte

Segmenta los mensajes de la capa de aplicación en varias tramas. . Para cada trama inserta un código de función que indica si la trama es la primera, la última del mensaje o la única trama del mensaje, también incluye un número de secuencia que se incrementa en cada trama transmitida y permite a la capa de transporte del receptor detectar tramas perdidas.

A5.2.4 Capa de Aplicación

La capa de aplicación responde a los mensajes completos recibidos, y construye los mensajes basándose en la necesidad de disponibilidad del usuario. Una vez que los mensajes son construidos son pasados a la capa de pseudo-transporte, donde son segmentados y pasados a la capa de enlace donde son comunicados a traves de la capa física.

Cuando los datos transmitidos son muy grandes para una trama de aplicación, se construyen las necesarias en una secuencia. Cada mensaje es una trama de aplicación independiente, la única relación entre las tramas es una indicación, excepto en la última, de que faltan más mensajes.

Los fragmentos en tramas de capa de aplicación de una estación maestro típicamente solicitan y las de una estación esclavo responden a dichas solicitudes. Una estación esclavo puede transmitir mensajes sin ser solicitados.

A5.2.5 Niveles de implementación de DNP

La organización, reconocimiento y soporte de todas las características de DNP no es necesaria para todos los dispositivos. Algunos están limitados en memoria y velocidad o solo necesitan de características especiales en su operación. DNP 3 se organiza en tres niveles de complejidad:

1. Funciones básicas.
2. Más funciones, objetos y variaciones.
3. Incluye todas las características de DNP existentes.

Esta característica se realizó para facilitar la implementación de código tanto en clientes como en servidores.

A5.2.6 Clasificación de eventos en clases

DNP clasifica los eventos en tres clases, en donde la clase 1 es la de mayor prioridad, la dos de mediana prioridad y la tres la de menor. Este esquema puede ser configurado, esto permite a los usuarios de DNP3 establecer sus estrategias a su favor.

A5.3 Estructura del mensaje

Una trama DNP3.0 consiste en un conjunto de datos dividido en 4 secciones:

- Encabezado de mensaje: Identifica la trama y para quien se dirige.
- Encabezado de transporte: Indica la importancia del mensaje.
- Encabezado de Aplicación: Indica la secuencia del mensaje.
- Objetos. Contienen información de los datos transmitidos.

Por motivos de dimensión se ha omitido de este documento la descripción detallada de la implementación de cada una de estas secciones.

A5.4 Estructura de tramas en DNP 3.0

Las tramas que se implementaron corresponden a tramas de capa de enlace, las cuales incluyen los encabezados de las demás capas mencionadas en las secciones anteriores, y corresponden a implementación de DNP en nivel 2.

A5.5 Definición de las tramas DNP utilizadas en el proyecto.

Basándose en las características a implementar en el control para los recloser tipo E. Las tramas corresponden a lectura de parámetros de la unidad interna, lectura de voltaje y corriente en la línea de distribución y comandos de control. En específico corresponden a variables binarias y datos de 16 bit de longitud.

Apéndice 6 Fotografías del proyecto y el recloser



Bobina de apertura manual



Bobina principal



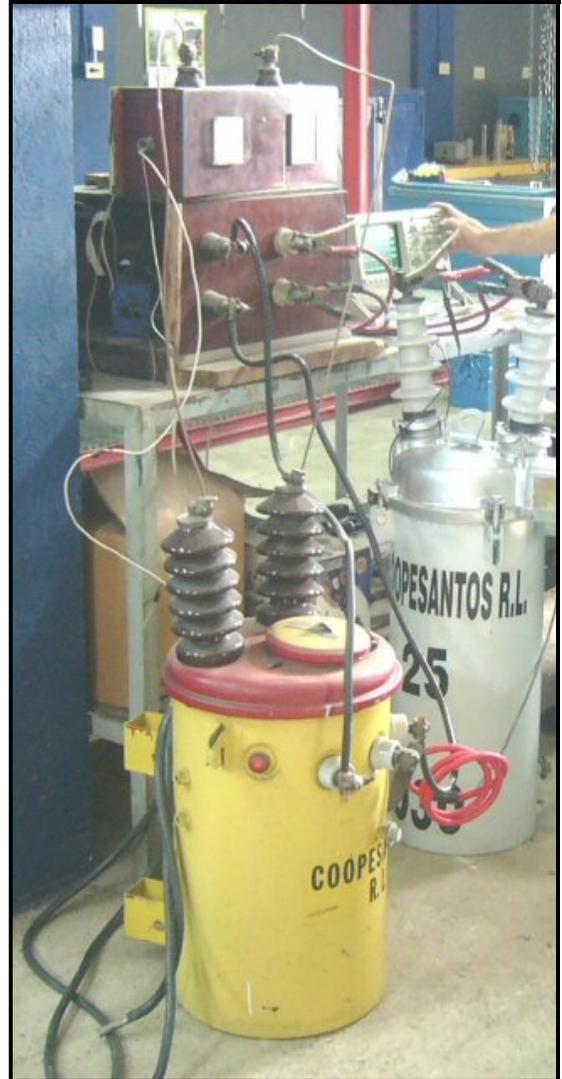
Caja de cableado del recloser



Contacto y bobina, vista de lado



Contacto del recloser tipo E



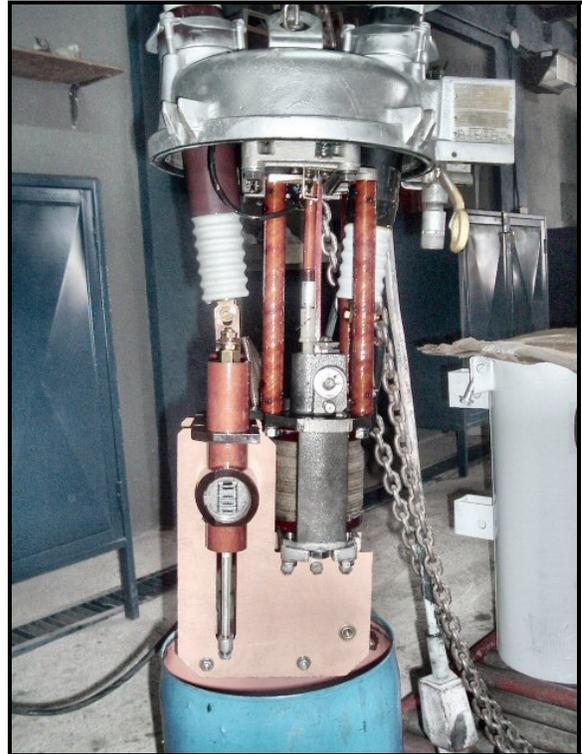
Fuente de corriente utilizada en la medición de parámetros



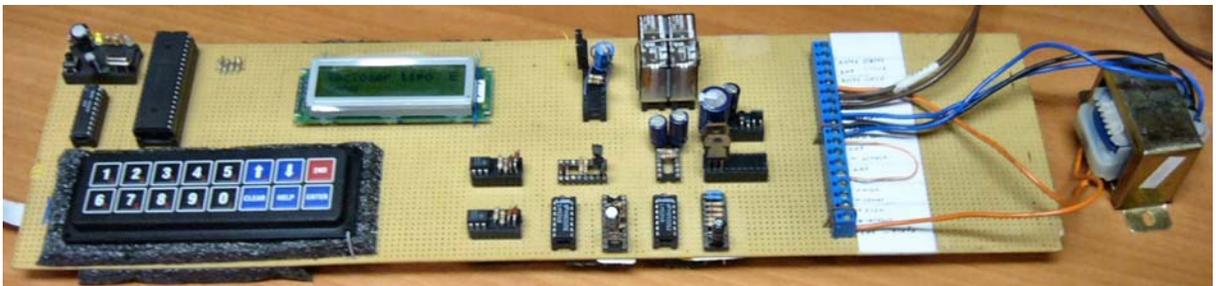
Manija y contador de operaciones del recloser



Cámaras de aceite encargadas de la operación del recloser



Vista general del recloser fuera del tanque



Montaje en wire wrap del panel de control

Apéndice 7 Documentación de procedimientos de menor importancia

Temprizadores en el panel de control

TimerReintentos: Ejecuta los reintentos de envío de una trama específica, en este caso solo se utiliza para enviar la solicitud de cierre y apertura. Funciona con los parámetros establecidos para cada recloser, tiempo entre reintentos y cantidad de reintentos, en caso de sobrepasar el número de reintentos genera un reporte al historial con la indicación “*Error de comunicación, tiempo de espera agotado*”. La figura A8.1 muestra la temporización de reintentos.

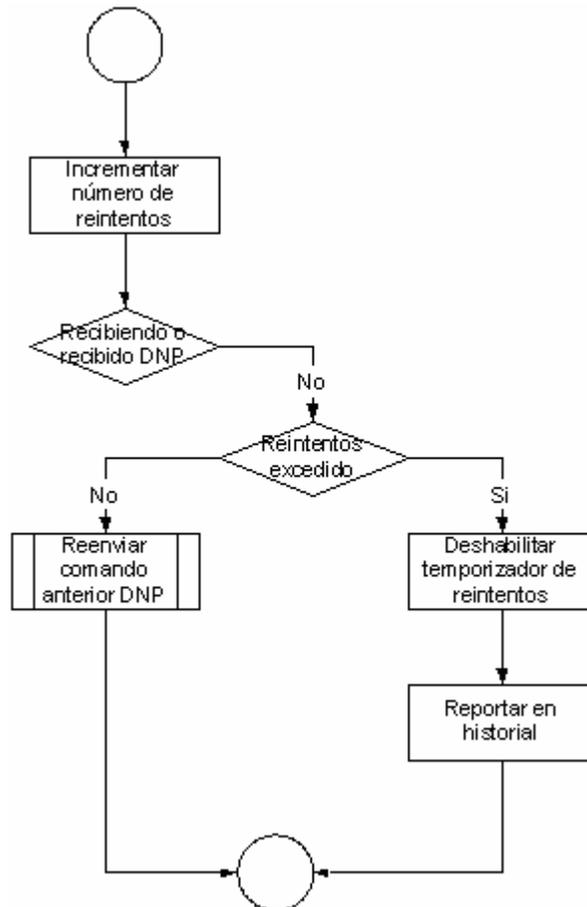


Figura A8.1 Temporización de reintentos de envío de trama

RefreshTimer: Actualiza la pantalla de usuario con los datos provenientes de las tramas DNP y genera los reportes cuando estos sean necesarios. La figura A8.2 muestra el proceso de actualización de datos en pantalla.

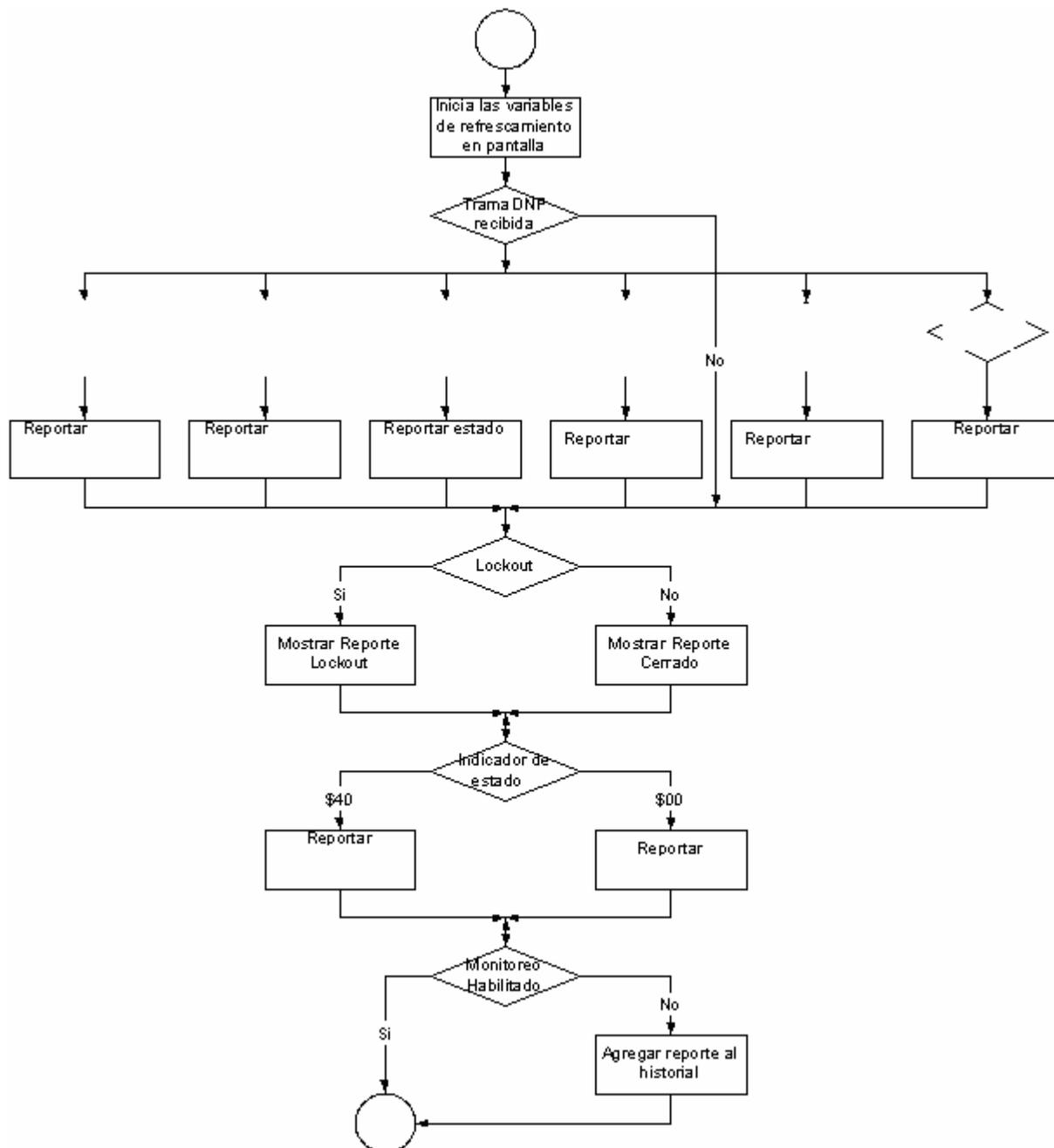


Figura A8.2 Actualización de datos en pantalla.

*Las salidas que no están indicadas en los cuadros van directamente al fin del programa en ejecución.

Controles de configuración

BtnAceptarConfPtok //: Establece la configuración del puerto con los datos definidos por el usuario en el panel de configuración de puerto serial.



Figura A8.3 Establecimiento de la configuración del puerto serie

BtnAceptarConf //: Establece la configuración del recloser con los datos presentes en el panel de configuración de comunicación. Estos datos pueden ser ingresados por el usuario o cargados directamente de un archivo de configuración.

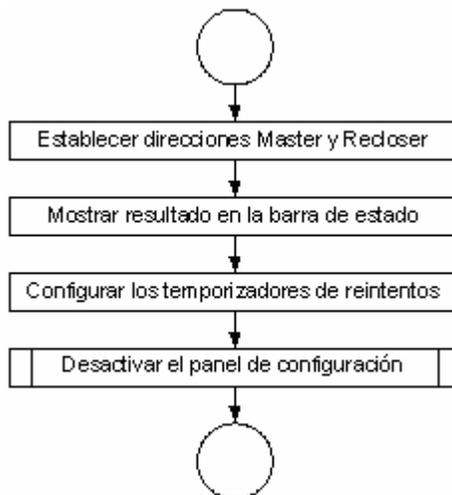


Figura A8.4 Establecimiento de la configuración del recloser

Procedimientos de archivado e impresión

GenerarReporte : Genera un reporte con los datos contenidos en el historial de actividad del recloser. Además de modificar las características de la ventana de usuario para dar espacio al reporte y los controles respectivos.



Figura A8.5 Generación de reporte de actividades del recloser

ImprimirR: Imprime el reporte generado en la impresora escogida en el diálogo de impresión y regresa la ventana de interface de usuario a su posición original. El título del archivo a imprimir es tomado de la casilla de ubicación del recloser.

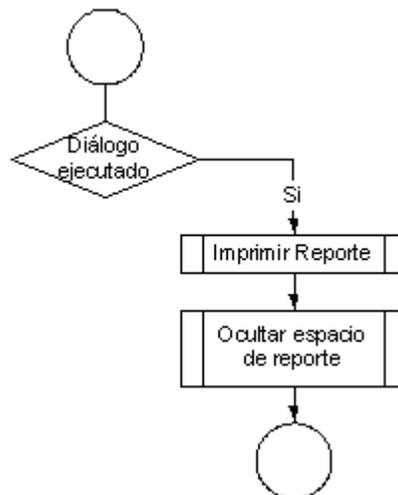


Figura A8.6 Operación para imprimir el reporte

Procedimientos para interface de usuario

Teclado: Procesa el dato obtenido de presionar una tecla y lo asigna el comando para ser ejecutado. La interrupción de lectura deja el código de la tecla presionada en una variable, en este procedimiento se lee la variable y se asigna el comando a ejecutar luego, mediante el programa principal. Desde aquí también se establece el tiempo que debe permanecer el menú en la pantalla antes de salir.

iniTeclado: Inicializa el puerto B y C para utilizar el teclado. Establece los pines b4 a b7 como entradas y los pines c0 a c6 como salidas y coloca unos a la salida del puerto C para la activación del puerto b por interrupción en flanco de subida.



Figura A8.7 Inicialización del teclado

Procedimientos para conversión de datos numéricos

num_text: Convierte el número que se le envía en caracteres y lo muestra en la pantalla LCD. Recibe un dato de 16 bit por medio de parámetro y lo despliega en el LCD.

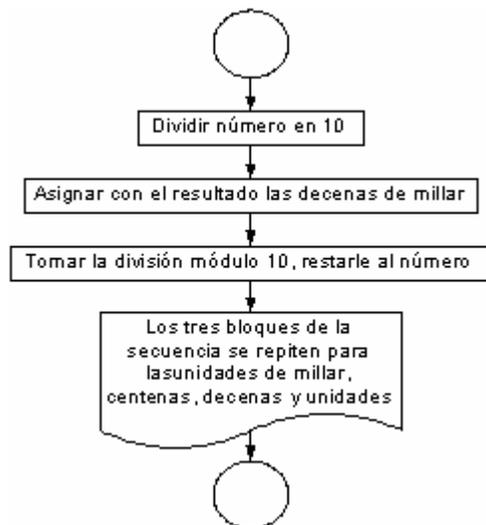


Figura A8.8 Conversión de número a texto

text_num: Convierte el texto que se almacena en el buffer del teclado en un digito LONG de 16 bit. Está configurado como función, por lo que la asignación se realiza hacia el procedimiento y no con variables.

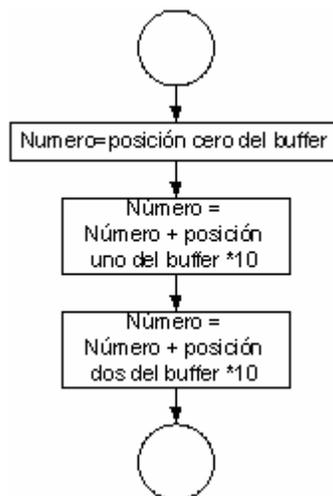


Figura A8.9 Conversión de texto a número

Atención a interrupciones

rb_isr: Atención a la interrupción generada en el puerto B al presionar cualquier botón del teclado. Se llama al procedimiento de lectura del teclado y se espera un tiempo prudente para evitar rebotes de las teclas.

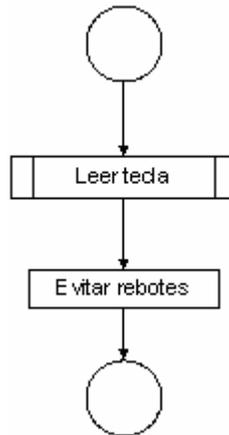


Figura A8.10 Atención a interrupción del puerto B

rtcc_isr: Atención a la interrupción generada por el temporizador de tiempo real RTCC (Real Time Clock Counter). En esta se atiende todo lo referente a temporización de eventos. Desde aquí se maneja la temporización en la recepción de datos seriales, la generación de alarmas, el reinicio del menú de interface de usuario y la luz que indica la actividad del sistema. Este contador se ejecuta una vez cada 23.8ms por lo cual se agregó un ciclo para ejecutar las actividades de este cada 20 llamadas o sea 476ms.

En el programa principal se lleva a cabo las actividades relacionadas con el control de la aplicación y ejecuta los pasos necesarios para interpretar las peticiones realizadas tanto por el usuario desde el panel de control como provenientes de órdenes recibidas por el puerto serial en formato DNP.

La especificación de los procedimientos referentes a DNP ha sido omitida en esta versión del documento, principalmente por razones de dimensión.

Anexos

Anexo 1 Hojas de datos de los principales componentes utilizados

Type E Maintenance Instructions

Service Information S280-25-5

Applicable to Serial Numbers 52000 and above.

CONTENTS

Introduction	1
Description	1
Specifications and Ratings	3
General Maintenance Information	3
Oil Condition	3
Maintenance Intervals	3
Oil Dielectric Strength	3
Periodic Inspection and Maintenance	3
Shop Maintenance	4
Arc Interrupting Assembly	4
Series-Trip Solenoid Disassembly	6
Series-Trip Solenoid Reassembly	6
Hydraulic Mechanism	9
Changing Time-Current Settings	14
Changing Operating Sequence	14
Sequence Adjustments	14
Bushings	15
Head Mechanism	16

INTRODUCTION

Service Information S280-25-5 covers the maintenance instructions for the Type E hydraulically controlled, single-phase, oil-interrupting recloser. The manual includes a general description of the recloser and its operating principles and instructions for periodic inspection, testing, and shop repairs. Service parts lists keyed to exploded-view drawings of the unit, along with ordering information, are included in the manual.

DESCRIPTION

A Type E hydraulically controlled, oil-interrupting recloser (Figure 1) is a self-contained device that senses and interrupts fault currents on a single phase of a distribution line. The recloser automatically recloses and, if the fault is temporary, restores service. If the fault is permanent, the recloser locks open after one, two, three or four operations, depending upon its setting. Automatic resetting of this device enables it to distinguish between permanent and temporary faults. Thus, if a fault is temporary, the recloser resets and is then ready for a complete sequence should another fault occur.

Operating sequences of the recloser can be all fast, all delayed, or a combination of fast followed by delayed operations. Furthermore, any one of three delay curves can be used to assure coordination with other reclosers or protective devices. On coordinated systems, fast recloser operations are used to clear temporary fault currents before branch-line fuses are damaged. Subsequent delayed openings allow time for fault currents to be cleared by branch-line fuses. Outages caused by permanent faults are thereby confined to shorter sections of line.

Tripping is initiated by a series-connected coil. Current-carrying and interrupting capacities vary with the operating coil's rating, which is selected to meet circuit requirements. A non-reclosing feature (Figure 2), standard on all Cooper Power System's reclosers, is set with a hookstick-operated lever for one operation to lockout without removing the recloser from service.



Figure 1.
Type E single-phase, hydraulically controlled oil circuit recloser.



Figure 2.

The non-reclosing feature is set with a handle under the sleet hood (see arrow). When the handle is down (left), the recloser will trip on overcurrent and lock out without reclosing. When the handle is up (right), the recloser will operate according to its internally set program.

These instructions do not claim to cover all details or variations in the equipment, procedure, or process described, nor to provide direction for meeting every possible contingency during installation, operation, or maintenance. When additional information is desired to satisfy a problem not covered sufficiently for the user's purpose, please contact your Cooper Power Systems sales engineer.

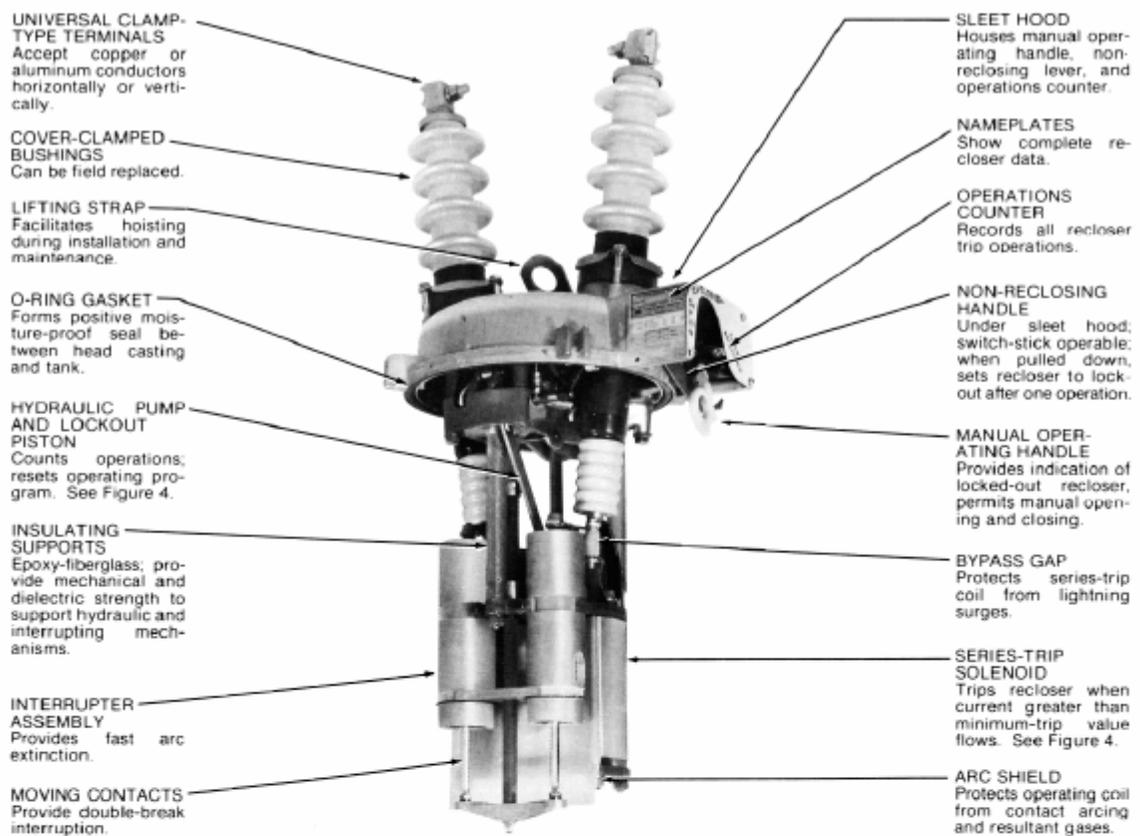


Figure 3.
Untanked view of Type 4E recloser

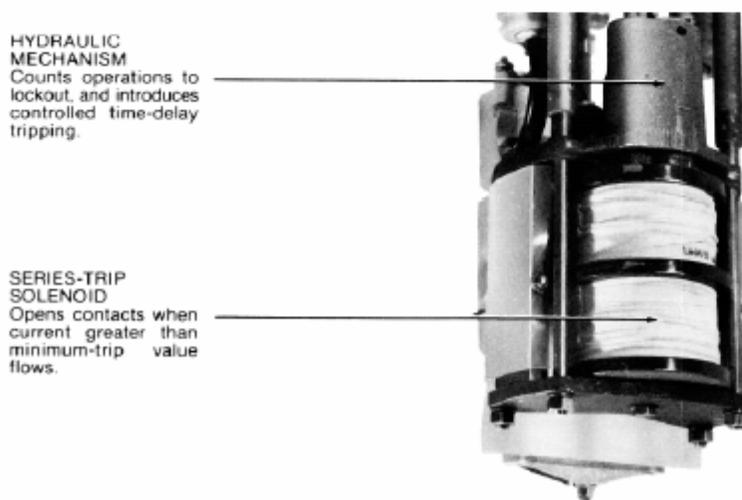


Figure 4.
Hydraulic mechanism and series-trip solenoid.

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Figure 7 provides dimensional information for the Type H recloser. Figure 8 provides dimensions for the E, H, and L group reclosers. Weights and oil capacities are given in Table 4.

Note: Dimensions shown are approximate. For critical construction dimensions, refer to factory. Dimensions are given in mm (in).

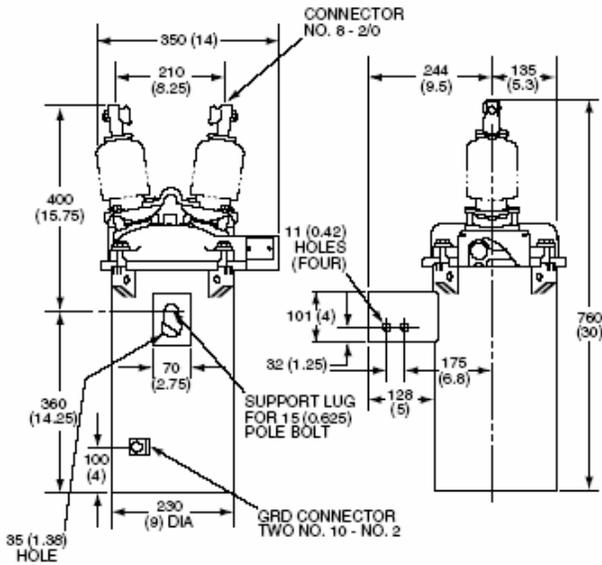


Figure 7.
Dimensions of Type H recloser.

TABLE 4
Weight, kg (lb) and Oil Capacity, L (gal)

Description	Recloser Type						
	E	4E	V4E	H	4H, V4H	L	V4L
Weight without oil, kg (lb)	48.5 (107)	64 (142)	67 (147)	25 (55)	34.5 (76)	48 (106)	64 (142)
Weight with oil, kg (lb)	76.5 (169)	93 (205)	95 (210)	38.5 (85)	51.5 (114)	48 (106)	95 (205)
Oil capacity, L (gal)	30.7 (8.25)	35.4 (9.5)	35.4 (9.5)	15 (4)	18.5 (5)	26 (7)	35.4 (9.5)

TABLE 5
Recloser Dimensions

Description	Recloser Type				
	E	4E, V4E	4H, V4H	L	V4L
A	380 (15)	380 (15)	355 (14)	380 (15)	380 (15)
B	405 (16)	405 (16)	355 (14)	405 (16)	405 (16)
C	1050 (41.5)	1240 (49)	900 (35.5)	940 (37)	1140 (45)
D	505 (20)	570 (22.5)	430 (17)	480 (19)	480 (19)
E	230 (9)	14.5 (14.5)	175 (7)	150 (6)	370 (14.5)
F	254 (10)	254 (10)	230 (9)	254 (10)	254 (10)
G	280 (11)	305 (12)	215 (8.5)	280 (11)	280 (11)
H	280 (11)	280 (11)	230 (9)	280 (11)	280 (11)

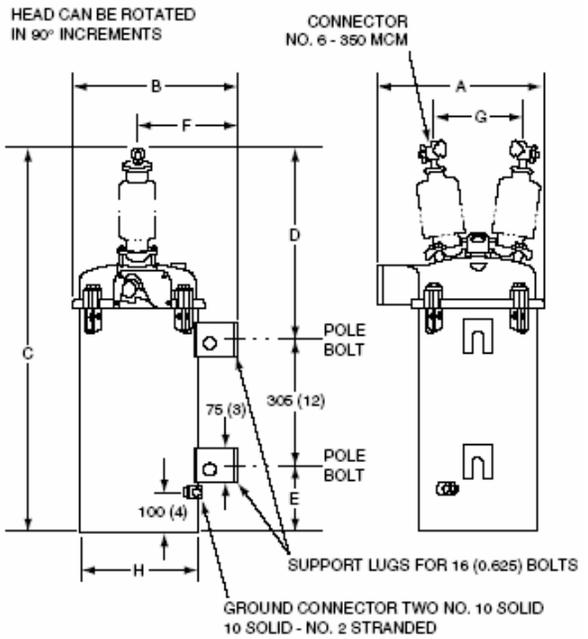


Figure 8.
Dimensions of E, 4E, V4E, V4H, L, and V4L reclosers.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than $5\mu W$. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- † Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- † Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- † Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- † Multiple Drivers and Receivers
- † 3-State Driver and Receiver Outputs
- † Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

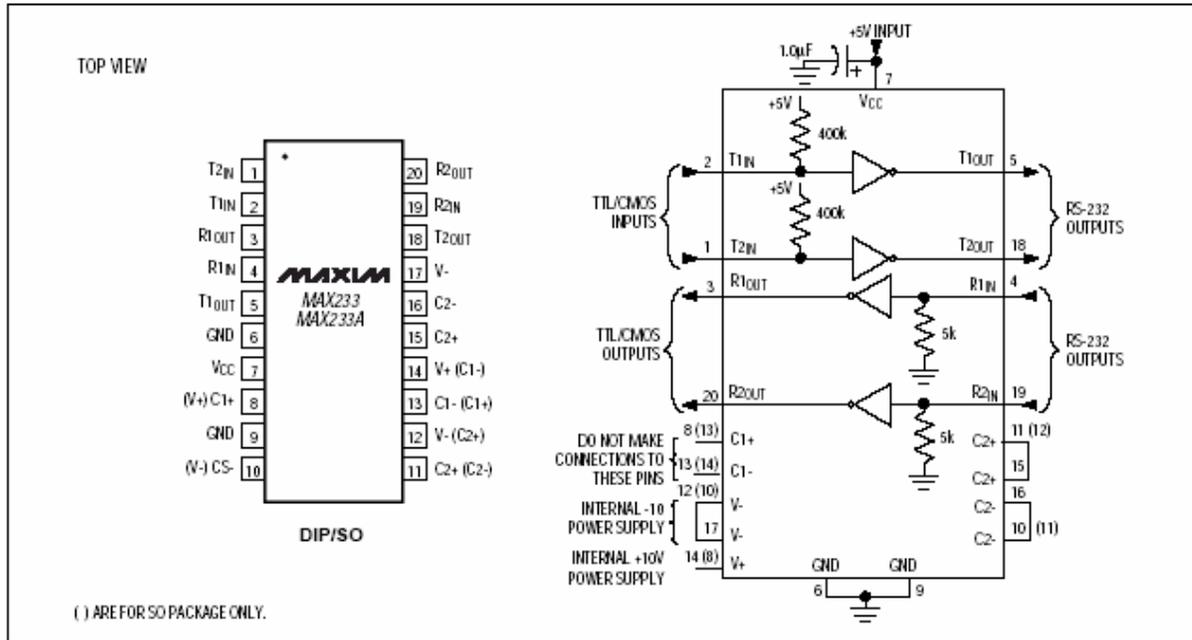


Figure 11. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit



F01460

- 1 C/O or 1 N/O contact
- 4 kV / 8 mm coil-contact
- Pinning 3.5 or 5 mm (8 / 12 A) and 5 mm (16 A)
- PCB-sockets

Applications
Power supplies, domestic appliances, heating control, installation

8 A version:
 12 A version:
 16 A version:
 Technical data of approved types on request

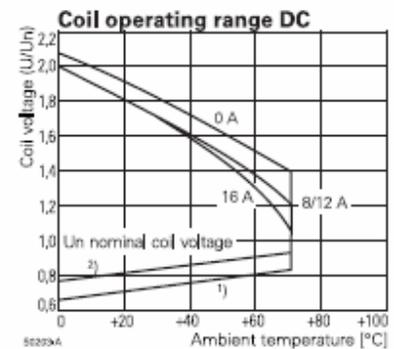
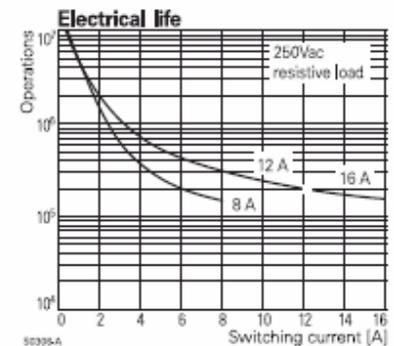
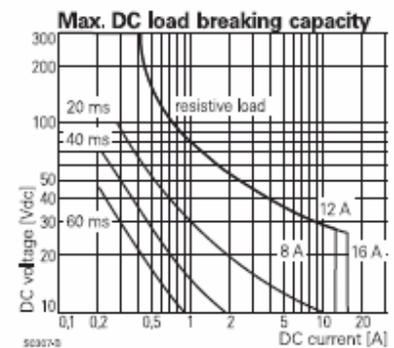
Contact data			
Configuration	1 C/O contact or 1 N/O contact		
Type of contact	single contact		
Rated current	8 A	12 A	16 A
Rated voltage / max. breaking voltage AC	250 Vac / 440 Vac		
Maximum breaking capacity AC	2000 VA	3000 VA	4000 VA
Make current	16 A	20 A	25 A
Contact material	AgNi 0.15	AgCdO	AgCdO

Contact life				
Type	Load	Operations	Standard	
RP410	12 A, 250 Vac, $\cos\phi=1$, 1200/h, 40% duty cycle	1.1×10^5	AC 1	
RP410	9.1 A, 220 Vac, $\cos\phi=1$, 360/h, 15% duty cycle	2×10^5	AC 1	
RP418	3.4 A ON, 0.42 A OFF, 220 Vac, $\cos\phi=0.6$	$> 1.1 \times 10^6$		
RP411	8 A, 250 Vac, $\cos\phi=1$, 50% duty cycle	10^5	AC 1	
RP412	8 A, 250 Vac, $\cos\phi=1$, 50% duty cycle	10^5	AC 1	
RP330	18.2 A, 250 Vac, $\cos\phi=1$, 600/h, 15% duty cycle	1.1×10^5	AC 1	
RP330	96 A ON, 16 A OFF, 250 Vac, $\cos\phi=0.6$, 450/h	$> 3 \times 10^4$	VDE 0630	

Coil data	
Nominal voltage	5...110 Vdc
Nominal coil power	500 mW
Operate category	2 / b

Coil versions, DC-coil						
Coil code	Nominal voltage Vdc	Pull-in voltage Vdc	Release voltage Vdc	Maximum voltage Vdc	Coil resistance Ω	Coil current mA
005	5	3.5	0.5	9.0	$54 \pm 10\%$	92.6
006	6	4.2	0.6	10.8	$68 \pm 10\%$	88.2
012	12	8.4	1.2	21.6	$270 \pm 10\%$	44.4
024	24	16.8	2.4	43.2	$1100 \pm 15\%$	21.8
048	48	33.6	4.8	86.4	$4400 \pm 15\%$	10.9
060	60	42.0	6.0	108.0	$6540 \pm 15\%$	9.2
110	110	77.0	11.0	198.0	$23100 \pm 15\%$	4.8

All figures are given for coil without preenergization, at ambient temperature +20°C
Other coil voltages on request



LM2902,LM324/LM324A,LM224/ LM224A

Quad Operational Amplifier

Features

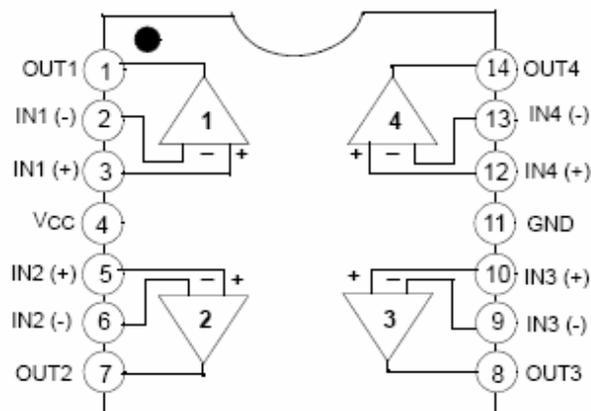
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM224/LM224A, LM324/LM324A : 3V~32V (or $\pm 1.5 \sim 16V$)
LM2902: 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V to VCC -1.5V
- Power Drain Suitable for Battery Operation

Description

The LM324/LM324A,LM2902,LM224/LM224A consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range. operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP Amp circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



Internal Block Diagram



28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

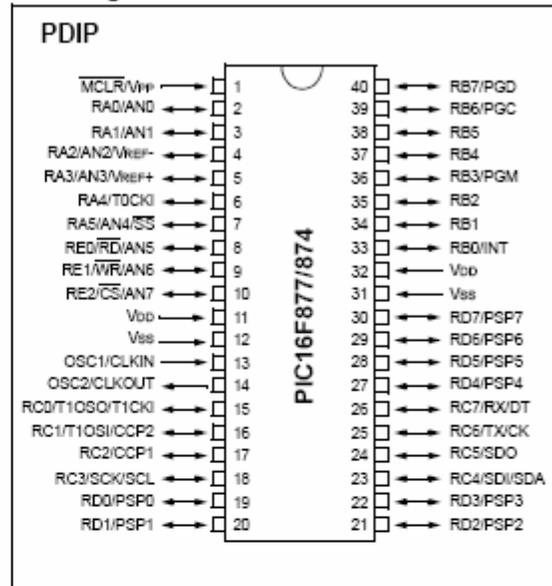
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873 • PIC16F876
- PIC16F874 • PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

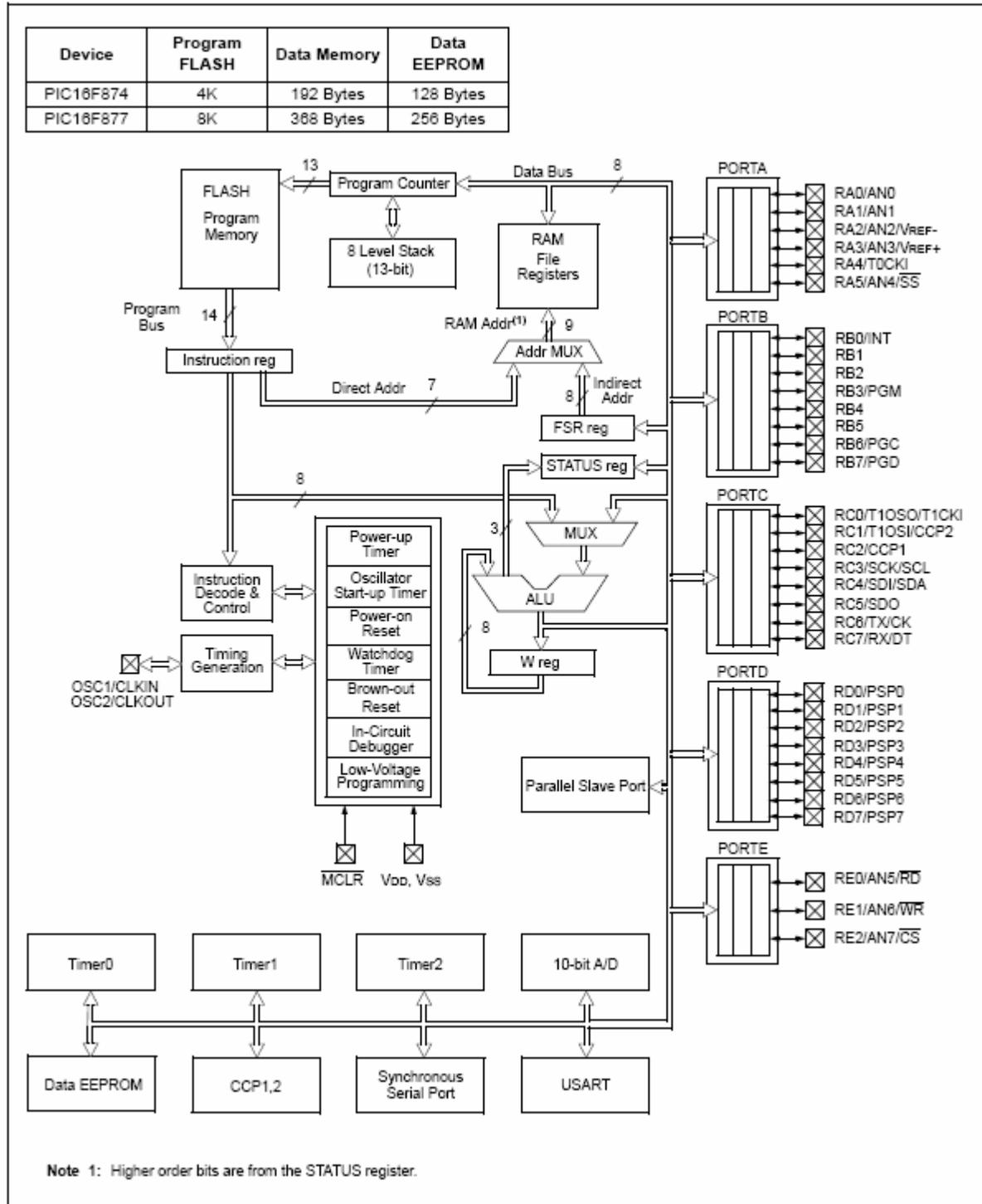


FIGURE 12-6: TIME-OUT SEQUENCE ON POWER-UP ($\overline{\text{MCLR}}$ NOT TIED TO V_{DD}): CASE 1

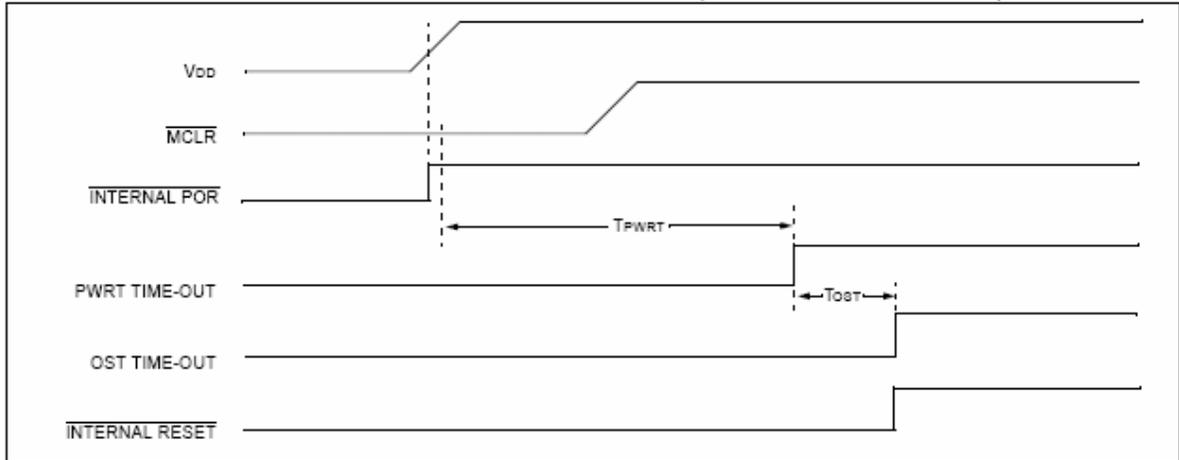


FIGURE 12-7: TIME-OUT SEQUENCE ON POWER-UP ($\overline{\text{MCLR}}$ NOT TIED TO V_{DD}): CASE 2

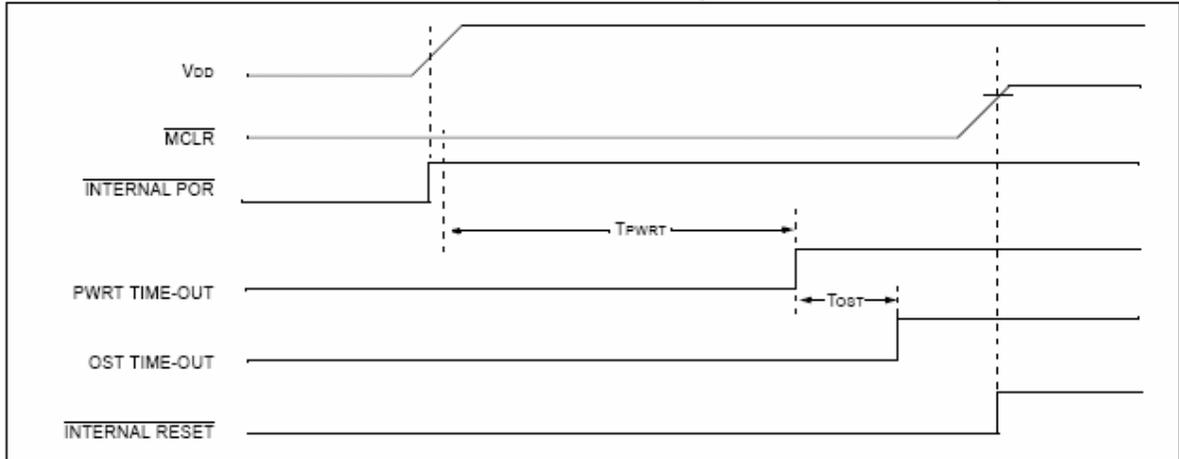
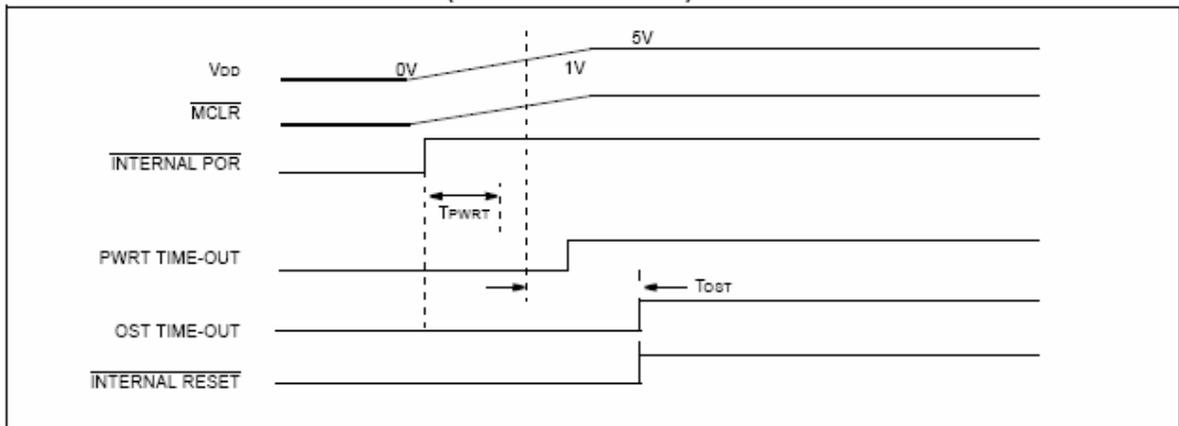
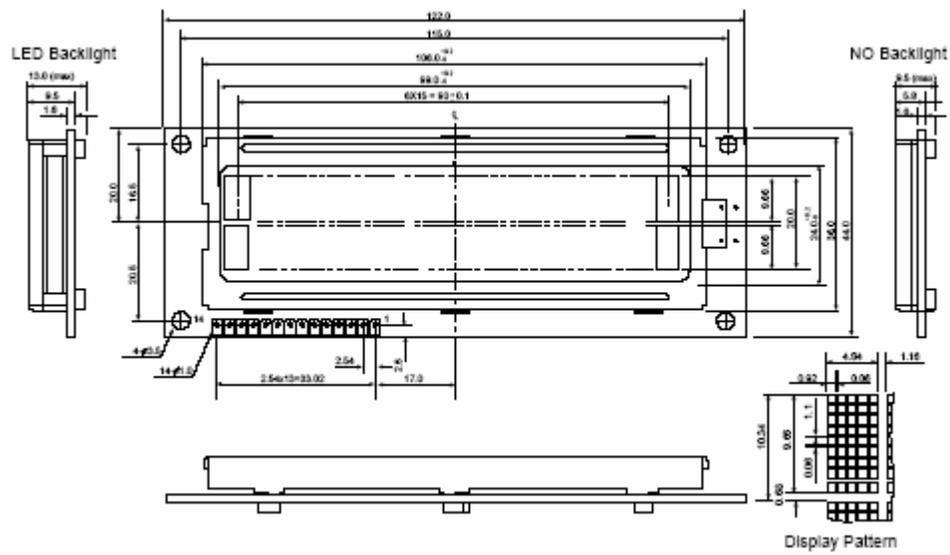


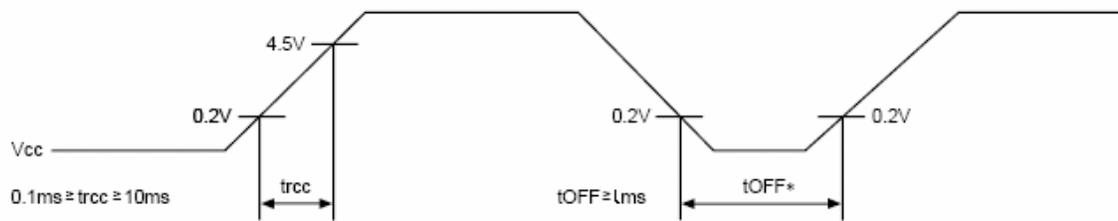
FIGURE 12-8: SLOW RISE TIME ($\overline{\text{MCLR}}$ TIED TO V_{DD})





• Power Supply Conditions Using Internal Reset Circuit

Item	Symbol	Test condition	Limit		Unit
			min	max	
Power Supply Rise Time	t_{rcc}	—	0.1	10	ms
Power Supply OFF Time	t_{off}	—	1	—	ms



Since the internal reset circuit will not operate normally unless the preceding conditions are met, initialize by instruction. (Refer to "Initializing by Instruction")



US Patent Nos.
5,698,831 and 5,729,888

Multicore Sensor

The Multicore Sensor is designed to be installed without de-energizing or cutting the main conductor. This sensor does not require any special calibration for conductor diameter to produce its 2% accurate output. It can be vertically mounted to replace any standard insulator. The deep groove design places the current path at the center of multiple sensing cores that are embedded inside the solid insulator. Overall symmetry of the internal sensing system ensures high accuracy.

Specifications:

<u>ELECTRICAL RATINGS:</u>	<u>9650/E1004</u>	<u>9660/E1004</u>	<u>9670/E1004</u>
INSULATION CLASS	15kV	25kV	35kV
IMPULSE (BIL)	110kV	150kV	200kV
LEAKAGE DISTANCE (in)	16.4	24.5	35.3
DRY ARC DISTANCE (in)	8.8	12.6	16.3
OVERALL HEIGHT (in)	13.2	16.7	20.8
WITHSTAND* (60Hz, 1 min.)	34kV	40kV	50kV
CORONA (extinction)	11kV	19kV	26kV
LOW FREQ. DRY FLASHOVER	80kV	110kV	125kV
LOW FREQ. WET FLASHOVER	60kV	85kV	100kV

*NOTE: Withstand test is not performed on sensors with a voltage divider.

CURRENT SIGNAL OUTPUT:

RATIO: 600 Amps : 10 Volt

OUTPUT BURDEN/LOAD: Calibrated for a 10,000 Ohm or greater load

ACCURACY: $\pm 2\%$

PHASE SHIFT: 0 degrees nominal, ± 1.5 degrees

OPEN CIRCUIT VOLTAGE: 10 Volts at 600 Amps line current.

VOLTAGE SIGNAL OUTPUT (Optional):

DIVIDER RATIO

9650/E1404

9660/E1404

9670/E1904

10,000:1

10,000:1

30,000:1

OUTPUT IMPEDANCE: Calibrated for a 1 megohm load

ACCURACY: $\pm 1\%$

PHASE SHIFT: 0 degrees nominal, ± 1.5 degrees

Calibration of current and voltage signals is virtually **unaffected** by conductor material, size, temperature, armor rod, adjacent phases, line angle or insulator contamination.

MECHANICAL:

INSULATION CLASS

15kV

25kV

35kV

CANTILEVER STRENGTH - (Ultimate, lbs.)

2,800

2,800

2,800

WEIGHT (lbs.)

39

49

59

SHIPPING WEIGHT (lbs.)

44

54

64

NOTE: For vertical mounting only.

OPERATING TEMPERATURE:

Temperature range: -40°C to $+65^{\circ}\text{C}$.

CONDUCTOR DIAMETER RANGE:

The two-sided keeper is made of aluminum (for aluminum conductor) or galvanized ductile iron (for copper conductor) and can accommodate a 0.25 inch to 1.25 inch diameter conductor.

BASIC CONSTRUCTION:

The Multicore Sensor is molded from POLYSIL, a high dielectric strength, anti-tracking polymer concrete developed by Lindsey Manufacturing Company under EPRI contract.

January 2005

Quality and innovation in
transmission and distribution
since 1947

ISO 9001:2000

LINDSEY

www.lindsey-usa.com

LINDSEY MANUFACTURING CO.
760 N. Georgia Ave., P.O. Box 877
Azusa, CA 91702 U.S.A.
Phone: 1-626-969-3471
Fax: 1-626-969-3177

Anexo 2 Interface de usuario del F5 Interface Software” de Cooper Power



Figura B.1 Pantalla principal

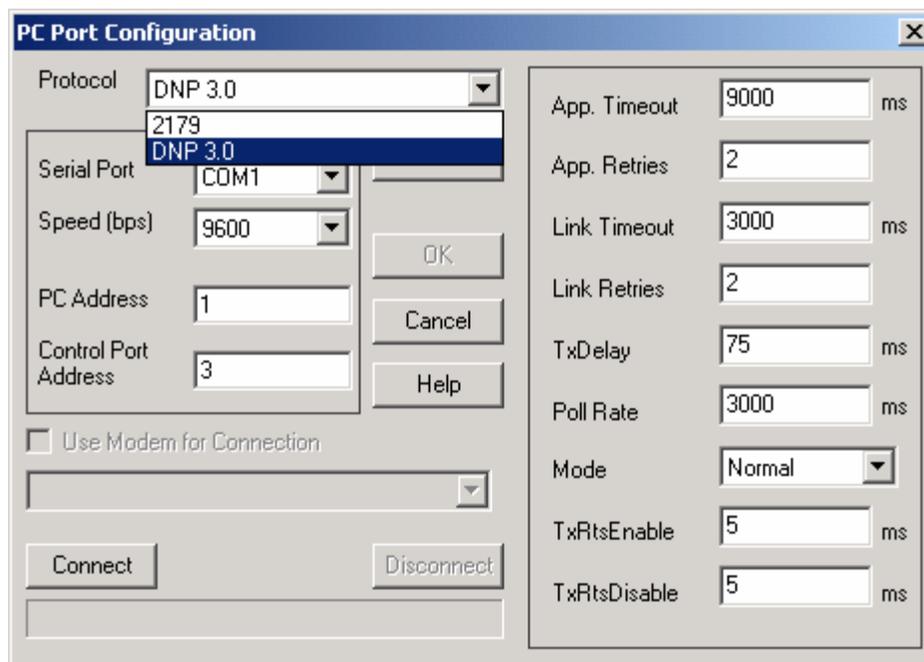


Figura B.2 Configuración del puerto

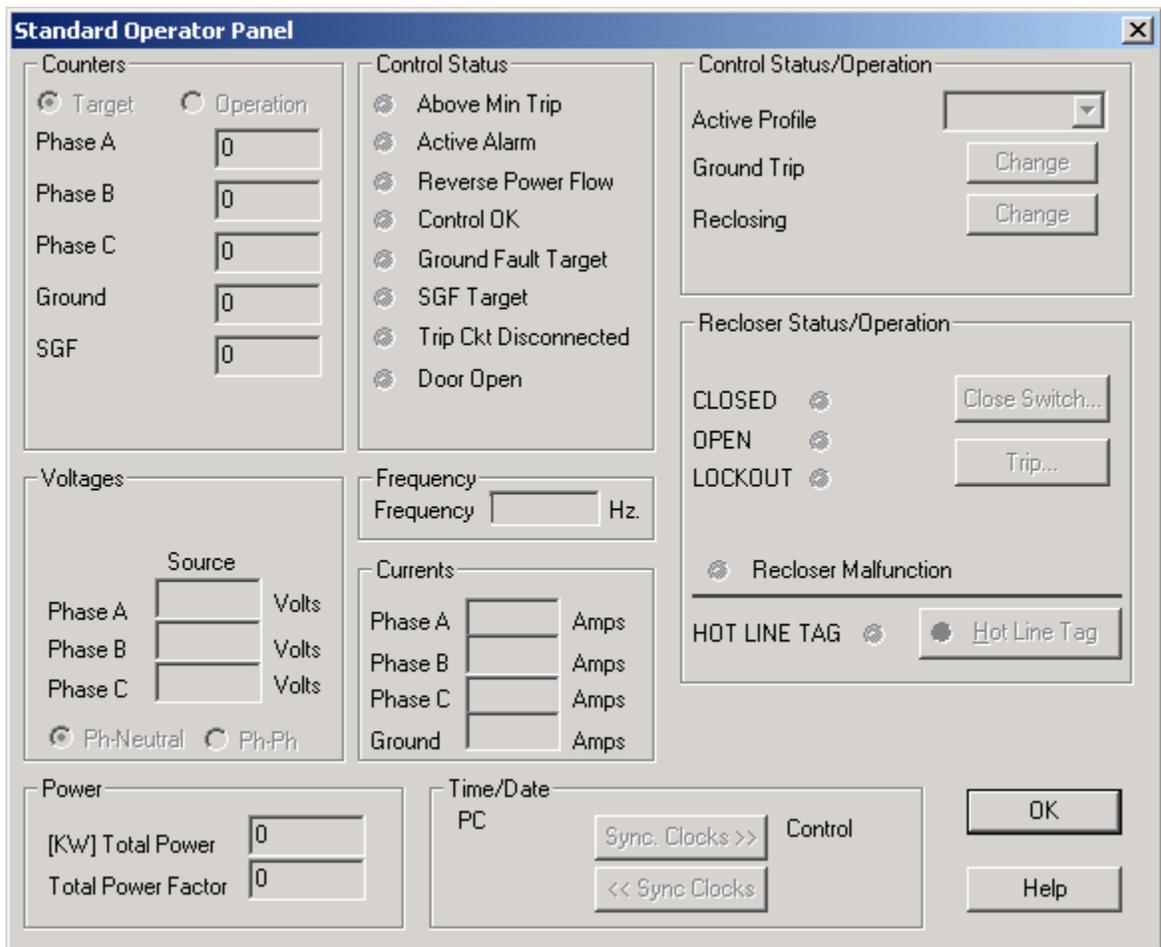


Figura B.3 Panel de operador



Figura B.4 Versión del software de control F5

Anexo 3 Equipo para el radioenlace

**Antenna and Router
IN ONE**

Excellent 802.11g integrated RouterBOARD 511

Flat, high-gain design eases gain design installation and site issues

Up to 54 Mbps on 2.4 GHz with 802.11g

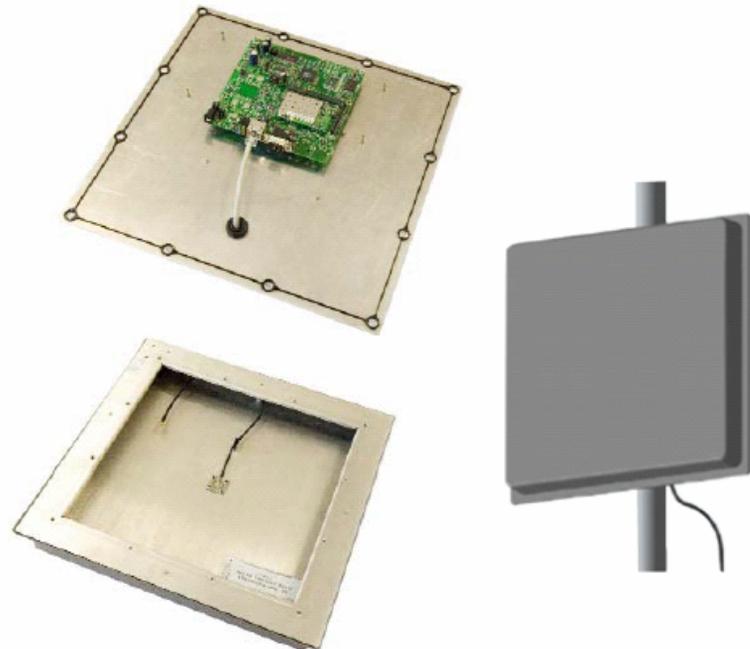
Compact and waterproof design

MikroTik RouterOS with Wireless Client License included!



MikroTik Wireless Package with Integrated 19 dBi Antenna (RB/2019)

The MikroTik Wireless Package (RB/2019) is the most comprehensive wireless solution, which includes powerful wireless router with Power over Ethernet (PoE) feature, all embedded in high-gain (19 dBi) directional antenna. Flat Panel Antenna offers wide territorial coverage with no signal waste. Flat design provides high efficiency and low back lobes with minimal depth dimension. The high-gain antenna with integrated router is easy installable and can be positioned almost everywhere due to its ingenious design. The Power over Ethernet injector provides the possibility to deliver both necessary power and data to router over a single, Category 5 line. This allows greater flexibility in the locating the package, decreases installation costs, and significantly reduces cabling and outlet requirements especially in hard-to-reach places. Use this integrated router package and forget about waterproof boxes and complex installation!



MikroTik Wireless Package includes:

- RouterBOARD 511 with level 4 license
- 19 dBi Integrated Flat Panel Antenna for 2.4 GHz frequency
- 802.11a+b+g 65 mW Wireless miniPCI Card
- Passive POE base unit
- 18v 18w power supply
- Patch cable



Serial Interface

Interface: RS-232, RS-422 or RS-485
 Connector: DB25, DCE configuration
 Data Rates: 300 to 115,200 bps
 Characters: 7 or 8 data bits
 Parity: odd, even, none
 Stop Bits: 1
 Flow Control: XON/XOFF, RTS/CTS
 Control Signals: RTS, CTS, DSR, DCD, DTR
 Installable serial protocols

Network Interface

Standards: ARP, UDP/IP, TCP/IP, ICMP, SNMP, BOOTP, DHCP, TFTP, Telnet and HTTP
 Interface: 10Base-T/100Base-TX Ethernet
 Connector: RJ45
 Installable application layer protocols

Indicators

Link (green), Network transmit/receive (yellow), Collision (red), Diagnostic (red), Status (green)

Management

SNMP, serial, Telnet and HTTP (web browser)

Power

Input: 9 to 30 VDC, 250 MA max, Universal 100 to 240 VAC, 50/60 Hz power adapter included

Environmental

Operating: 5° to 50°C (41° to 122°F)
 Storage: -40° to 66°C (-40° to 151°F)

Unit Packaging

Mounting: Flange
 Material: Metal case
 Dimensions: 23 x 64 x 90 mm (0.9 x 2.5 x 3.5 in)
 Weight: 0.35 kg (0.8 lbs)

Agency Approvals

CE, FCC B, TUV, C/UL

Warranty

1-year limited warranty

Software

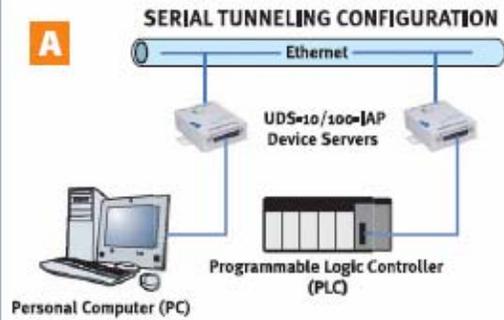
Included Windows® 95/98/ME/NT/2000/XP-based configuration software simplifies initial setup

Shipping

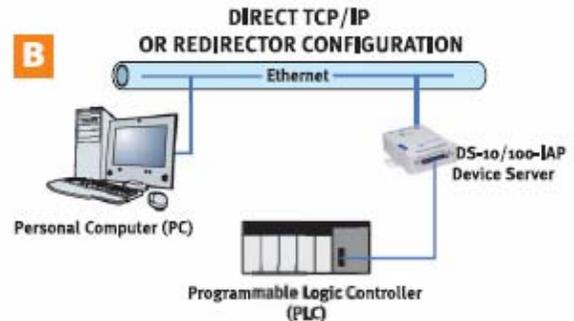
Dimensions: 115 x 242 x 191 mm (4.5 x 9.5 x 7.5 in)
 Weight: 1.5 kg (3.0 lbs)

Example Configurations

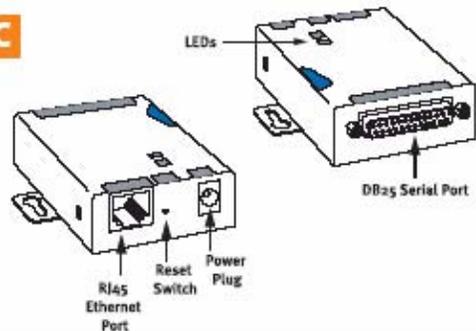
A



B



C



Ordering Information

- UDS-10-IAP Device server, DB25 (RS-232, RS-422/485) DCE serial port, RJ45 (10-Base-network port, diagnostic LEDs, CD-ROM with configuration tools, installable communication drivers and installation guide.
- UDS100-IAP Device server, DB25 (RS-232, RS-422/485) DCE serial port, RJ45 (10-Base-T/100Base-TX) network port, diagnostic LEDs, CD-ROM with configuration tools, installable communication drivers and installation guide.
- UDS-M-SBC Male DB25 to RS-422/485 screw block connector.

