



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO LOCAL/REMOTO
PARA GENERADORES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAO
UTILIZANDO INTOUCH”.**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

EDISON DANILO PAZOS GUZMÁN

Riobamba – Ecuador

2011

A Dios y a mi madre América Guzmán por su incansable lucha por sacarme adelante y por ser lo mejor que Dios me ha dado, por su paciencia, por su amor, su lucha por enrumbarme bien, por ser mi amiga y mi ángel; a mi padre por su apoyo incondicional, su amor de padre y amigo; a mis primos que son como hermanos: Morayma, Marcia, Iván, Marco por su amistad y afecto; a mi tía Morita, Piedad por su cariño, por entregarme lo mejor de cada uno, y a NENITA que con su amor ,comprensión y cariño me ha alentado para crecer profesionalmente y seguir conmigo y amigos que han sido mi inspiración para culminar esta etapa más, en mi vida profesional.

Danny

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de prepararme académicamente; a todos los docentes de la Facultad de Informática y Electrónica en la persona del Ing. Jhonny Vizúete por ayudarme a cristalizar el presente trabajo de grado; al Ing. Marco Viteri, Director de Tesis por su acertada guía y dirección para la culminación del presente trabajo.

A mis compañeros Marco y Jaime por su amistad sincera sin egoísmos, por su apoyo en la lucha diaria y por tenderme siempre la mano para continuar adelante.

Edison Danilo Pazos Guzmán

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Jhonny Vizueté MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Tlg. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Edison Danilo Pazos Guzmán soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Edison Danilo Pazos Guzmán

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANSI:	American National Standards Institute
API:	Application Programming Interfaces
ASP:	Active Server Page
CC:	Corriente Continua
CA:	Corriente Alterna
CIM:	Manufactura Integrada por Computadora
CORBA:	Common Object Request Broker Architecture
CRC:	Comprobación de Redundancia Cíclica
CSMA/CD:	Acceso Múltiple Sensible a la Portadora con detección de colisión
DCS:	Sistema de Control Distribuido
DDE:	Dynamic Data Exchange
DIF:	Data Interchange Format
DIN:	Instituto Alemán de Normalización
DNS:	Domain Name System
EERSA:	Empresa Eléctrica Riobamba S. A.
FBD:	Diagrama de Bloques de Función
HMI:	Interfaz hombre máquina
I/O SERVERS:	Servidores de entrada y salida
ISO:	International Organization for Standardization
LAN:	Red de área local
LD:	Diagrama de Contactos
LK:	Active Link
MODBUS:	Protocolo de comunicaciones de MODICOM

NC:	Normalmente Cerrado
NO:	Normalmente Abierto
OSI:	Open Systems Interconnection
ODBC:	Open data base Connectivity
OLE:	Object Linking and Embedding
OLAP:	Procesamiento Analítico en Línea
POE:	Power over ethernet
PLC:	Controlador Lógico Programable
PVD:	pantallas de visualización de datos
RTU:	Unidad Terminal Remota
RX:	Receiving data
SCADA:	Supervisory Control And Data Acquisition
SCSI:	Small Computer System Interface
SFC:	Sistema de control de secuencia
ST:	Texto Estructurado
SQL:	Structured Query Language
TC:	Transformador de corriente
TCP:	Protocolo de control de transmisión
TCP/IP:	Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet
TP:	Transformador de potencial
TX:	Transmitting data
USB:	Universal Serial Bus

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
FIRMAS DE RESPONSABLES	
TEXTO DE RESPONSABILIDAD	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 JUSTIFICACIÓN	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 General	22
1.3.2 Específicos	22
1.4 HIPÓTESIS	23

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS BÁSICOS

2.1 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	24
2.2 GENERADORES SÍNCRONOS	25
2.3 TRANSFORMADORES DE MEDIDA	26
2.3.1 Transformador de tensión	26
2.3.2 Transformador de corriente	27
2.4 MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	28
2.4.1 Clasificación de los medidores	28
2.4.2 Medidor de consumo eléctrico ION6200 DE POWER LOGIC	32
2.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES	36
2.5.1 Tecnología de buses de campo	39
2.5.2 Buses de campo	40
2.5.3 Estructura de capas de bus de campo	42
2.6 MODELOS DE RELACIÓN DE APLICACIÓN	42
2.6.1 Maestro-esclavo	43
2.6.2 Productor-Consumidor	43
2.6.3 Cliente-Servidor	43
2.6.4 Publicista-Suscriptor	44
2.7 REDES INDUSTRIALES	44
2.7.1 Clasificación de las redes industriales	45
2.7.2 Topología de redes industriales	46
2.8 PUENTE DE CONVERSIÓN MODBUS EGX100	47
2.8.1 Características	48
2.9 SWITCH INDUSTRIAL ETHERNET	49
2.9.1 Estandarización	51
2.9.2 Switch industrial ETHERNET SFN 8TX DE PHOENIX CONTACT	54

2.10 El PLC-----	55
2.10.1 Ventajas-----	55
2.10.2 Funciones del PLC-----	55
2.10.3 Tipos de PLC-----	55
2.10.4 PLC MODICON M340 PROCESADOR MBX P34 2020-----	57
2.10.5 Racks MODICON M340-----	58
2.10.6 Fuentes de alimentación M340-----	60
2.10.7 Procesadores y tarjetas de memoria-----	62
2.10.8 Tarjeta de memoria para CPU-----	64
2.10.9 Módulos de E/S digitales-----	65
2.10.10 TELEFAST ABE7-----	67
2.10.11 Redes industriales con PLC-----	69
2.11 PROTOCOLO DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES-----	71
2.11.1 MODBUS-----	73
2.11.2 Protocolo-----	75
2.11.3 Variantes de MODBUS-----	83
2.12 SISTEMAS DE MONITOREO CON INTOUCH-----	89
2.12.1 Interface hombre-máquina (HMI, MMI)-----	89
2.12.2 INTOUCH para diseño de la HMI-----	89
2.12.3 Herramientas de INTOUCH-----	95
2.13 BASES DE DATOS-----	121
2.13.1 ODBC-----	121
2.13.2 SQL-----	122
2.13.3 Almacenamiento de Datos-----	123

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACION DE LA RED INDUSTRIAL

3.1 ADQUISICIÓN DE DATOS DE GENERACIÓN DESDE LOS MEDIDORES DE ENERGÍA ION 6200-----	128
3.1.1 Instalaciones de los medidores ION 6200-----	128
3.1.2 Montaje y Conexión de los medidores ION 6200-----	132
3.2 EL TABLERO DE CONTROL-----	137
3.2.1 Fuente, protecciones y elementos del tablero de control-----	137
3.3 ADQUISICIÓN DE LOS ESTADOS DE SECCIONADORES Y DISYUNTORES-----	144
3.3.1 Telefast-----	147
3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED MODBUS-----	152
3.4.1 Indicador Rxd/Txd Dual-----	153
3.4.2 Descripción y configuración de la conexión del EGX100-----	156
3.4.3 Configuración del EGX100 mediante el navegador de internet-----	158
3.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC-----	164

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA HMI Y CONEXIÓN CON SQL SERVER

4.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA HMI-----	173
4.2 CREACIÓN DEL PROYECTO-----	174
4.2.1 Configuración del I/O server MBENET-----	175
4.3 COMUNICACIÓN INTOUCH CON MICROSOFT SQL SERVER-----	181
4.4 PANTALLAS DE TRABAJO-----	195
4.4.1 Menú-----	195
4.4.2 Autenticación de usuarios-----	196

4.4.3 Diagrama unifilar-----	197
4.4.4 Mediciones de datos-----	198
4.4.5 Tanques-----	199
4.4.6 Reportes-----	199
4.4.7 Alarmas-----	201
4.4.8 Tendencias en tiempo real-----	201
4.4.9 Históricos-----	202
4.4.10 Simbología-----	202
4.4.11 Información-----	203
4.4.12 Arquitectura del sistema-----	203
4.4.13 Ayuda-----	204

CAPÍTULO V

GENERACIÓN DE REPORTE Y CONFIGURACIÓN DE ESCRITORIO REMOTO

5.1 CONEXIÓN DE LA BASE DE DATOS CON EXCEL-----	205
5.1.1 Creación de origen de datos-----	205
5.2 REPORTE EN EXCEL UTILIZANDO MICROSOFT QUERY-----	208
5.2.1 ¿Qué es Microsoft Query?-----	208
5.2.2 Tipos de bases de datos a los que se puede obtener acceso-----	208
5.2.3 Seleccionador datos de una bse de datos-----	209
5.2.3 Forma en la que Microsoft Query utiliza los orígenes de datos-----	209
5.2.4 Forma en la que Microsoft Query utiliza los orígenes de datos-----	209
5.2.5 Utilizar Microsoft Query para importar datos-----	210
5.2.6 Conectar con un origen de datos-----	210
5.3 CONFIGURACIÓN DEL ESCRITORIO REMOTO-----	216

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 SIMULACIÓN GENERACIÓN DE REPORTE-----	218
---	-----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de bloques de conversión de energía-----	24
Figura 2	Generador sincrónico-----	25
Figura 3	Transformador de potencial-----	27
Figura 4	Transformador de corriente-----	28
Figura 5	Medidor de energía ION6200-----	32
Figura 6	Vista frontal y posterior del medidor ION6200-----	34
Figura 7	Conexión directa de entradas y voltaje y 3 TCs entradas de corriente-----	34
Figura 8	Conexión de 3 TPs y 3 TCs-----	34
Figura 9	Conexión de 2 TPs y 3TCs-----	35
Figura 10	Conexión de 2 TPs y 3 TCs-----	35
Figura 11	Conexión 2 TPs y 2 TCs-----	35
Figura 12	Conexión directa de triángulo de 3 hilos-----	35
Figura 13	Control centralizado-----	37
Figura 14	Control distribuido-----	38
Figura 15	Bus de campo-----	41
Figura 16	Relación de capas-----	43
Figura 17	Pasarela de conversión de protocolos MODBUS R485/MODBUS TCP/P	47
Figura 18	Descripción de EGX100-----	49
Figura 19	Aplicación típica del EGX100-----	49
Figura 20	Swich en el centro de una red en estrella-----	50
Figura 21	Switch Ethernet de PHOENIX CONTACT-----	54
Figura 22	Plataforma de automatización M340-----	57
Figura 23	Rack M340-----	58
Figura 24	Tipos de racks-----	59
Figura 25	Ubicación de la fuente M340-----	60
Figura 26	Descripción de rack-----	60
Figura 27	Fuente de alimentación PLC-----	60
Figura 28	Descripción terminales de alimentación-----	62
Figura 29	Procesador M340 BMX P34 2020-----	62
Figura 30	Protocolo MODBUS-----	63
Figura 31	Protocolos Ethernet-----	63
Figura 32	Tarjeta de memoria para CPU-----	64
Figura 33	Descripción frontal de CPU-----	64
Figura 34	Leds indicadores de estado-----	65
Figura 35	Sintaxis utilizada en módulos de E/S-----	66
Figura 36	Cable TELEFAST de conexión hacia módulo E/S-----	67
Figura 37	Conexión del TELEFAST-----	67
Figura 38	Conexión del cable TELEFAST-----	68

Figura 39	Conexión del telefast para entradas discretas-----	68
Figura 40	Aplicación con telefast-----	69
Figura 41	Trama genérica del mensaje según código empleado-----	75
Figura 42	Cálculo del CRC codificación RTU-----	77
Figura 43	Trama genérica de las subestaciones de control esclavo -----	78
Figura 44	Petición y respuesta de la función: Lectura bits (01H, 02H)-----	78
Figura 45	Petición y respuesta de la función: Lectura de palabras (03H, 04H)-----	79
Figura 46	Petición y respuesta de la función: Escritura de un bit (05H)-----	79
Figura 47	Petición y respuesta de la función: Escritura de una palabra (06H)-----	80
Figura 48	Petición y respuesta de la función: Lectura rápida de un octeto (07H)-----	80
Figura 49	Petición y respuesta de la función: Control de contadores (08H)-----	81
Figura 50	Petición y respuesta de la función: Contenido contador 9 (0BH)-----	81
Figura 51	Petición y respuesta: Escritura de bits (0FH)-----	82
Figura 52	Petición y respuesta: Escritura de palabras (10H)-----	82
Figura 53	Trama de mensaje de error-----	83
Figura 54	Encapsulamiento de la trama MODBUS en TCP-----	85
Figura 55	Administrador de proyectos-----	93
Figura 56	Lista de aplicaciones-----	93
Figura 57	Configuración de las propiedades de ventana-----	94
Figura 58	Diccionario de tags-----	96
Figura 59	Enlaces de contacto-----	100
Figura 60	Enlaces de visualizadores-----	102
Figura 61	Selección de links-----	104
Figura 62	Cuadro de diálogo para links-----	104
Figura 63	Tagname dictionary-----	105
Figura 64	HMI de un proceso en INTOUCH-----	106
Figura 65	Librería Symbol Factory (Reichard Software)-----	107
Figura 66	Gráfica histórica con utilidades (In Touch)-----	108
Figura 67	Exportación de datos de una gráfica histórica INTOUCH-----	109
Figura 68	Ejemplo de pantalla de alarma (InTouch)-----	111
Figura 69	Configuración del archivado de alarmas en InTouch-----	113
Figura 70	Arquitectura de los I/O Server Wonderware-----	118
Figura 71	Ventana de configuración Access Name-----	119
Figura 72	Ventana de configuración MBENET-----	120
Figura 73	Medidores de energía de cada grupo-----	129
Figura 74	a) Conexionado medidores reemplazados b) Toma de señales de corriente-----	130
Figura 75	Señales de voltaje R, S, T. -----	131
Figura 76	Ensamblaje del medidor de energía ION 6200-----	132
Figura 77	a) Perforación del tablero b) Montaje sobre el tablero-----	133

Figura 78	Conexión de la alimentación del medidor de energía ION 6200-----	135
Figura 79	Configuración de conexión para medidor ION 6200-----	136
Figura 80	a) Instalación del ION 6200 b) Conexión del ION 6200-----	136
Figura 81	Vista frontal del ION 6200 ya instalado-----	136
Figura 82	Instalación y montaje del tablero de control-----	137
Figura 83	Fuente de poder que energiza el tablero de control-----	138
Figura 84	a) Breaker de alimentación general b) Supresor de transitorios-----	139
Figura 85	Esquema conexiones de protecciones, fuente y distribuciones en tablero--	140
Figura 86	Fuente y elementos de protección del tablero de control-----	141
Figura 87	Distribución de energía para los equipos del tablero de control-----	142
Figura 88	Tablero de control implementándose-----	143
Figura 89	Tablero de control implementado-----	143
Figura 90	Disyuntores y seccionadores (central hidroeléctrica ALAO)-----	144
Figura 91	Tablero de control subestación e indicadores de estado-----	144
Figura 92	Cableado de señales de estado (tablero de mando)-----	145
Figura 93	Relés de 11 pines 125 vcd-----	146
Figura 94	Identificación de los pines de relé-----	146
Figura 95	Nomenclatura y Conexión de los relés hacia los bornes del telefast-----	147
Figura 96	Conexiones grupos 1- 4 desde pupitre de control hacia entradas telefast	147
Figura 97	Conexiones de señales de estado hacia el telefast-----	148
Figura 98	Cableado de estados de seccionadores/disyuntores y estados de fallos---	149
Figura 99	Conexión del telefast y módulos del PLC-----	150
Figura 100	Implementación del telefast hacia el PLC-----	151
Figura 101	Conexión y características de comunicaciones del medidor de energía---	152
Figura 102	Gateway de comunicaciones EGX100-----	154
Figura 103	Conexionado del EGX100 con los dispositivos esclavos-----	154
Figura 104	Disposición de los DIP SWITH para comunicación RS485-----	155
Figura 105	Interconexiones de los medidores de energía y de Gateway-----	155
Figura 106	Descripción del EGX100-----	157
Figura 107	Conexión del EGX100 hacia la PC para la configuración-----	157
Figura 108	Ingreso a la configuración Web Browser del EGX100-----	158
Figura 109	Entorno de monitores y configuración del EGX 100-----	159
Figura 110	Configuración de la IP-----	160
Figura 111	Configuración del puerto serial-----	160
Figura 112	Configuración del número de dispositivos-----	161
Figura 113	Configuración de usuarios-----	161
Figura 114	Configuración de acceso al dispositivo-----	162
Figura 115	Entorno de lectura de los registros del medidor de energía-----	163
Figura 116	Conexión ETHERNET del PLC hacia el switch-----	164
Figura 117	a) Fuente BMX CPS 2010 b) CPU c) Módulo de entradas digitales--	164

Figura 118	Nomenclatura de los módulos de entradas digitales BMXDDI3202K-----	166
Figura 119	Entorno de configuración del M340-----	167
Figura 120	Configuración del M340-----	168
Figura 121	Configuración de la red Ethernet del M340-----	169
Figura 122	Entorno de configuración M340-----	170
Figura 123	Bloques de funciones disponibles en el lenguaje FBD-----	171
Figura 124	Programación del M340-----	172
Figura 125	Arquitectura de la HMI en INTOUCH-----	174
Figura 126	Arquitectura de la conexión entre INTOUCH y la base de datos-----	174
Figura 127	Creación del proyecto en el APPLICATION MANAGER-----	175
Figura 128	Entorno de programación en INTOUCH-----	175
Figura 129	I/O Server MBENET MODBUS TCP/IP-----	176
Figura 130	Configuración del MBENET para el medidor del grupo 1 y 2-----	177
Figura 131	Configuras del MBENET para el medidor del grupo 3 y 4-----	177
Figura 132	Configuración del MBENET para el PLC M340-----	178
Figura 133	Configuración del servidor-----	178
Figura 134	Ingreso a la configuración de los Access Names-----	178
Figura 135	Configuración del Access Name para el medidor del grupo 1 y 2-----	179
Figura 136	Configuración del Access Name apra el medidor del grupo 3 y 4-----	179
Figura 137	Configuración del Acces Name para el PLC M340-----	179
Figura 138	Configuración de la variable de potencia para el grupo 1-----	180
Figura 139	Abriendo SQL SERVER-----	181
Figura 140	Entorno de manejo y configuración de SQL SERVER-----	182
Figura 141	Creación de una nueva base de datos-----	182
Figura 142	Creación de la base de datos ALAO-----	183
Figura 143	Creación de una nueva tabla en SQL SERVER-----	183
Figura 144	Ingreso de los campos de la tabla-----	184
Figura 145	Herramienta de conexión a una base de datos-----	185
Figura 146	Configuración de la base de datos-----	186
Figura 147	Nuevos origen de base de datos-----	186
Figura 148	Administrador de orígenes de datos ODBC-----	187
Figura 149	Nuevo origen de datos SQL SERVER-----	187
Figura 150	Configuración de la conexión de origen de datos-----	188
Figura 151	Configuración de la autenticación del origen de datos-----	188
Figura 152	Base de datos predeterminada-----	189
Figura 153	Finalización del origen de la conexión de INTOUCH mediante ODBC---	189
Figura 154	Detalles de la conexión creada-----	190
Figura 155	Prueba de conexión con las bases de datos mediante ODBC-----	190
Figura 156	Verificación de conexión entre INTOUCH y base de datos SQL SERVER----	191
Figura 157	Creaciones de una BIND LIST-----	192

Figura 158	Ingreso de items en una Bind List-----	192
Figura 159	Table Template-----	193
Figura 160	Sintaxis SQL de conexión, inserción y desconexión con la base de datos-	193
Figura 161	Pantalla principal del sistema de monitoreo-----	196
Figura 162	Autenticación de usuarios-----	197
Figura 163	Diagrama unifilar de la central hidroeléctrica ALAO-----	198
Figura 164	Mediciones de datos de cada grupo de generación-----	198
Figura 165	Niveles de tanques-----	199
Figura 166	Generación de reportes-----	200
Figura 167	Pantallas de alarmas-----	201
Figura 168	Tendencias en tiempo real de grupo 1-----	201
Figura 169	Históricos de datos-----	202
Figura 170	Simbología-----	202
Figura 171	Información-----	203
Figura 172	Arquitectura del Sistema-----	203
Figura 173	Ayuda-----	204
Figura 174	Excel fuentes de datos-----	205
Figura 175	Fuentes de datos-----	206
Figura 176	Asistente para la conexión de datos-----	206
Figura 177	Selección de la tabla especificada de datos-----	207
Figura 178	Exportación de datos-----	208
Figura 179	Arquitectura de comunicaciones Excel-Base de Datos-----	210
Figura 180	Microsoft Query-----	210
Figura 181	Elección de un origen de base de datos-----	211
Figura 182	Elección de columnas de tablas-----	211
Figura 183	Selección de columnas para la consulta-----	212
Figura 184	Definición de las condiciones de filtrado-----	212
Figura 185	Definición del filtro de datos-----	213
Figura 186	Consulta Microsoft Query-----	213
Figura 187	Respuesta de una consulta Microsoft Query-----	214
Figura 188	Consulta de Datos en Excel-----	214
Figura 189	Configuración de parámetros de la consulta Microsoft Query-----	215
Figura 190	Configuración para tomar el dato desde una celda-----	216
Figura 191	Conexión a escritorio remoto-----	217
Figura 192	Generación de reportes en Excel-----	219
Figura 193	Informe diario de potencias y energía-----	219
Figura 194	Visualización por flechas-----	220
Figura 195	Visualización en Excel por flechas-----	220
Figura 196	Selección de flechas para reporte-----	221
Figura 197	Alarmas de apertura y cierre de seccionadores y disyuntores-----	222

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Implementaciones de buses de campo sobre Ethernet-----	53
Tabla 2	Descripción técnica switch Ethernet (industrial)-----	54
Tabla 3	Características de los tipos de fuentes-----	61
Tabla 4	Características del procesador BMX P34 2020-----	63
Tabla 5	Funciones básicas y códigos de operación-----	77
Tabla 6	Consideraciones de montaje del medidor de energía ION 6200-----	133
Tabla 7	Especificaciones de entradas de tensión-----	134
Tabla 8	Especificaciones de entrada de intensidad-----	135
Tabla 9	Características de entrada hacia la fuente-----	138
Tabla 10	Características de salida desde la fuente-----	138
Tabla 11	Descripción de los campos de la BIND LIST-----	192
Tabla 12	Descripción de los parámetros del SQL Connect-----	194
Tabla 13	Descripción de los parámetros del SQL Insert-----	194
Tabla 14	Niveles de privilegio se muestran a continuación-----	196

INTRODUCCIÓN

La Implementación del Sistema de Monitoreo Local/Remoto para generadores de la Central Hidroeléctrica ALAO utilizando INTOUCH, fue desarrollado para cumplir los requerimientos de la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., tomando como punto de partida la sustitución de los medidores de los grupos de generación; implementado una red con protocolo MODBUS que se comunica a una red Ethernet mediante un conversor de protocolo.

Se desarrolló una HMI con INTOUCH por medio de la cual se realiza el monitoreo tanto de generadores como de los tanques de presión, desarenador y túnel 13 que son de vital importancia para proporcionar la energía de movimiento de turbinas.

Por otra parte la generación de reportes de potencia y energía, que almacenamos en una base de datos a través de SQL SERVER visualizando los reportes en Excel permitiendo imprimirlos y utilizarlos de la manera más conveniente tanto para EERSA como el CONELEC.

El presente trabajo consta de seis capítulos: Capítulo I denominado Marco Referencial consta los antecedentes de la problemática detectada, la justificación que nos llevó a la implementación del proyecto, los objetivos general y específicos a cumplir y la hipótesis como una posible solución al problema detectado.

Capítulo II denominado Fundamentos Básicos en la que se realiza una recopilación bibliográfica y documental de temas relacionados a las variables de estudio.

Capítulo III denominado Implementación de la Red Industrial donde se indica cómo se realizó la implementación de la red industrial con protocolo MODBUS.

Capítulo IV denominado Desarrollo de la HMI y conexión con SQL SERVER donde se detalla la programación y software utilizado en esta etapa.

Capítulo V denominado Generación de Reportes y Configuración de Escritorio Remoto, donde se especifica la conexión entre el Excel y la base de datos para la extracción y visualización de datos y configuración del escritorio remoto de Windows para ingresar al sistema remotamente dentro de la intranet de la EERSA.

Capítulo VI denominado Pruebas y resultados donde se precisa los resultados obtenidos con el sistema de monitoreo.

Finalmente tenemos las conclusiones y recomendaciones que se realizan a fin de optimizar el sistema de monitoreo que con la ayuda de un Manual de Usuario, el funcionario encargado de realizar esta actividad estará en condiciones de generar los reportes diarios sin problema alguno.

Con este aporte se ha dado una solución económica y tecnológica al problema de la manipulación de los datos que existía en la Central Hidroeléctrica ALAO.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

La Central Hidroeléctrica ALAO, pertenece a la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., está ubicada en la vía LICTO-PUNGALA, aporta al Sistema Nacional Interconectado con 10,4 MWatt a través de 4 generadores; los grupos 1 y 2 se conectan a un transformador elevador de 2.400 a 44.000 volt.; que a su vez se conecta a un interruptor de alta tensión (AT) y seccionador para llegar a las barras totalizadoras de 44 kv. y los grupos 3 y 4, se conectan a un transformador elevador de 2.400 a 69.000 volt, que igualmente se conectan a barras totalizadoras, pero de 69 kv.

Las barras totalizadoras de 44Kv y 69Kv se acoplan mediante un autotransformador de 44.000 volt a 69.000 volt. Esta energía se entrega al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) a través de la subestación N°1 ubicado en Riobamba. El ente regulador de energía eléctrica CONELEC ha dispuesto:

Según Regulación No. CONELEC-005/08¹ acerca de “los requerimientos que deben cumplir los Agentes del MEM y el Transmisor, con relación a la supervisión y control en tiempo real que realiza el CENACE, para que se cumpla eficientemente; para lo cual deberá disponer de manera segura, confiable y con altos índices de disponibilidad, la información en tiempo real necesaria para la operación del Sistema Nacional Interconectado”.

Este requerimiento fue punto de partida para la implementación de un sistema de monitoreo local y remoto que visualice datos y reportes de generación de potencia y energía entregadas al MEM.

En la Central Hidroeléctrica ALAO los reportes de energía y potencia son registradas manualmente desde los medidores locales existentes los cuales se informan cada hora a despacho de carga para tabular los datos que serán enviados al CENACE; esta actividad se realiza todos los días del año.

Los medidores digitales que fueron reemplazados no podían integrarse a ninguna red imposibilitando la ejecución de un proyecto para la adquisición de datos, para dar cumplimiento a la regulación CONELEC-005/08 debido a que carecen de un protocolo de comunicación que permita disponer de los datos de generación y monitoreo de los sucesos en la central hidroeléctrica.

¹ www.conelec.gob.ec/images/normativa/TIEMPOREAL_005_08.doc

1.2 JUSTIFICACIÓN

El creciente desarrollo del avance tecnológico en sistemas de telemetría y su dependencia de la informática aplicada en el área industrial para el sector eléctrico que permita la visualización remota hacia oficinas centrales; constituye un aporte al desarrollo empresarial eficiente y eficaz para la manipulación de la información referente a la generación de energía eléctrica.

La implementación de un sistema de monitoreo local/remoto para generadores de la central hidroeléctrica ALAO utilizando Intouch para el monitoreo de datos de cada grupo de generación que carecen de un sistema de acceso remoto a sus variables unificadas de voltaje, corriente, potencias activas y reactivas, factor de potencia, energías activas y reactivas, tanques de presión, desarenador y túnel 13; con estados de interruptores de AT y seccionadores, para dar cumplimiento a la disposición de la regulación N°CONELEC-005/08 beneficiando con la ejecución de este proyecto a la empresa Eléctrica “Riobamba” que cuenta con un robusto e innovado sistema de monitoreo local/remoto que a más de sus prestaciones de visualización y monitoreo, genera reportes diarios e históricos de la energía entregada al Mercado Eléctrico Mayorista.

Es factible de realización porque se contó con el apoyo de la Empresa Eléctrica de Riobamba para la implementación y ejecución de este proyecto en la Central Hidroeléctrica ALAO para completar la automatización de datos.

Este trabajo constituye un aporte técnico y práctico de beneficio para la Empresa Eléctrica de Riobamba y para mi persona porque constituyó un reto que se logró

ejecutar gracias a la colaboración de todo el personal técnico encargado en la central hidroeléctrica ALAO.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Implementar un sistema de monitoreo local/remoto para generadores de la Central Hidroeléctrica ALAO utilizando INTOUCH.

1.3.2 Específicos

- Implementar una red industrial MODBUS RS485/MODBUS TCP/IP utilizando un Gateway de conversión EGX100, con los medidores de energía para la adquisición de datos desde los grupos de generación.
- Adquirir estados de disyuntores y seccionadores para proporcionar señales de estado abierto y cerrado utilizando un PLCM340 con módulos de entradas discretas.
- Desarrollar una aplicación con INTOUCH para procesar datos provenientes de los medidores de energía que permita visualizar datos de generación como: voltaje, corriente, potencias, factor de potencia, etc., con estados de los interruptores y seccionadores de cada grupo y niveles de los tanques de agua.
- Implementar una conexión hacia una base de datos para almacenar los datos de generación utilizando SQL SERVER (un medio de almacenamiento) y posteriormente generar registros diarios e históricos de los mismos en Excel.

- Configurar un punto de acceso mediante escritorio remoto al sistema local de medición vía IP para acceder al sistema de monitoreo.

1.4 HIPÓTESIS

La implementación del sistema de monitoreo sirve para la monitorización local o remota de los generadores, disyuntores y seccionadores de la Central Hidroeléctrica ALAO.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS BÁSICOS

2.1 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica como se muestra en la Figura 1. Una masa de agua en desnivel (en altura) posee una cierta energía potencial acumulada. Al caer el agua, la energía se convierte en cinética (de movimiento) y hace girar una turbina, la cual a su vez acciona un generador que produce la corriente eléctrica. El generador eléctrico convierte la energía mecánica por una máquina prima (turbina) a energía eléctrica en el lado de la salida. La mayoría de estos dispositivos pueden funcionar tanto como motor, como generador.

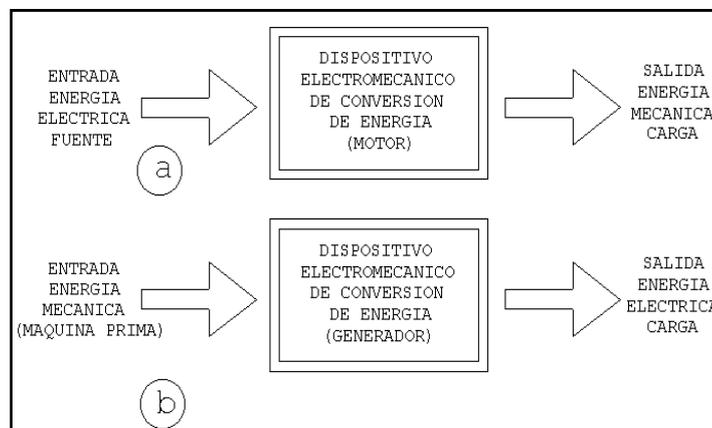


Figura 1: Diagrama de bloques de conversión de energía, (a) motor, (b) generador.

2.2 GENERADORES SÍNCRONOS

El Generador Síncrono, o también llamado Alternador, es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica (en forma de rotación) en energía eléctrica. Son los encargados de generar la mayor parte de la energía eléctrica consumida en la red, y su respuesta dinámica resulta determinante para la estabilidad del sistema después de una perturbación. Por ello, para simular la respuesta dinámica de un sistema eléctrico es imprescindible modelar adecuadamente los generadores síncronos.

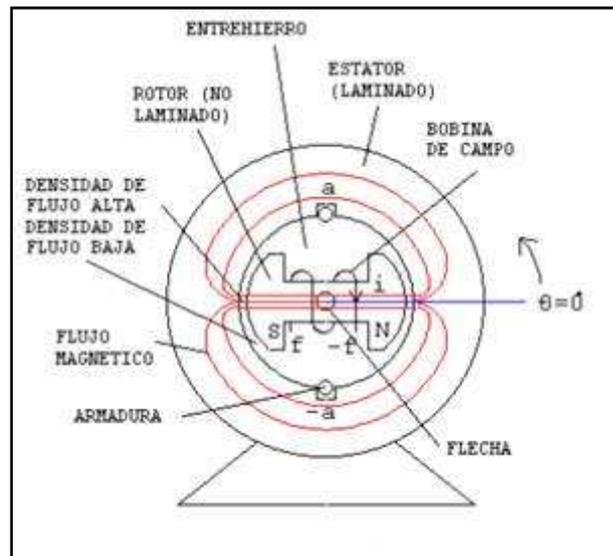


Figura 2: Generador síncrono

Es capaz de convertir energía mecánica en eléctrica cuando opera como generador y energía eléctrica en mecánica cuando operada como motor y funcionan bajo el principio de que en un conductor sometido a un campo magnético variable crea una tensión eléctrica inducida cuya polaridad depende del sentido del campo y su valor del flujo que lo atraviesa como se muestra en la Figura 2.

La razón por la que se llama generador síncrono es la igualdad entre la frecuencia eléctrica como la frecuencia angular es decir el generador girara a la velocidad del campo magnético a esta igualdad de frecuencias se le denomina sincronismo.

Esta máquina funciona alimentando al rotor o circuito de campo por medio de una batería es decir por este devanado fluiría CC., mientras que en el estator o circuito de armadura la corriente es alterna CA.

Cuando un generador síncrono está sometido a carga, la tensión inducida sufre cambios por lo que se deberá utilizar equipos auxiliares que garanticen una óptima operación del mismo.

2.3 TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Se utilizan para alimentar con tensiones y corrientes adecuadas a los aparatos de medida y dispositivos de protección. Existen dos tipos básicos:

2.3.1 Transformadores de tensión

Se utilizan para reducir la tensión que va a ser aplicada a los voltímetros o bobinas volumétricas en instalaciones de alta tensión como se muestra en la Figura3. De esta forma, conseguimos separar los instrumentos de medida de los peligros de la alta tensión. Por lo general, la tensión de salida viene a ser de unos 100 V. Al interpretar la lectura del aparato de medida, no habrá que olvidar multiplicar el resultado por la relación de transformación, a no ser que la escala propia del aparato de medida esté ya preparada para dar una lectura directa, como suele ser habitual.

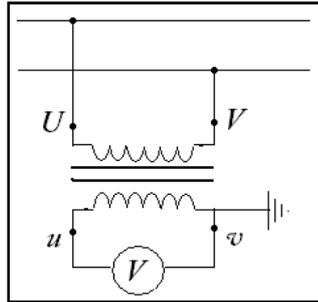


Figura 3: Transformador de potencial

2.3.2 Transformadores De Corriente

Se utilizan para no tener que hacer pasar grandes corrientes por los circuitos amperimétricos de medida como se muestra en la Figura 4. Esto facilita la instalación de los mismos con conductores de poca sección y, en el caso de redes de alta tensión, se consigue aislar dicha tensión de los aparatos de medida.

En estos dispositivos se conecta el primario en serie con el circuito a medir. El secundario se conecta al amperímetro, que en realidad cortocircuita al transformador. La corriente a medir, que circula por el primario, produce un flujo magnético por el núcleo común de ambos bobinados que hace que aparezca una corriente por el secundario en cortocircuito, que será inversamente proporcional al número de espiras. Por lo general, la corriente de salida viene a ser de 1 a 5 A.

Al igual que los transformadores de tensión, conviene conectar a tierra uno de los terminales de salida. Además, hay que procurar no dejar trabajar este transformador con el secundario abierto, ya que al no ser compensado el fuerte flujo magnético, creado por la gran corriente primaria, se induce en el secundario una tensión que puede ser muy elevada. Esto puede ser peligroso para las personas que manipulan los

equipos de medida y puede originar una perforación de los aislamientos del transformador. El fuerte nivel de inducción provoca, a su vez, calentamientos excesivos en el núcleo magnético.

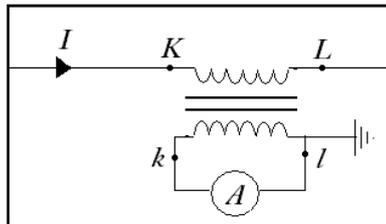


Figura 4: Transformador de corriente

2.4 MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los medidores de energía son aparatos usados para la medida del consumo de energía. Existen varios tipos de medidores dependiendo de su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y conexión a la red eléctrica.

2.4.1 Clasificación de los medidores

a) De Acuerdo Con Su Construcción

- **Medidores de inducción (Electrónicos)**

Es un medidor en el cual las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover.

El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos.

- **Medidores estáticos (Electrónicos)**

Medidores en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los Vatios-hora ó Var-hora.

Están contruidos con dispositivos electrónicos, generalmente son de mayor precisión que los electromagnéticos y por ello se utilizan para medir en centros de energía, donde se justifique su mayor costo.

b) De acuerdo con la energía que miden

- **Medidores de energía activa**

Mide el consumo de energía activa en kilovatios – hora.

Medidores de energía reactiva

Mide el consumo de energía reactiva en kilovares – hora.

La energía reactiva se mide con medidores electrónicos que miden tanto la energía activa como la energía reactiva.

c) De acuerdo con la exactitud

Según la norma NTC 2288 y 2148, los medidores se dividen en 3 clases: 0.5, 1 y 2.²

- **Medidores clase 0.5**

Se utilizan para medir la energía activa suministrada en bloque en punto de frontera con otras empresas electrificadoras o grandes consumidores alimentados a 115 KV.

² <http://empresas.micodensa.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/generalidades%207.4.pdf>

- **Medidores clase 1**

Incluye los medidores trifásicos para medir energía activa y reactiva de grandes consumidores, para clientes mayores de 55 kW Cuando el cliente es no regulado la tarifa es horaria, por tanto el medidor electrónico debe tener puerto de comunicación o modem para enviar la información a través de la línea telefónica.

- **Medidores clase 2**

Es la clasificación básica e incluye los medidores monofásicos y trifásicos para medir energía activa en casas, oficinas, locales comerciales y pequeñas industrias con cargas menores de 55 Kw.

El índice de clase 0,5, 1, y 2 significa los límites de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre el 10% nominal y la I máxima con un factor de potencia igual a uno.

Los medidores electrónicos de energía activa, deben cumplir con la norma NTC 2147 “Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S” y NTC 4052 “Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1 y 2”.

El índice de clase es el número que expresa el límite de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre 0,1 veces la corriente básica y la corriente máxima ó entre 0.05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un $\text{Cos } \varphi = 1$.

d) De acuerdo con la conexión en la red

- **Medidor monofásico bifilar**

Se utiliza para el registro de consumo en una acometida que tenga un solo conductor activo o fase y un conductor no activo o neutro.

- **Medidor monofásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de una acometida monofásica de fase partida (120/240 V) donde se tienen dos conductores activos y uno no activo o neutro.

- **Medidor bifásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de energía de una acometida en B.T de dos fases y tres hilos, alimentadas de la red de B.T de distribución trifásica.

- **Medidor trifásico tetrafilar**

Se utiliza para el consumo de energía de una acometida trifásica en B.T de tres fases y cuatro hilos.

- **Medidor trifásico trifilar**

Se utiliza para el registro de consumo de energía de una acometida trifásica de tres fases sin neutro.

2.4.2 Medidor de consumo eléctrico ION6200 DE POWER LOGIC



Figura 5: Medidor de energía ION6200

El medidor ION 6200TM ofrece calidad sobresaliente, versatilidad y funcionalidad a bajo costo, es un medidor ultra compacto como se muestra en la Figura 5. El medidor es simple de usar y ofrece una pantalla grande, brillante LED para mayor visibilidad en condiciones adversas de luminosidad.

Completo con potencia en los cuatro cuadrantes, demanda, energía, factor de potencia y medidas de frecuencia, el medidor ION 6200 está disponible en una variedad de configuraciones flexibles incluyendo ANSI y certificación de Medición de Canadá para usarse como un medidor de facturación.

2.4.2.1 Monitoreo De Subestaciones

La opción de megawatt ofrece lectura en megawatts y kilovoltios para aplicaciones de alto voltaje.

2.4.2.2 Mediciones

- 64 muestras por ciclo
- Precisión CEI 60687 clase 0.5

- Cumple con la norma ANSI C12.20 0.5
- Energía y demanda de 4 cuadrantes
- 49 parámetros eléctricos reales RMS en tiempo real
- Voltaje por fase, corriente, demanda de corriente pico, vatios, VAR, kWh, etc.
- Corriente neutra, distorsión armónica total
- (THD), frecuencia, factor de potencia, etc.
- La opción Megawatt mide en MW y kV

2.4.2.3 Comunicaciones

- Puerto RS-485
- MODBUS RTU para integración en los sistemas de gestión de energía
- Protocolo ION compatible para uso con el software ION Enterprise™
- Panel frontal
- Pantalla LED grande y brillante con doce dígitos de 3/4" de altura
- Muestra todos los parámetros de potencia básicos
- Configurado para los parámetros de configuración habituales
- Protección por contraseña de los parámetros de configuración
- Reinicialización fácil de la demanda

2.4.2.4 Descripción y esquemas de conexiones

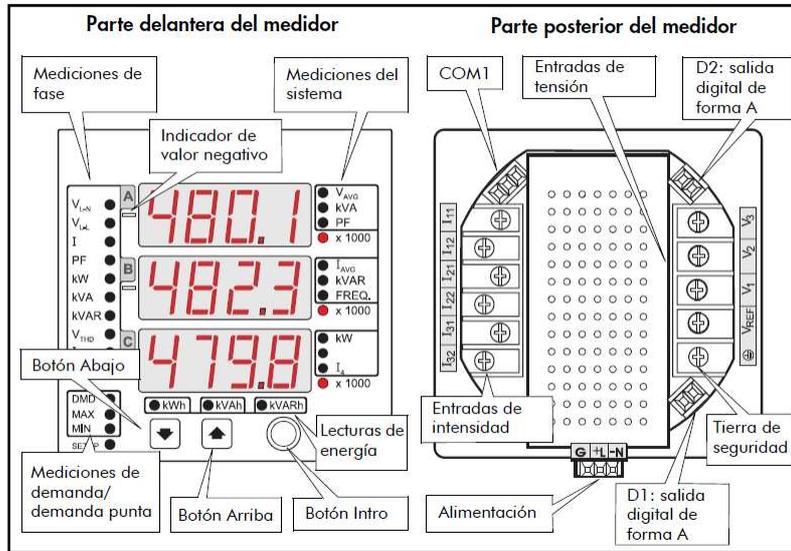


Figura 6: Vista frontal y posterior del medidor ION6200

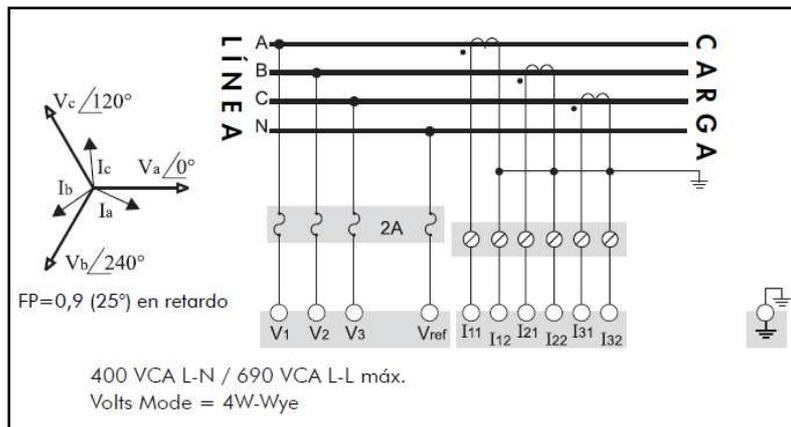


Figura 7: Conexión directa de entradas de voltaje y 3 TCs para entradas de corriente

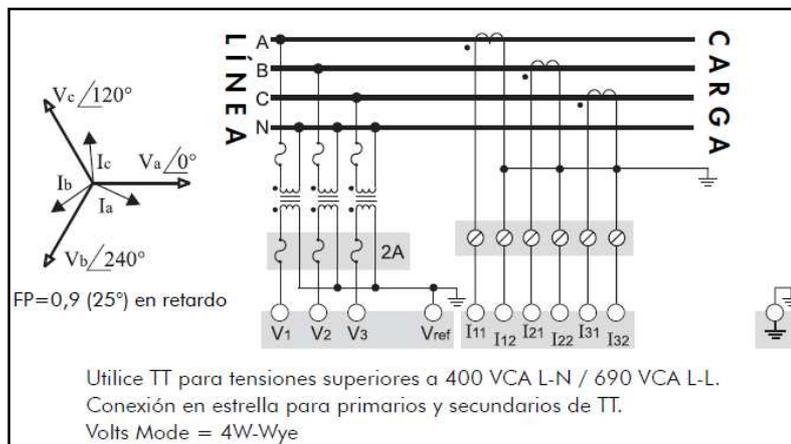


Figura 8: Conexión de 3 TPs y 3TCs

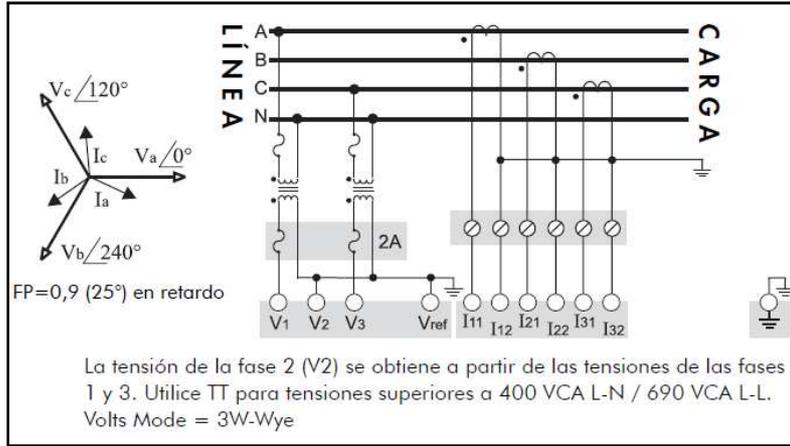


Figura 9: Conexión de 2 TPs y 3TCs

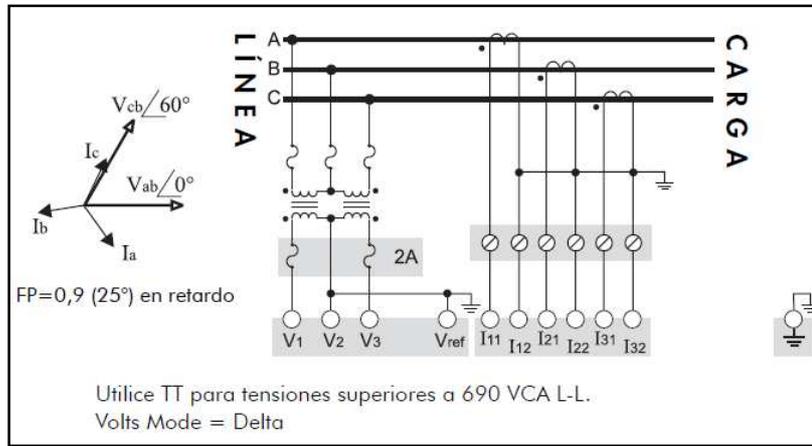


Figura 10: Conexión de 2 TPs y 3TCs

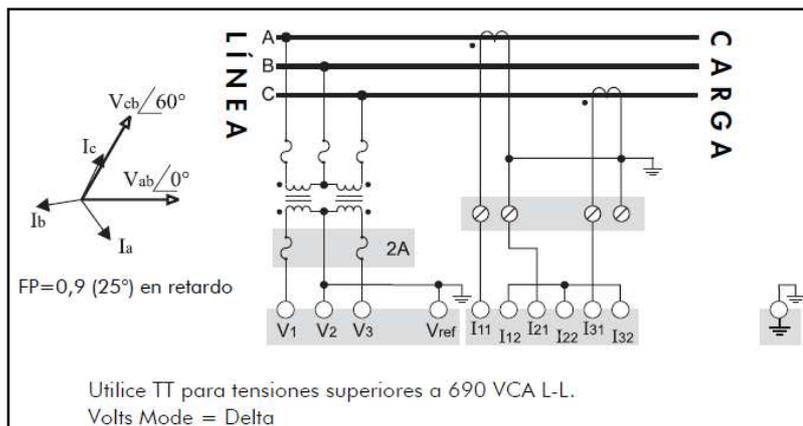


Figura 11: Conexión 2 TPs y 2TCs

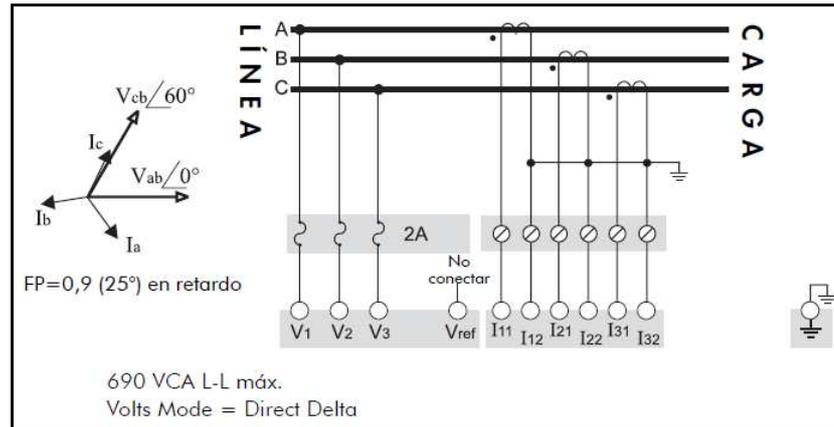


Figura 12: Conexión directa de triángulo de 3 hilos

2.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Desde la primera máquina automatizada a base de componentes electromecánicos, hasta las grandes instalaciones compuestas por multitud de máquinas trabajando coordinadamente, ha habido siempre un denominador común, en mayor o menor medida: la relación de la máquina con su entorno para poder trabajar correctamente (finales de carrera, detectores, sistemas de medida etc.).

Estamos inmersos en un mundo en que todo, o casi todo, se basa en la electricidad, por tanto, la forma más cómoda para transmitir una señal desde un sensor a una máquina será mediante una señal eléctrica transmitida por un cable que una sensor y elemento de control coordinados para obtener un resultado productivo.

Hasta los años 60, el control industrial se venía realizando mediante lógica cableada a base de relés electromecánicos como se muestra en la Figura 13. Desde entonces, el desarrollo de la electrónica ha hecho posible la implantación de los dispositivos con microprocesador, también llamados Automatas Programables o Controladores Lógicos.

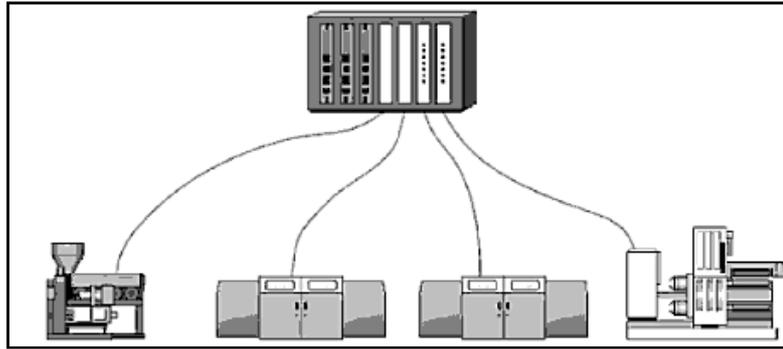


Figura 13: Control centralizado.

La aparición de los autómatas programables (PLC, Programmable Logic Controllers) permitió reducir en gran medida la cantidad de material necesario para conseguir controlar una máquina; los controles se programan en su interior y las modificaciones de funcionamiento no significan necesariamente cambios físicos y, además, el tiempo necesario para el mantenimiento se reduce.

Las señales entre periferia y control, inicialmente de tipo analógico y de punto a punto, gracias al desarrollo de la electrónica digital y el auge de los microprocesadores, se convierten, dentro del mismo elemento de campo, en un conjunto de señales capaces de transportar esa información mediante un único medio de transmisión (bus de campo) gracias a un Protocolo de Comunicación, y que permite que esa señal (por ejemplo, sensor activado) pueda hacerse llegar donde interese.

La posibilidad de conectar los autómatas entre sí, además, permitió eliminar casi todo el cableado de control entre máquinas, quedando solamente una línea de comunicación entre ellas, a través de la cual se podía coordinar el funcionamiento de todos los componentes de un sistema. Otras de las ventajas fueron la posibilidad

de la programación a distancia, supervisión remota, diagnósticos de todos los elementos conectados, modularidad, acceso a la información de forma prácticamente instantánea, etc. Todo esto hace que el sistema sea más fiable y menos costoso, pues los elementos de control no necesitan ser tan complejos.

Estas líneas de comunicación son lo que llamamos Buses de Campo. Permiten unir todos los elementos de control necesarios de forma que puedan intercambiar mensajes entre ellos. Esta idea se conoce como Control distribuido como se muestra en la Figura 14; un sistema complejo se divide en subsistemas autónomos con control propio, que se integran gracias a un sistema de comunicaciones común.

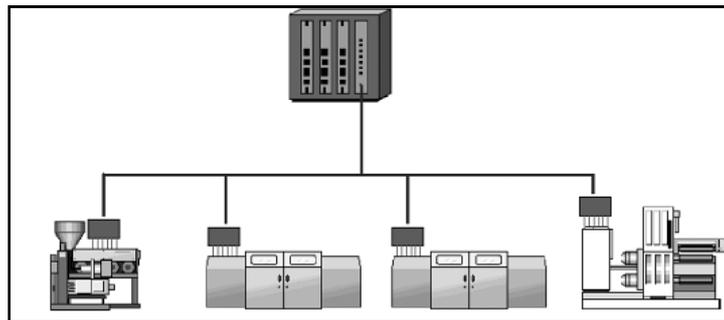


Figura 14: Control distribuido

Además, toda la información generada puede almacenarse en bases de datos y ser accesible a cualquier nivel dentro del organigrama de la empresa, permitiendo plantear y evaluar estrategias de manera integral de elementos productivos, dentro de los cuales se integran elementos tales como datos de procesos productivos, recursos humanos, tecnologías, logística, etc., creándose un nuevo tipo de estructura de producción: el sistema CIM.

Todo esto es posible gracias a que se han determinado toda una serie de reglas para realizar el intercambio de información: el lenguaje debe ser explícito, sin ambigüedades, el vocabulario debe ser conocido por todos los interlocutores, y las normas de cortesía deben respetarse a rajatabla. El responsable de esta normalización es la ISO, que ha definido toda una serie de normas en el modelo OSI.

2.5.1 Tecnología de buses de campo

Físicamente podemos considerar a un bus como un conjunto de conductores que conectan conjuntamente varios circuitos para permitir el intercambio de datos. Contrario a una conexión punto a punto donde solo dos dispositivos intercambian información, un bus consta normalmente de un número de usuarios superior, además que generalmente un bus transmite datos en modo serial, a excepción de algún protocolo de bus particular como SCSI o IEEE-488, utilizado para interconexión de instrumentos de medición, que no es el caso de los buses tratados como buses de campo.

Para una transmisión serial es suficiente un número de cables muy limitado, generalmente dos o tres conductores y la debida protección contra las perturbaciones externas para permitir su tendido en ambientes de ruido industrial.

a) Ventajas de un bus de campo

- El intercambio puede llevarse a cabo por medio de un mecanismo estándar.
- Flexibilidad de extensión.
- Conexión de módulos diferentes en una misma línea.
- Posibilidad de conexión de dispositivos de diferentes procedencias.

- Distancias operativas superiores al cableado tradicional.
- Reducción masiva de cables y costo asociado.
- Simplificación de la puesta en servicio.

b) Desventajas de un bus de campo

- Necesidad de conocimientos superiores.
- Inversión de instrumentación y accesorios de diagnóstico.
- Costos globales inicialmente superiores.

2.5.1.1 Procesos de comunicación por medio de bus

El modo más sencillo de comunicación con el bus es el sondeo cliente/servidor. Más eficiente pero también más costoso es el Token bus (IEEE 802.4) donde, desde el punto de vista físico tenemos un bus lineal, y desde el punto de vista lógico un token ring. El procedimiento token passing es una combinación entre cliente/servidor y token bus. Todo servidor inteligente puede ser en algún momento servidor.

2.5.2 Buses de campo

Los buses de campo conectan actuadores, controladores, sensores y dispositivos similares en el nivel inferior de la estructura jerárquica de la automatización industrial. Una arquitectura de bus de campo es un sistema abierto de tiempo real. Pero no necesariamente ha de conformarse con el modelo OSI de 7 capas, pues es más importante que la conexión sea de bajo coste y alta fiabilidad frente a las posibilidades de interconexión a redes generales.

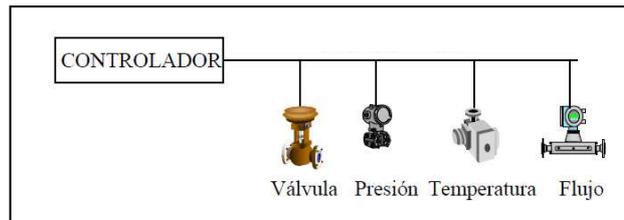


Figura 15: Bus de campo

2.5.2.1 Objetivo

Reducción y simplificación del cableado a costa de reducir la disponibilidad de la información (codificación digital muestreada en el tiempo y discretizada en su valor).

- La información se multiplexa temporalmente
- Canal bidireccional
- Se requiere un procedimiento de acceso de la información al canal
- Se requiere un método de identificación de la información transmitida

2.5.2.2 Valor añadido

Aprovecha la tecnología para otras funcionalidades

- Carga y descarga de programas
- Seleccionar y controlar la ejecución de programas
- Indicación continuada de operatividad y estado
- Transmisión de información adicional a la de control (Válvula: n° ciclos/día, temperatura carcasa, max/min/med, etc).
- Identificación de dispositivo.
- Otras funcionalidades

2.5.3 Estructura de capas del bus de campo

La configuración más ampliamente consensuada es la de tres capas, correspondientes a la capa física, de enlace de datos y de aplicación. También usualmente se considera la capa de usuario.

2.5.3.1 Capa de Usuario

- Bloques funcionales
- Modelos abstractos
- Perfiles de dispositivos

2.5.3.2 Capa de Aplicación

- Servicios de aplicación
- Servicios de mensajería

2.5.3.3 Capa de Enlace

- Establecer y liberar el enlace lógico
- Control de errores y flujo en el enlace
- Sincronización de la transmisión
- Control de acceso al medio

2.5.3.4 Capa Física

- Velocidad de transferencia
- Topología y distancias máximas
- Codificación y transmisión de datos

- Características: eléctricas, mecánicas y funcionales.

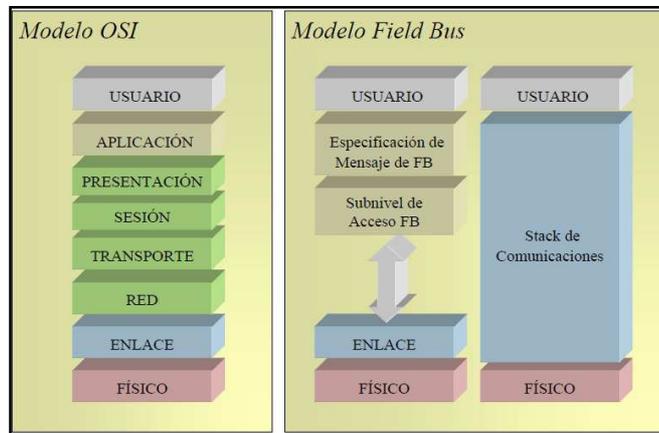


Figura 16: Relación de capas

2.6 MODELOS DE RELACIÓN DE APLICACIÓN

2.6.1 **Maestro-Eslavo:** Una entidad gobierna todos los servicios de transacción.

Orden -----> Respuesta

2.6.2 **Productor-Consumidor:** Cada entidad produce información, que adquieren los consumidores.

Consumo <----- Producción

2.6.3 **Cliente-Servidor:** Dos entidades cooperan para proporcionar servicios de transacción. El cliente realiza una petición que el servidor procesa y sirve.

Petición -----> Indicación

Confirmación <----- Respuesta

2.6.4 Publicista-Subscriber: Las entidades operan autónomamente. El publicista publica datos a uno o más subscriptores, que no necesitan responder.

Publicación -----> Adquisición

2.7 REDES INDUSTRIALES

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus desarrolló un nuevo protocolo de comunicación para la medición y el control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

Las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas (neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y electrónicas de 4 a 20 mA cc). Pero ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente; su precisión es diez veces mayor que la de la señal típica de 4-20 mA cc. En vez de transmitir cada variable por un par de hilos, transmiten secuencialmente las variables por medio de un cable de comunicaciones llamado bus.

La tecnología fieldbus (bus de campo) es un protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad creada para remplazar la clásica señal de 4-20 mA que aún se utiliza en muchos de los sistemas DCS (Sistema de Control Distribuido) y PLC (Controladores Lógicos Programables), instrumentos de medida y transmisión y válvulas de control. La arquitectura fieldbus conecta estos instrumentos con computadores que se usan en diferentes niveles de coordinación y dirección de la

planta. Muchos de los protocolos patentados para dichas aplicaciones tiene una limitante y es que el fabricante no permite al usuario final la interoperabilidad de instrumentos, es decir, no es posible intercambiar los instrumentos de un fabricante por otro similar. Es claro que estas tecnologías cerradas tienden a desaparecer, ya que actualmente es necesaria la interoperabilidad de sistemas y aparatos y así tener la capacidad de manejar sistemas abiertos y estandarizados. Con la mejora de los protocolos de comunicación es ahora posible reducir el tiempo necesario para la transferencia de datos, asegurando la misma, garantizando el tiempo de sincronización y el tiempo real de respuesta determinística en algunas aplicaciones.

2.7.1 Clasificación de las redes industriales

Si se clasifican las redes industriales en diferentes categorías basándose en la funcionalidad, se hará en:

a) Buses actuadores y sensores

Inicialmente se usan un sensor y un bus actuador en conexión simple, dispositivos discretos con inteligencia limitada, como un fotosensor, un switch limitador o una válvula solenoide, controladores y consolas terminales.

b) Componentes de las redes industriales

En grandes redes industriales, un simple cable no es suficiente para conectar el conjunto de todos los nodos de la red. Deben definirse topologías y diseños de redes para proveer un aislamiento y conocer los requerimientos de funcionamiento.

c) Bridge

Con un puente la conexión entre dos diferentes secciones de red, puede tener diferentes características eléctricas y protocolos; además puede enlazar dos redes diferentes.

d) Repetidor

El repetidor o amplificador es un dispositivo que intensifica las señales eléctricas para que puedan viajar grandes distancias entre nodos. Con este dispositivo se pueden conectar un gran número de nodos a la red; además, se pueden adaptar a diferentes medios físicos como cable coaxial o fibra óptica.

e) Gateway

Un Gateway es similar a un puente, ya que suministra interoperabilidad entre buses y diferentes tipos de protocolos; además, las aplicaciones pueden comunicarse a través de él.

f) Enrutadores

Es un switch "enrutador" de paquetes de comunicación entre diferentes segmentos de red que definen la ruta hacia donde se transmite la información.

2.7.2 Topología de redes industriales

Los sistemas industriales usualmente consisten en dos o más dispositivos. Como un sistema industrial puede ser bastante grande, debe considerarse la topología de la red.

Las topologías más comunes son: red bus, red estrella y red híbrida.

2.7.2.1 Beneficios de una red industrial

- Reducción de cableado (físicamente)
- Dispositivos inteligentes (funcionalidad y ejecución)
- Control distribuido (flexibilidad)
- Simplificación de cableado de las nuevas instalaciones
- Reducción de costo en cableado y cajas de conexión
- Aplicable a todo tipo de sistema de manufactura
- Incremento de la confiabilidad de los sistemas de producción
- Optimización de los procesos existentes

2.8 PUENTE DE CONVERSIÓN MODBUS EGX100



Figura 17: Pasarela de conversión de protocolos MODBUS R485/MODBUS TCP/P

Como se muestra en la figura 17, el EGX100 es un dispositivo de comunicación que ofrece conectividad entre redes RS485 y redes Ethernet (MODBUS TCP/IP), permitiendo que los clientes MODBUS TCP/IP accedan a la información desde dispositivos esclavos en serie, como se puede apreciar en la Figura19.

El Gateway EGX100 sirve de acoplador Ethernet para dispositivos de sistemas PowerLogic y otros dispositivos de comunicaciones que utilizan el protocolo MODBUS. Además ofrece un acceso completo a toda la información de medición y estado de los dispositivos conectados.

2.8.1 Características

- Puerto Ethernet 10/100Base-Tx.
- Puerto serie RS485 / RS232, ópticamente aislado.
- Compatibilidad con 2 y 4 cables.
- Soporte para maestro serie a direccionamiento MODBUS TCP/IP
- P30, envolvente montada en perfil DIN
- Interface web para configuración, diagnóstico y mantenimiento Seguridad avanzada a través de filtrado MODBUS TCP/IP con niveles de acceso configurables (sólo lectura o acceso completo).
- Interface de usuario segura incluida entrada con nombre de usuario y contraseña.
- Interface de usuario en inglés, francés, alemán y español
- Alimentación de control a través de PoE (Power over Ethernet) o fuente de alimentación de 24 Vcc.
- Especificado para su uso entornos industriales (de -25 a 70°C)

A continuación se describe las partes del EGX100

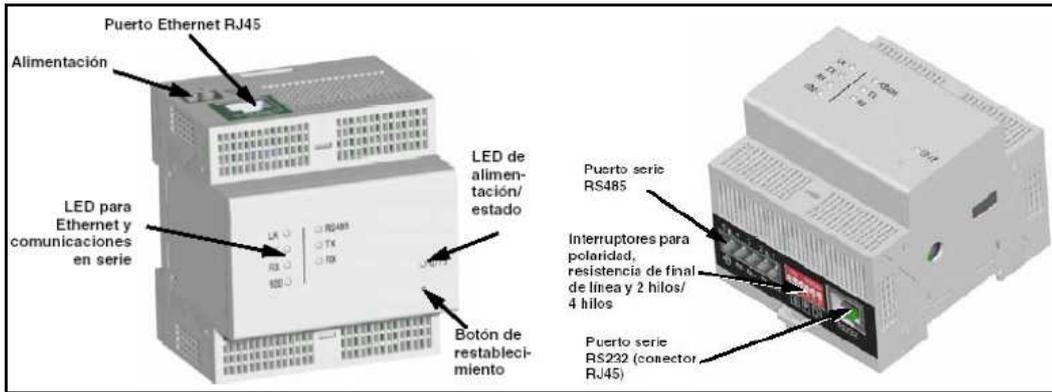


Figura 18: Descripción del EGX100

La conexión de este dispositivo convertidor se la presenta en la figura 19, la cual muestra la configuración en red del dispositivo, tomando datos de los esclavos (que en este caso son los medidores **ION6200**) en MODBUS RS-485 transformándolos a MODBUS TCP/IP compatible con Ethernet.

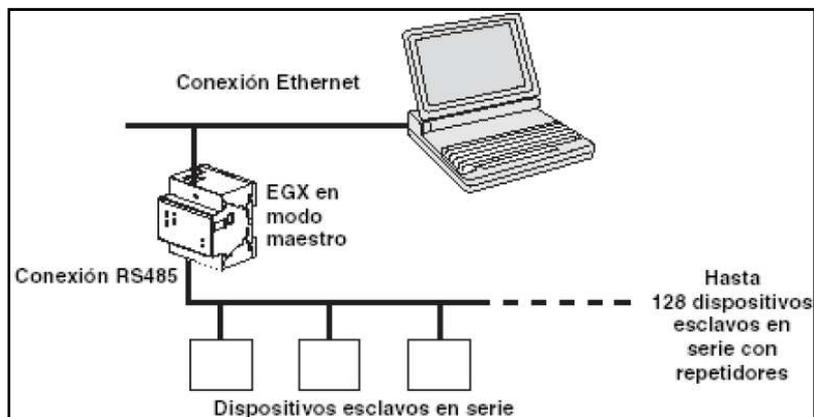


Figura19: Aplicación típica del EGX100

2.9 SWITCH INDUSTRIAL ETHERNET

El **switch** es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red,

pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

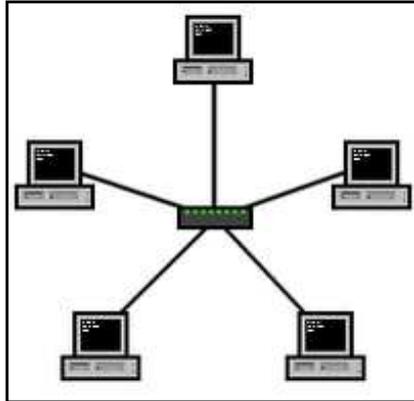


Figura 20: Un switch en el centro de una red en estrella.

Los conmutadores se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Al igual que los puentes, dado que funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes de área local.

En el sector industrial, las transmisiones de datos se han basado tradicionalmente en la tecnología de bus de campo. Existen muchos tipos y estándares diferentes, por lo que la interoperabilidad resulta complicada y cara; esta es la razón principal por la que se empezó a considerar la posibilidad de utilizar la tecnología Ethernet en las aplicaciones industriales.

Sin embargo, este estándar presenta otras ventajas adicionales:

- **Fiabilidad:** Ethernet es un estándar abierto bien definido, lo que significa que la interoperabilidad es más sencilla y los componentes se pueden obtener de múltiples fuentes. Las redes Ethernet son abiertas y transparentes. En la misma red se pueden utilizar muchos protocolos diferentes simultáneamente.

- Velocidad: A las velocidades de transmisión de 10 Mbits/s y 100 Mbits/s se han sumado en los últimos tiempos soluciones Gigabit. En cambio, los protocolos de bus de campo más rápidos trabajan a 12 Mbits/s, y la mayoría lo hacen como máximo a 2 Mbits/s.
- Determinismo: Ya existen protocolos que organizan los datos según su prioridad, lo que hace de Ethernet una tecnología determinista: el objetivo definitivo del usuario industrial.

El determinismo es un concepto clave en muchas redes industriales, por la razón de que con una red determinista se puede afirmar sin lugar a dudas que un evento determinado se ha producido en una ventana de tiempo concreta.

La tecnología CSMA/CD utilizada en los sistemas Ethernet originales no permitía lograr el determinismo, pero con la aparición del switch Ethernet las cosas han cambiado. Las colisiones en la infraestructura de cables han desaparecido.

2.9.1 Estandarización

Al igual que sucedió antes con los buses de campo, las empresas dedicadas al desarrollo de protocolos para comunicación industrial se ha dedicado a migrar sus sistemas de bus de campo hacia Ethernet.

Se tiene los siguientes protocolos entre los más conocidos:

- a) **MODBUS TCP/IP:** Es una variante o extensión del protocolo MODBUS que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo,

MODBUS-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo.

- b) **PROFINet:** PROFINet se aplica a los sistemas de automatización distribuida basados en Ethernet que integran los sistemas de bus de campo existentes, por ejemplo PROFIBUS, sin modificarlos.
- c) **EtherCAT:** EtherCAT significa "Ethernet para el Control de Tecnología de automatización." Se trata de un código abierto, sistema de alto rendimiento que pretende utilizar protocolos de Ethernet en un entorno industrial.
- d) **Powerlink:** El objetivo del desarrollo de Ethernet Powerlink consistió en aplicar la tecnología Ethernet estándar a la ingeniería de automatización, en condiciones de tiempo real adversas.
- e) **Ethernet/IP:** A principios de 1998 un grupo de interés especial de ControlNet International definió un procedimiento para el uso en Ethernet del protocolo de aplicación CIP (DeviceNet).
- f) **HSE:** Ethernet de alta velocidad. En 1994 se inició el trabajo de especificación de Fieldbus Foundation (FF) orientado a buses de campo para automatización de procesos.

g) **SERCROS:** SERCOS III combina los mecanismos en tiempo real establecidos de SERCOS y estandarizó el sistema del parámetro con las comunicaciones universales basadas en Ethernet industrial.

h) **CC-Link IE:** es un nuevo estándar para el Ethernet industrial abierto gestionado por la CC-Link Partner Association (CLPA). Su diseño se ha realizado a partir de las exigencias de los fabricantes y de los usuarios de procesos a escala mundial.

Tabla 1: Implementaciones de Buses de Campo sobre Ethernet

Serial	Ethernet	Protocol	Network	Standards
MODBUS-RTU	MODBUS-TCP	TCP/IP		IEC61158 and IEC 61/84
Profibus	PROFINET IO	Isochronuous real time Protocol (IRT) Real time protocol (RT) Real time over UDP protocol (RTU)	Switches, router and wireless, from 100 Mbits/s up to 1 Gbit/s	IEC 61158 IEC 61784
Device Net (CIP); ControlNet (CIP)	EtherNet/IP (CIP)	TCP/IP; UDP/IP	Switches, router and wireless, from 100 Mbits/s up to 1 Gbit/s	IEC 61158 IEC 61784
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)			
CANopen	Ethernet Powerlink		Ethernet 100Mbit/s	By EPSG (Ethernet Powerlink Standardization Group)
CANopen	EtherCAT	EtherCAT	Ethernet 100Mbit/s	IEC 61158, IEC/PAS 62407, IEC 61784-3, ISO 15745-4

2.9.2 Switch industrial ETHERNET SFN 8TX de PHOENIX CONTACT



Figura 21: Switch Ethernet, de PHOENIX CONTACT

Switch Ethernet, 8 puertos TP RJ45, detección automática de datos y velocidad de 10/100 Mbps (RJ45).

Tabla 2: Descripción técnica switch Ethernet (industrial)

Technical data	
Interfaces	
Interface 1	Ethernet (RJ45)
Nº of ports	8 (RJ45 ports)
Connection method	RJ45 female connector, auto negotiation and autocrossing
Transmission physics	Ethernet in RJ45 twisted pair

En resumen el switch concentrara toda la información proveniente de los medidores, PLC y Gateway (puente de conversión o pasarela), en una red Ethernet que se comunicara posteriormente a una intranet de la EERSA para compartir información el cual es el objetivo de este proyecto.

2.10 El PLC

Dispositivo electrónico programable por el usuario, destinado a gobernar máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales que inicialmente surgen para implementar funciones lógicas.

2.10.1 Ventajas:

- Menor cableado
- Reducción de espacio
- Facilidad para mantenimiento y puesta a punto
- Flexibilidad de configuración y programación
- Reducción de costos

2. 10.2 Funciones del PLC

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas, etc.
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos
- Controles sencillos de LA y/o LC (lazo abierto /lazo cerrado)
- Interface computador/proceso
- Control y comando de tareas repetitivas o peligrosas
- Detección de fallas y manejo de alarmas
- Regulación de aparatos remotos: posibilidad para ambientes peligrosos

2.10.3 Tipos de PLC

a) Por construcción

- Modular
- Integral

b) Por número de e/s

- Nano (<64 E/S) (Telemecanique @ LE)
- Micro (64 E/S) (Simatic @ LE)
- Pequeño (65 a 255 E/S) (Modicon @ LIDME)
- Mediano (256 a 1023 E/S)
- Grande (>1024 E/S)

2.10.3.1 Módulos inteligentes en el PLC

- Basic, C.-Resolución de ecuaciones, estadística, lectores de códigos de barras, ingreso de datos manuales, impresión de informes.
- PID.
- Posicionamiento: contadores de alta velocidad, salidas para motores, control numérico, robótica.
- Computadora integrada: DOS, UNIX, VMS.

2. 10.3.2 Comunicaciones

- De propósito general (RS-232; RS-422) baja velocidad, configuración maestro-esclavo, abierto .Ej: MODBUS de Modicon.
- Peer To Peer : mayor velocidad, distribuido al mismo nivel, propietario. Ej: MODBUS Plus de Modicon, Data Highway II de Allen Bradley
- Redes Abiertas: PLC+PC+sensores+actuadores+... x protocolo abierto
- Etapa de desarrollo .Ej: MAP, ProfiBus, ISP

2. 10.4 PLC MODICON M340 Procesador BMX P34 2020



Figura 22: Plataforma de automatización M340

2. 10.4.1 Características

- Ethernet TCP/IP RJ45, 1 twisted pair 10/100 Mbit/s
- Puerto 12 Mbit/s del USB
- Acoplamiento serial no aislado RJ45, MODBUS maestro/esclavo RTU/ASCII, modo de transmisión: asincrónico en banda base, RS485, 1 par blindado torcido 0.3... 19.2 kbit/s en modo half duplex.
- Acoplamiento serial no aislado RJ45, modo de carácter, modo de transmisión: asincrónico en banda base, RS232C, 2 pares blindados torcidos 0.3... 19.2 kbit/s en modo half dúplex.
- Acoplamiento serial no aislado RJ45, modo de carácter, modo de transmisión: asincrónico en banda base,RS485, 1 par blindado torcido 0.3... 19.2 kbit/s half duplex mode.
- Acoplamiento serial no aislado RJ45, MODBUS maestro/esclavo RTU/ASCII, modo de transmisión: asincrónico en banda base, RS232C, 1 par blindado torcido 0.3... 19.2 kbit/s en half duplex mode.

2. 10.4.2 Arquitectura basada en rack

- Alta robustez
- Todos los módulos se pueden quitar y poner en tensión con la CPU en RUN (excepto la fuente de alimentación y la CPU)

2. 10.4.3 Talla reducida

- Montaje en armario de baja profundidad (<150 mm)
- Todas las CPU y I/Os en formato simple

2.10.4.4 Especificaciones de sistema

a) Restricciones Mecánicas

- Choques : 50g
- Vibraciones : 5g

b) Temperatura

- Ambiente : 0 a 60 °C (sobre 2000 m límite 55° C)

c) Altitud

- Restricciones de seguridad para 4000 metros

2.10.5 Racks MODICON M340

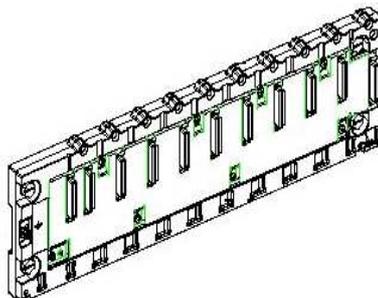


Figura 23: Rack M340

2.10.5.1 BMX XBP xxx los racks forman la unidad de base de las unidades M340.

Estos Racks sirven para las siguientes funciones:

- Función Mecánica:
 - Se montan los módulos de la estación PLC (p.e. módulos de alimentación, procesadores, módulos de E/S discretas/analógicas, módulos de aplicaciones específicas). Se pueden montar en armario, o en paneles.
- Función Eléctrica:
 - Los Racks disponen de un bus, el cual distribuye la alimentación requerida para cada módulo del Rack.

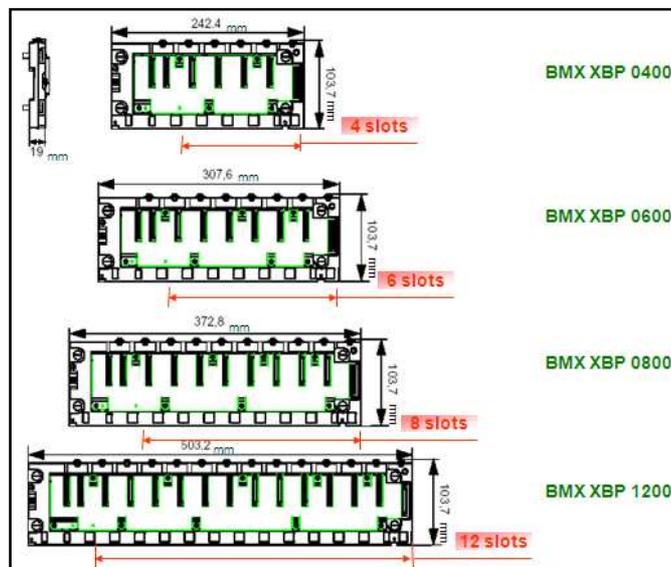


Figura 24: Tipos de Racks

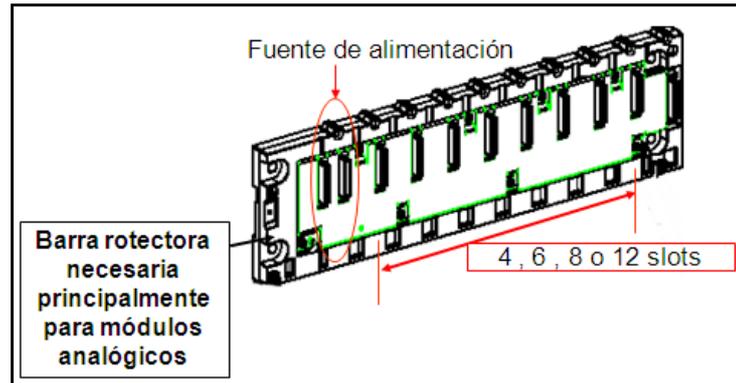


Figura 25: Ubicación de la fuente M340

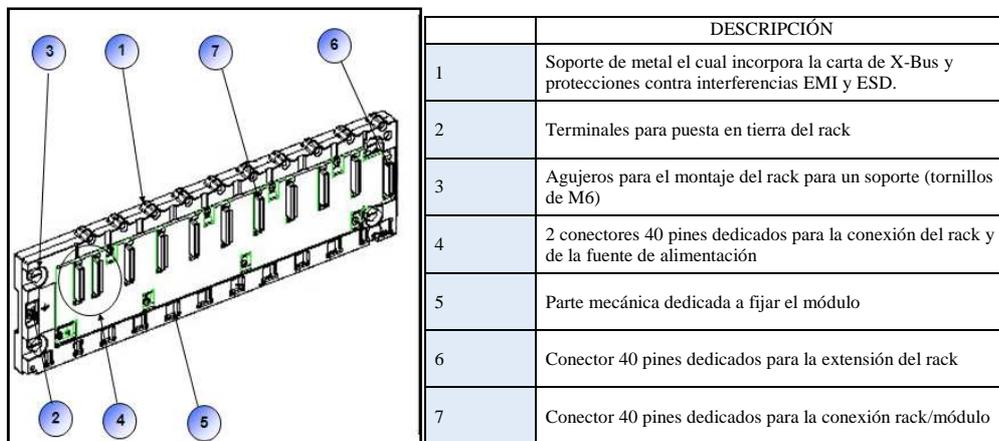


Figura 26: Descripción del rack

2.10.6 Fuentes de alimentación M340



Figura 27: Fuente de alimentación PLC

Los módulos de alimentación están diseñados para alimentar cada rack BMX XBP... y sus módulos. El módulo de alimentación se selecciona de acuerdo a la distribución de red (continua o alterna) y la potencia requerida. Hay 4 tipos de módulos de alimentación.

2.10.6.1 Funciones auxiliares de los módulos de alimentación

Cada módulo de alimentación tiene funciones auxiliares:

- Un panel de visualización.
- Un relé de alarma.
- Un botón de reset que al presionar, simula un corte de alimentación y provoca un arranque en frío de la aplicación.
- Un suministro de 24 VDC (solamente en los módulos alimentados en alterna).

Tabla 3: Características de los tipos de fuentes

Características y rendimiento				
Tipos	BMX CPS 2000	BMX CPS 3500	BMX CPS 2010	BMX CPS 3020
Descripción	20 Watts 115 a 230 Vac Fuente de alimentación	36 Watts 115 a 230 Vac Fuente de alimentación	16 Watts 24 Vdc Fuente de alimentación	31 Watts 24 y 48 Vdc Fuente de alimentación
Protección	Sobrecarga : si Cortocircuito: si Sobretensión: si			
Máx . salida 24Vdc sensor	0,45 Amperios	0.9 Amperios	-	-

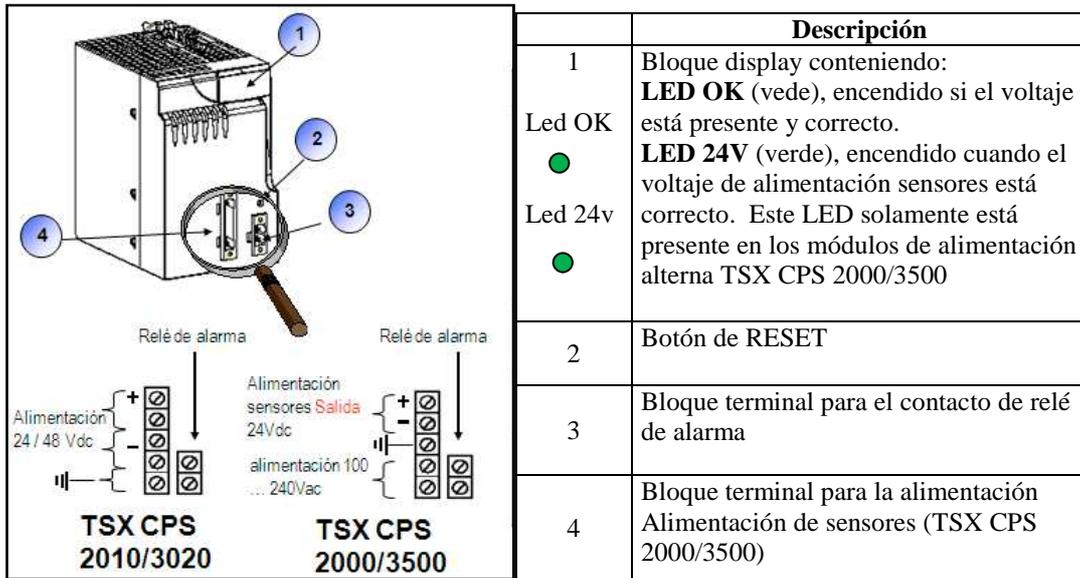


Figura 28: Descripción terminales de alimentación

2.10.7 Procesadores y tarjetas de memoria



Figura 29: Procesador M340 BMX P34 2020

Las CPU MODICON M340 BMX P34 2020 son procesadores de la plataforma de automatización diseñados para controlar módulos de entradas / salidas discretas, módulos de entradas / salidas analógicas y módulos de aplicaciones específicas. Estos se conectarán sobre el rack.

Un módulo procesador está siempre instalado sobre el rack BMX XBP 2020 con dirección 0 y en posición 00

Tabla 4: características del procesador BMX P34 2020

Para nuestro procesador BMX P34 2020
Puerto terminal USB Slot tarjeta memoria Dos puertos COM : <ul style="list-style-type: none"> • Serie • Ethernet

2.10.7.1 Protocolos soportados

a) Protocolo MODBUS

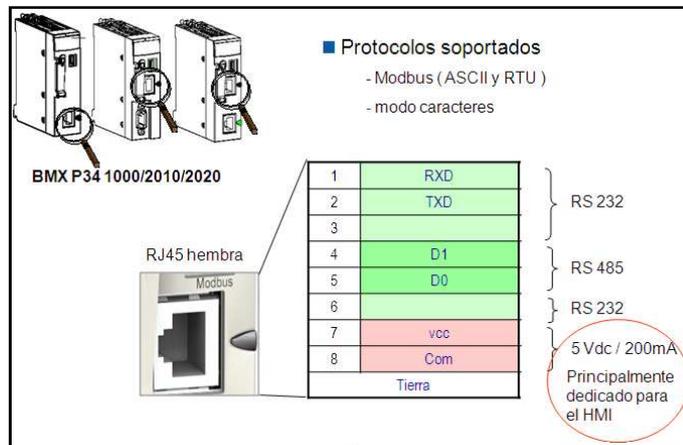


Figura 30: Protocolo MODBUS

b) Protocolo Ethernet

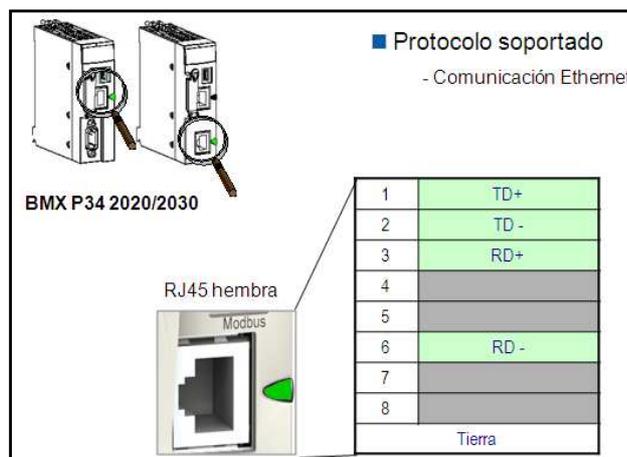


Figura 31: Protocolos Ethernet

2.10.8 Tarjeta de memoria para CPU



Figura 32: Tarjeta de memoria para CPU

Las tarjetas de memoria **BMX RMS 008MPx** como se muestra en la figura 32 están formateadas para ser usadas con el M340, no es posible usar una tarjeta de memoria estándar (cámara de foto, pocket pc, etc).

	Descripción
	<p>1</p> <p>CARDERR: Proporciona información sobre la tarjeta de memoria</p> <p>2</p> <p>LED verde dedicado para la comunicación entre el procesador y la tarjeta de memoria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● - On: la tarjeta de memoria y la comunicación están OK. ○ - Intermitente: Cuando el procesador se está comunicando con la tarjeta ○ - OFF: Comunicación parada, la carta de memoria puede cambiarse.
	<p>3</p> <p>Tarjeta de memoria Pulsar sobre la tarjeta para extraerla</p>
	<p>4</p> <p>La tapa de protección</p>

Figura 33: Descripción frontal de CPU

La tarjeta de memoria se utiliza para descargar una aplicación al procesador. Como se muestra en la figura 33 cuando se da tensión al procesador la operación de descarga se hace automáticamente.

Los LEDs en el panel frontal del procesador permiten un rápido diagnóstico del estado del PLC como se muestra en la figura 34.



Figura 34: Leds indicadores de estado

- Estado del procesador
- Estado carta de memoria
- Módulos de comunicación
- Comunicación serie
- Comunicación CAN open
- Comunicación ETHERNET

2.10.9 Módulos de e/s digitales

Los módulos de I/O discretas del MODICON M340 son de formato estándar (ocupando un slot), equipado con conector de 40 pines, o un bloque terminal con 20 pines. Para todos los módulos, los **TELEFAST** están disponibles y permiten conectar rápidamente a las partes operacionales.

Un amplio rango de entradas salidas discretas hace posible tener los siguientes requerimientos:

- Funcional: I/Os en continua o alterna, lógica positiva o negativa.
- Modularidad: 8, 16, 32 o 64 vías/modulo.

2.10.9.1 Entradas

Recibe señales de entrada desde los sensores y dispone de las siguientes funciones:

- Adquisición, adaptación, aislamiento galvánico, filtraje.
- Protección contra interferencias.

2.10.9.2 Salidas

Almacena las salidas de las órdenes dadas por el procesador, mandar el control de pre-actuadores.

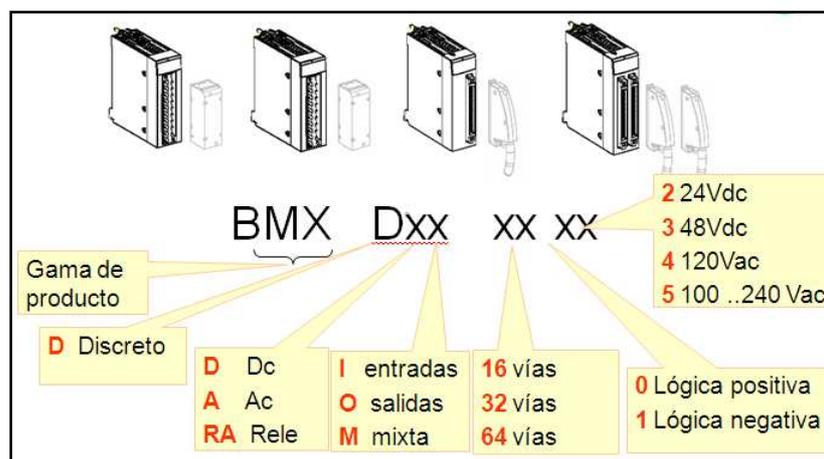


Figura 35: Sintaxis utilizada en módulos de E/S

Como se muestra en la figura 36 cable para Entradas Digitales o Módulo de Salidas del PLC Conectores 1 FCN a 2 HE10 para cableado directo con sistema Telefast 2

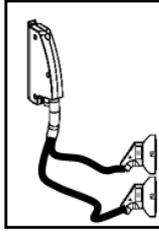


Figura 36: Cable TELEFAST de conexión hacia módulo E/S

2.10.10 TELEFAST ABE7

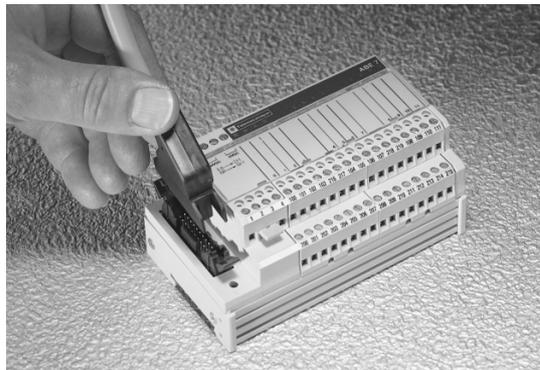


Figura 37: Conexión del TELEFAST

2.10.10.1 Módulos universales R21/R20 de ABE7H (Entradas Discretas).

El telefast básicamente es un conector universal para el PLC M40 ya que su fabricante es Schneider Electric compatible con los módulos de I/O de esta marca facilitando así el conexionado con el PLC.

Estos módulos se utilizan para conectar I/O, en este caso entradas discretas es decir cerrado o abierto provenientes desde el campo en la subestación (seccionadores y disyuntores) hacia el PLC M340 a través de un cable telefast.

El potencial (0 V o 24 V), distribuidos sobre la fila de los terminales del tornillo que permiten que los campo comunes sean conectados, son seleccionado por un puente.

Ambos alambres del sensor o del actuador se pueden conectar con el módulo. La salida los terminales están en dos filas. El estado de la señal para cada canal se puede indicar por un LED.

2.10.10.1 Especificaciones

- Control de voltaje: 24vcd
- Salida de voltaje: 24vcd
- Salida de corriente por canal: 0.5 A
- Número de canales: 16

2.10.10.2 Conexión del cable

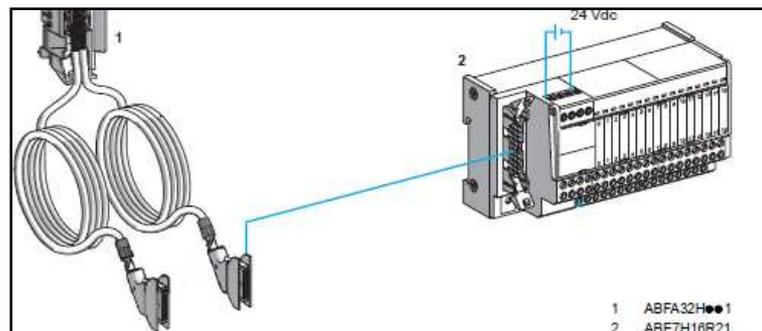


Figura 38: Conexión del cable TELEFAST

2.10.10.3 Conexión interno y externo del TELEFAST

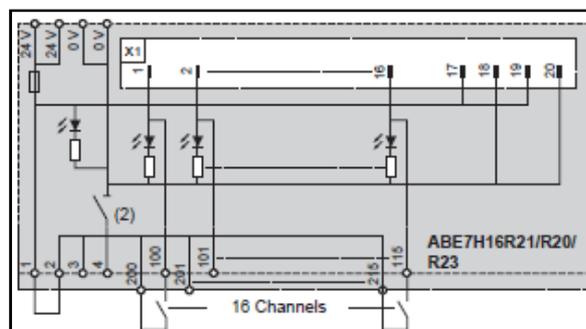


Figura 39: Conexión del telefast para entradas discretas

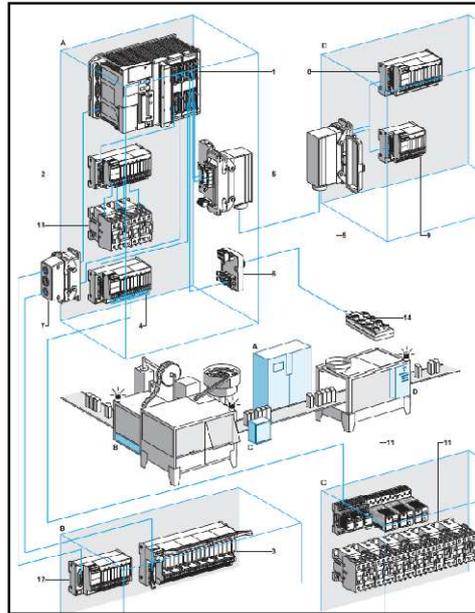


Figura 40: Aplicaciones con telefast

2.10.11 Redes industriales con PLC

Muchos sistemas están conformados por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en diferentes niveles de automatización; además, a menudo se encuentran distanciados entre sí; sin embargo, se desea que trabajen en forma coordinada para un resultado satisfactorio del proceso. El objetivo principal es la comunicación totalmente integrada en el sistema. Al usuario esto le reporta la máxima flexibilidad, ya que también puede integrar sin problemas productos de otros fabricantes a través de las interfaces de software estandarizadas.

En los últimos años, las aplicaciones industriales basadas en comunicación digital se han incrementado, haciendo posible la conexión de sensores, actuadores y equipos de control en una planta de procesamiento.

De esta manera, la comunicación entre la sala de control y los instrumentos de campo se ha convertido en realidad. La comunicación digital debe integrar la información provista por los elementos de campo en el sistema de control de procesos.

2.10.12 Soluciones con Ethernet

Aunque los buses de campo continuarán dominando las redes industriales, las soluciones basadas en Ethernet se están utilizando cada vez más en el sector de las tecnologías de automatización, donde las secuencias de procesos y producción son controladas por un modelo cliente/servidor con controladores, PLC y sistemas ERP (Planificación de los recursos de la empresa), teniendo acceso a cada sensor que se conecta a la red.

La implementación de una red efectiva y segura también requiere el uso de conectores apropiados, disponibles en una amplia variedad y para soluciones muy flexibles.

Los gateways son dispositivos de capa de transporte, en donde la capa de aplicación no necesariamente es software; por lo general, las aplicaciones son de audio (alarmas), vídeo (vigilancia), monitoreo y control (sensores), conversión análoga/digital y digital/análoga.

Para la programación de gateways de alto nivel se utiliza el C++; la programación menos avanzada se hace con hojas de cálculo. Estos dispositivos pueden ser programados de tal forma que, en caso de una emergencia o un simple cambio a otro proceso, no se haga manualmente sino realmente automático.

2.11 PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando. Con el objeto de familiarizar a los lectores, expondremos sus principales características y fundamentos de los más utilizados. En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

Un importante número de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación Industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso.

La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo
- Diagnóstico remoto de componentes

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

En esta oportunidad nos referiremos a los protocolos de comunicación más usados en la industria.

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4 -20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión. Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores. Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal.

2.11.1 MODBUS

2.11.1.1 Introducción

MODBUS es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. La Interfaces de Capa Física puede estar configurada en: RS-232, RS-422, RS-485.

En MODBUS los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión:

- Modo RTU
- Modo ASCII

La designación MODBUS MODICON corresponde a una marca registrada por Gould Inc. Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos.

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

2.11.1.2 Estructura de la red MODBUS

a) Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half dúplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full dúplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

b) Acceso Al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset. etc.

2.11.2 Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura 41. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje.

Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16.

Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:



Figura 41: Trama genérica del mensaje según el código empleado

a) Número de esclavo (1 byte):

Permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01H hasta 3FH. El número 00H se reserva para los mensajes difundidos.

b) Código de operación o función (1 byte):

Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:

- Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
- Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.)

La tabla 5, muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

c) Campo de subfunciones/datos (n bytes):

Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

d) Palabra de control de errores (2 bytes):

En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo mostrado en la figura 42.

Tabla 5. Funciones básicas y códigos de operación

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de n bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de n bits de entradas
3	03 _H	Lectura de n palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de n palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit
6	06 _H	Escritura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de n bits
16	10 _H	Escritura de n palabras

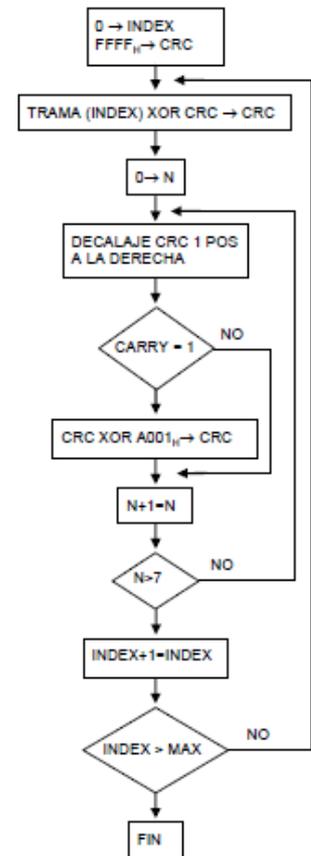


figura.42 Cálculo del CRC codificación RTU

e) Descripción de las funciones del protocolo

e.1) Función 0:

Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de programas de usuario del autómata. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bytes del campo de datos. La trama resultante es la representada en la figura 43. En caso de las órdenes de marcha y paro, el campo de «información» de la trama representada en la figura 3 está vacío y, por tanto, el mensaje se compone simplemente de 6 bytes de función más 2 bytes de CRC. La respuesta del esclavo a estas órdenes es un mensaje idéntico al enviado por

el maestro. Cabe señalar, además, que después de un paro el autómeta sólo acepta ejecutar subfunciones de la función 00H.

Nº Esclavo (00-3F _N)	00 _N	Código Subfunción SF0 SF1	Datos Subfunción D0 D1	Información	CRC (16) H L
----------------------------------	-----------------	---------------------------	------------------------	-------------	--------------

Figura 43: Trama genérica de las subsunciones de control de esclavos (cód. función 00H)

e.2) Funciones 1 y 2:

Lectura de bits del autómeta. La trama es la indicada en la figura 44. La forma de direccionamiento de los bits es a base de dar la dirección de la palabra que los contiene y luego la posición del bit. Obsérvese también que la respuesta es dada siempre en octetos completos.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	01 _H o 02 _H	Dirección 1 ^{er} Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	CRC H L
----------------------------------	---	-------------------------------------	------------------	---------

PPP = Dirección de la palabra (hex), B= Dirección del bit dentro de la palabra 0 a FH.

Respuesta del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	01 _H o 02 _H	Nº Octetos leídos NN NN	1 ^{er} Octeto B7..B0	Otros Octetos Hasta máx. 256	CRC H L
----------------------------------	---	-------------------------	-------------------------------	------------------------------	---------

Figura 44: Petición y respuesta de la función: Lectura de bits (01H, 02H)

e.3) Funciones 3 y 4:

Lectura de palabras del autómeta. La trama es la indicada en la figura 45. Obsérvese que la petición indica el número de palabras a leer, mientras que en la respuesta se indica el número de octetos leídos.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	03 _H o 04 _H	Dirección 1ª Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	CRC H L
-------------------------------------	---	----------------------------------	----------------------------	------------

PPPP = Dirección de la palabra (hex)

Respuesta del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	03 _H o 04 _H	Nº Octetos leídos NN NN	1 ^{er} Palabra H L	Otras Palabras Hasta máx. 128 H L, H L, HL, ...	CRC H L
-------------------------------------	---	-------------------------------	-----------------------------------	---	------------

Figura45: Petición y respuesta de la función: Lectura de palabras (03H, 04H)

e.4) Función 5:

Escritura de un bit. La trama es la indicada en la figura 46. El direccionamiento del bit se efectúa tal como se ha indicado para las funciones 1 y 2.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	05 _H	Dirección Bit PP PB	XX _H	00 _H	CRC H L
-------------------------------------	-----------------	---------------------------	-----------------	-----------------	------------

PPP = Dirección de la palabra (hex), B= Dirección del bit dentro de la palabra 0 a FH.

Respuesta del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	05 _H	Dirección Bit PP PB	XX _H	00 _H	CRC H L
-------------------------------------	-----------------	---------------------------	-----------------	-----------------	------------

XXH = 00H para bit = 0 y XXH= FFH para bit = 1

Figura 46. Petición y respuesta de la función: Escritura de un bit (05H)

e.5) Función 6:

Escritura de una palabra. La trama es la indicada en la figura 47.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	06 _H	Dirección Palabra PP PP	Valor Palabra DD DD	CRC H L
--	-----------------	-------------------------------	---------------------------	------------

Respuestas del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	06 _H	Dirección Palabra PP PP	Nº de Palabras DD DD	CRC H L
--	-----------------	-------------------------------	----------------------------	------------

Figura 47: Petición y respuesta de la función: Escritura de una palabra (06H)

e.6) Función 7:

Petición de lectura rápida de un octeto. La trama es la mostrada en la figura 48.

Obsérvese que la petición no tiene campo de dirección, esto es debido a que el octeto legible por esta función es fijo en cada esclavo y viene fijado en su configuración.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	07 _H	CRC H L
--	-----------------	------------

Petición maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	07 _H	Valor Octeto DD	CRC H L
--	-----------------	-----------------------	------------

Figura48. Petición y respuesta de la función: Lectura rápida de un octeto (07H)

e.7) Función 8:

Petición del contenido y control de los 8 primeros contadores de diagnóstico de un esclavo. Las tramas de petición y respuesta pueden verse en la figura 49.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	08 _H	Código Subfunción SF0 SF1	Dato Subfunción D0 D1	CRC H L
--	-----------------	---------------------------------	-----------------------------	------------

Repuesto del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	08 _H	Código Subfunción SF0 SF1	Valor Contador H L	CRC H L
--	-----------------	---------------------------------	--------------------------	------------

Figura 49: Petición y respuesta de la función: Control de contadores (08H)

e.8) Función 11:

La petición del contenido del contador de diagnóstico número 9, no se realiza por la función 8, sino por la función 11. Las tramas de petición y respuestas son las indicadas por la figura 50.

Petición del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	0B _H	CRC H L
--	-----------------	------------

Respuesta del maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	0B _H	00 00	Valor Contador H L	CRC H L
--	-----------------	-------	--------------------------	------------

Figura 50: Petición y respuesta de la función: Contenido contador 9 (0BH)

e.9) Función 15:

Escritura de bits del autómeta. La trama es la indicada en la figura 51. La forma de direccionamiento es análoga a la indicada para las funciones 1 y 2.

Petición maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	0F _H	Dirección 1 ^{er} Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	Nº de Octetos M	Valor de los bits 8xM valores	CRC H L
----------------------------------	-----------------	-------------------------------------	------------------	-----------------	-------------------------------	---------

Respuestas del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	0F _H	Dirección 1 ^{er} Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	CRC H L
----------------------------------	-----------------	-------------------------------------	------------------	---------

Figura 51: Petición y respuesta: Escritura de bits (0FH)

e.10) Función 16:

Escritura de palabras del autómeta. La trama es la indicada en la figura 52

Petición maestro

Nº Esclavo (00-3F _H)	10F _H	Dirección 1 ^a Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	Nº de Octetos M	Valor de las palabras HL, HL, ...	CRC H L
----------------------------------	------------------	--	----------------------	-----------------	-----------------------------------	---------

Respuesta del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	10F _H	Dirección 1 ^a Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	CRC H L
----------------------------------	------------------	--	----------------------	---------

Figura 52: Petición y respuesta: Escritura de palabras (10H)

e.11) Mensajes de error:

Puede ocurrir que un mensaje se interrumpa antes de terminar. Cada esclavo interpreta que el mensaje ha terminado si transcurre un tiempo de silencio equivalente a 3,5 caracteres. Después de este tiempo el esclavo considera que el carácter siguiente es el campo de dirección de esclavo de un nuevo mensaje.

Cuando un esclavo recibe una trama incompleta o errónea desde el punto de vista lógico, envía un mensaje de error como respuesta, excepto en el caso de mensajes de difusión. La trama del mensaje de error es la indicada en la figura 53

Respuesta del esclavo

Nº Esclavo (00-3F _H)	Código Función	Código Error	CRC H L
--	-------------------	-----------------	------------

Figura 53: Trama de mensaje de error

Código Función = Código función recibido + 80H

Código Error = 01 Código de Función erróneo:

02 Dirección incorrecta

03 Datos incorrectos

06 Autómata ocupado

Si la estación maestra no recibe respuesta de un esclavo durante un tiempo superior a un límite establecido, declara el esclavo fuera de servicio, a pesar de que al cabo de un cierto número de ciclos hace nuevos intentos de conexión.

f) Nivel de aplicación

Como se ha dicho a nivel general de buses de campo, el nivel de aplicación de MODBUS no está cubierto por un software estándar, sino que cada fabricante suele suministrar programas para controlar su propia red. No obstante, el nivel de concreción en la definición de las funciones permite al usuario la confección de software propio para gestionar cualquier red, incluso con productos de distintos fabricantes.

2.11.3 Variantes de MODBUS

2.11.3.1 MODBUS® TCP/IP

MODBUS® TCP/IP es una variante o extensión del protocolo MODBUS que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, MODBUS-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su

desarrollo (la especificación del protocolo se ha remitido a la IETF=Internet Engineering Task Force).

En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo.

Las ventajas para los instaladores o empresas de automatización son innumerables:

- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC, reduciendo así los costes y mejorando el servicio al cliente.
- El ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa, evitando desplazamientos.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de Internet/Intranet actualmente disponibles.

MODBUS® TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial *de facto* debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto.

En la actualidad hay cientos de dispositivos MODBUS® TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuidas, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante, como MODBUS®, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso.

2.11.3.2 El Protocolo MODBUS/TCP

MODBUS/TCP simplemente encapsula una trama MODBUS en un segmento TCP como se muestra en la figura 54. TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda consulta espera una respuesta.

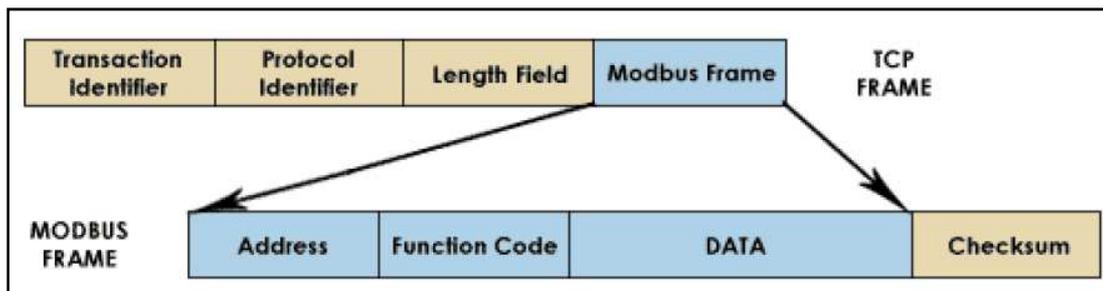


Figura 54: Encapsulamiento de la trama MODBUS en TCP.

Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza Maestro/Esclavo de MODBUS, añadido a la ventaja del determinismo que las redes Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto MODBUS con TCP proporciona una solución para la gestión desde unos pocos a decenas de miles de nodos.

2.11.3.3 Prestaciones de un sistemas MODBUS TCP/IP

Las prestaciones dependen básicamente de la red y el hardware. Si se usa MODBUS® TCP/IP sobre Internet, las prestaciones serán las correspondientes a

tiempos de respuesta en Internet, que no siempre serán las deseables para un sistema de control. Sin embargo pueden ser suficientes para la comunicación destinada a depuración y mantenimiento, evitando así desplazamientos al lugar de la instalación. Si disponemos de una Intranet de altas prestaciones con conmutadores Ethernet de alta velocidad, la situación es totalmente diferente.

En teoría, MODBUS® TCP/IP, transporta datos hasta $250/(250+70+70)$ o alrededor de un 60% de eficiencia cuando se transfieren registros en bloque, y puesto que 10 Base T proporciona unos 1.25 Mbps de datos, la velocidad de transferencia de información útil será:

$$1.25M / 2 * 60\% = 360000 \text{ registros por Segundo}$$

En 100BaseT la velocidad es 10 veces mayor. Esto suponiendo que se están empleando dispositivos que pueden dar servicio en la red Ethernet aprovechando todo el ancho de banda disponible.

En los ensayos prácticos realizados por Schneider Automation utilizando un PLC Ethernet Momentum™ con entradas/salidas Ethernet, demostró que se podían escanear hasta 4000 bloques I/O por segundo, cada uno con hasta 16 I/O analógicas de 12-bits o 32 I/O digitales (se pueden actualizar 4 bases por milisegundo). Aunque estos resultados están por debajo del límite teórico calculado anteriormente, pero debemos recordar que el dispositivo se probó con una CPU de baja velocidad (80186 a 50MHz con 3 MIPS).

Además, el abaratamiento de los ordenadores personales y el desarrollo de redes Ethernet cada vez más rápidas, permite elevar las velocidades de funcionamiento, a diferencia de otros buses que están inherentemente limitados una sola velocidad. Los equipos utilizados en un sistema MODBUS TCP/IP pueden ser:

a) Puente

También se les llama bridges. Tienen implementado hasta el nivel de enlace de datos. Son dispositivos de almacén y envío. Aceptan una trama de una subred, la pasan al nivel de enlace para verificar checksums y la devuelven a la capa física para envío a la otra subred. Por lo tanto son dispositivos más lentos que los repetidores, pero no se dedican únicamente a retransmitir la información, tienen más software que los hace más versátiles.

En el nivel de enlace pueden hacerse algunos cambios en las cabeceras de las tramas, pero no se conocen ni usan las cabeceras de nivel de red para nada. Mediante puentes es posible interconectar redes que utilizan protocolos diferentes.

b) Pasarela

Trabajan a nivel de red. Algunos autores llaman gateway a un relay que trabaja a cualquier nivel OSI y router a un gateway a nivel de red. Para nosotros gateway y router es lo mismo. Las subredes conectadas por un gateway pueden ser mucho más distintas entre sí que usando un puente, ya que a nivel de red es donde se encuentran las mayores diferencias entre redes. Se pueden hacer conversiones sofisticadas, e incluso hay alternativas para conectar redes distintas sin hacer conversiones.

Una decisiva ventaja sobre el puente es que una pasarela puede conectar redes con formatos de direccionamiento distinto, como por ejemplo una LAN 802 con direcciones binarias de 48 bits y una red X.25 con direcciones X.121 decimales de 14 dígitos. Las pasarelas son en general más lentas que los puentes.

c) Conversores de Protocolos

Trabajan a nivel de transporte o superior. Se suele hablar de conmutación de transporte frente a conmutación de nivel 3, por ejemplo. Su trabajo es mucho más complejo que el de un Gateway, puede convertir entre dos protocolos sin perder mucho significado. Como ejemplos, la conversión de TP4 (OSI) a TCP (Internet), la conversión MOTIS (OSI) a RFC 822 (Internet), etc.

El trabajo de un conversor es en general a nivel de aplicación entre dos estándares distintos, y no se hacen traducciones genéricas entre entidades de protocolos genéricas.

2.11.3.4 Cómo podemos comunicar dispositivos MODBUS existentes sobre MODBUS TCP/IP?

Puesto que MODBUS® TCP/IP es simplemente un protocolo MODBUS® encapsulado en TCP, es muy sencillo comunicar dispositivos MODBUS® existentes sobre MODBUS® TCP/IP. Para ello se requiere una pasarela que convierta el protocolo MODBUS a MODBUS TCP/IP.

2.12 SISTEMAS DE MONITOREO CON INTOUCH

2.12.1 Interface hombre-máquina (HMI, MMI)

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría).

En un principio los paneles sinópticos eran de tipo estático, colocados en grandes paneles plagados de indicadores y luces. Con el tiempo han ido evolucionando, junto al software, en forma de representaciones gráficas en pantallas de visualización (PVD, Pantallas de Visualización de Datos).

En los sistemas complejos suelen aparecer los terminales múltiples, que permiten la visualización, de forma simultánea, de varios sectores del sistema.

De todas formas, en ciertos casos, interesa mantener la forma antigua del Panel Sinóptico, pues la representación del sistema completo es más clara para el usuario al tenerla presente y no le afectan los eventuales fallos de alimentación de componentes o de controladores gráficos.

2.12.2 INTOUCH PARA DISEÑO DE LA HMI

2.12.2.1 Introducción

El programa INTOUCH es un software de visualización que permite crear aplicaciones de interfaz entre Hombre-Máquina (HMI) para automatización industrial, control de procesos y monitoreo supervisado.

INTOUCH es el primer paquete SCADA que utiliza el sistema operativo Windows como plataforma. Aparece en 1989 cuando los sistemas de monitorización utilizaban DOS como sistema operativo.

Al funcionar sobre Windows, aprovechaba las capacidades gráficas de este sistema operativo: los procesos eran más fáciles de documentar, el entorno gráfico era ideal para la representación de esquemas y valores, y las aplicaciones eran más flexibles y fáciles de implementar e interpretar.

El software se desarrolla bajo el sistema operativo Windows 95/98/NT/2000, el cual da el acceso de usuarios a un paquete completo de las herramientas de la automatización, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Base de datos de la fábrica (Servidor Industrial SQL).
- Supervisión de la producción.
- Gerencia flexible de la jornada (In Batch).
- Visualización de Internet/Intranet (Web Server de Factory Suite).
- Conectividad I/O Servers.

INTOUCH permite crear aplicaciones con características completas, estas incluyen el intercambio dinámico de datos DDE, enlace de objetos e incrustaciones (OLE), gráficos y más. Al paquete se lo puede ampliar agregando asistentes personalizados, objetos genéricos y extensiones de script.

INTOUCH tiene grandes aplicaciones en el área industrial y abarca una multitud de mercados tales como el alimenticio, automotor, farmacéutico, petrolero, pulpa y papel, entre otros.

2.12.2.2 Características especiales de INTOUCH

El paquete INTOUCH incluye las siguientes características:

- Sistema de alarmas distribuidas.

El nuevo sistema distribuido soporta múltiples servidores de alarma o “suministradores” de forma concurrente, proporcionando a los operadores la capacidad de visualizar y reconocer simultáneamente información de alarmas desde múltiples ubicaciones remotas.

- Historial distribuido.

El sistema de tendencia histórica distribuida le permite especificar de forma dinámica una fuente de datos de archivos históricos diferente para cada pluma de un gráfico de tendencia.

- Conversión de resolución dinámica.

Puede desarrollar aplicaciones con una resolución de pantalla y ejecutarlas en, otra sin afectar a la aplicación original. Las aplicaciones se ejecutan con una resolución definida por el usuario, en lugar de la resolución de visualización.

- Direccionamiento de referencia dinámico.

Las referencias de fuente de datos se pueden modificar de forma dinámica para direccionar múltiples fuentes de datos con una única etiqueta.

- Desarrollo de aplicación en red.

- Las nuevas características de desarrollo remoto dan cabida a grandes instalaciones multinodo, incluyendo la actualización de todos los nodos de una red desde una única estación de desarrollo.

- FactoryFocus.

FactoryFocus es una versión sólo de visualización de la ejecución de Intouch 5.6 o posterior. Permite a los administradores y supervisores visualizar un proceso continuo de aplicación HMI en tiempo real. La seguridad del sistema se incrementa con la capacidad de sólo visualización, ya que no se puede cambiar ningún dato. No es necesario realizar modificaciones en las aplicaciones de Intouch para utilizar Intouch FactoryFocus.

- Intouch FactoryFocus.

Intouch FactoryFocus funciona sólo como un cliente. No se puede escribir ningún dato por medio de DDE, FastDDE o Poked en programas tales como Excel. Las alarmas se pueden visualizar pero no reconocer. Las características tales como enlaces de animación, etiquetas, tendencias históricas y en tiempo real son sólo de visualización.

Otras características y ventajas que incluye INTOUCH son:

- Solución de visualizador de procesos de bajo costo a un precio significativamente menor que el de un HMI completo.
- Visualización de procesos de aplicación en tiempo real.
- Fácil conexión en red con Wonderware NetDDE.

2.12.2.3 Localizador de la aplicación

INTOUCH utiliza una lista interna, a modo de base de datos, en la cual almacena los lugares en los que hay aplicaciones de visualización. Esta lista debe modificarse de forma manual cada vez que cargamos o borramos una aplicación.

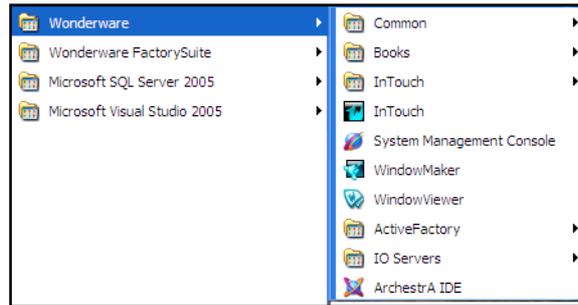


Figura 55: Administrador de proyecto.

Para dar de alta la aplicación que hemos cargado en el disco duro, hay que abrir el programa desde su icono principal: INTOUCH como se muestra en la figura 55.

Para actualizar la lista con la nueva entrada, pulsaremos: Tools/Find Applications.

Se abre una ventana de búsqueda, mediante la cual localizaremos el directorio en el cual hemos grabado el programa.

Con el directorio abierto (no se verá ningún archivo), pulsamos OK, y la aplicación nueva se anotará en la lista de aplicaciones del administrador.



Figura 56. Lista de aplicaciones.

Seleccionando la aplicación de la lista, podremos ahora editarla (WindowMaker) o ejecutarla (WindowViewer) como se muestra en la figura 56.

2.12.2.4 Creación de ventanas

Aquí podremos crear una ventana nueva mediante el comando: File-New Window, o el icono correspondiente de la barra de botones, aparece el cuadro de diálogo, Window Properties (propiedades de ventana), que nos permite definir los parámetros que configurarán el tipo de ventana de nuestra aplicación como se muestra en la figura 57.

En la casilla Name, introducimos un nombre que permita, a ser posible, la identificación rápida de la función de la ventana.

Introducir, en la casilla Comment, una breve descripción de la ventana que estamos creando. Nos ayudará a una mejor identificación posterior de la función de las ventanas.

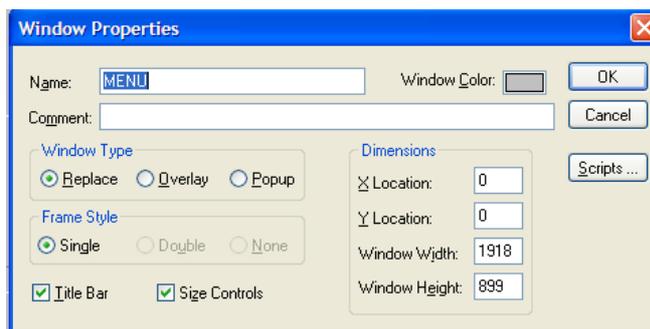


Figura57: .Configuración de las propiedades de ventana.

Operando sobre la celda Window Color, podremos seleccionar el color de fondo de la ventana. Pulsando encima del cuadrado aparece una paleta de colores, donde seleccionaremos el color deseado para el fondo de ventana.

El marco Dimensions sitúa la ventana en la pantalla y define sus dimensiones (en píxeles).

X Location e Y Location son las coordenadas de la esquina superior izquierda de la ventana, referidas a la resolución de trabajo en pantalla.

Window Width y Window Height son las dimensiones, en píxeles, de la ventana.

2.12.3 Herramientas de INTOUCH

2.12.3.1 Diccionario de etiquetas

El Diccionario de datos de etiquetas (base de datos de ejecución) es el núcleo del Intouch. Durante la ejecución del programa, éste contiene el valor actual de todos los elementos en la base de datos del Intouch. Para crear la base de datos en ejecución, Intouch requiere información acerca de todas las variables que se están creando. Cada variable debe tener una etiqueta y un tipo de etiqueta asignado. Intouch también requiere información adicional para algunos tipos de variables. Por ejemplo, para etiquetas de tipo DDE, Intouch necesita más información a fin de poder obtener el valor y convertirlo para su uso interno. El Diccionario de datos de etiquetas es el mecanismo empleado para introducir esta información como se muestra en la figura 58.

Los dos programas de utilidades de la base de datos, DBDump y DBLoad también se utilizan con el diccionario de etiquetas. DBDump le permite exportar una base de datos de etiquetas de aplicación de InTouch como un archivo de texto que se puede acceder desde otro paquete, tal como Microsoft Excel para modificar, almacenar, etc. DBLoad permite que una base de datos de etiquetas creada en otro paquete tal como Excel o un archivo DBDump de otra aplicación de InTouch, se cargue en una aplicación existente.

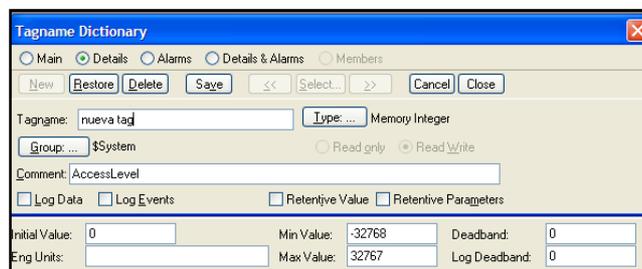


Figura 58. Diccionario de tags

2.12.3.2 Tipos de etiquetas (TAGS)

En INTOUCH usted encuentra dos grupos de etiquetas, las de memoria y las de intercambio dinámico de datos DDE, estos a su vez se dividen en discretos, enteros, reales y mensajes, que son utilizados de acuerdo a la aplicación.

A continuación se realiza una lista de algunas de estas etiquetas:

a) Etiquetas de tipo memoria

Este tipo de etiqueta existe internamente dentro de la aplicación de Intouch. Se utilizan para crear constantes del sistema y simulaciones. También son útiles al crear variables calculadas para que se accedan por otros programas de Windows.

Existen cuatro tipos de Memoria:

b) Discreto de memoria: Etiqueta discreta interna con un valor de 0 (Falso, Desactivado) o 1 (Verdadero, Activado).

c) Entero de memoria: Un valor entero con signo, de 32 bits comprendido entre -2.147.483.648 y 2.147.483.647.

d) Real de memoria: Etiqueta de memoria de coma flotante (decimal). El valor de la coma flotante puede estar comprendido entre $-3.4 \cdot 10^{38}$ y $+3.4 \cdot 10^{38}$.

Todos los cálculos de coma flotante se realizan con una resolución de 64 bits, pero el resultado se almacena en 32 bits.

e) Mensaje de memoria: Etiqueta de cadena de texto que puede tener hasta un máximo de 131 caracteres.

f) Etiquetas de tipo DDE

Todas las etiquetas que lean o escriban sus valores desde o en otro programa de Windows son etiquetas de tipo DDE. Esto incluye todas las entradas y salidas de los controladores programables, computadoras de procesos, otros programas de Windows y datos de nodos de red. A las etiquetas DDE se accede a través del protocolo Intercambio Dinámico de Datos de Microsoft. Cuando cambia el valor de una etiqueta tipo DDE de lectura/escritura, se escribe inmediatamente en la aplicación remota por medio de DDE.

También se puede actualizar la etiqueta desde la aplicación remota cuando cambia el elemento al que está enlazada en la aplicación remota.

- g) Discreto de DDE:** Etiqueta discreta de entrada/salida con un valor de 0 (Falso, Desactivado) o 1 (Verdadero, Activado).

- h) Entero de DDE:** Un valor entero con signo, de 32 bits comprendido entre -2.147.483.648 y 2.147.483.647.

- i) Real de DDE:** Etiqueta de coma flotante (decimal). El valor de la coma flotante puede estar comprendido entre $-3.4 \cdot 10^{38}$ y $+3.4 \cdot 10^{38}$.

Todos los cálculos de coma flotante se realizan con una resolución de 64 bits, pero el resultado se almacena en 32 bits.

- j) Mensaje de DDE:** Etiqueta de cadena de texto de entrada/salida que puede tener hasta un máximo de 131 caracteres.

- k) Variable de Grupo:** Este tipo de etiqueta se asigna a una etiqueta que tiene el nombre de un Grupo de alarmas asignado a ella. Es muy útil a la hora de hacer visualizaciones de alarmas dinámicas, registros de discos y de imprimir registros. Las ventanas y los registros de alarmas pueden configurarse para mostrar todas las alarmas asociadas con una variable de grupo específica. Se puede controlar la selección de alarmas que se va a mostrar o registrar, asignando un nombre de grupo de alarmas distinto a la variable de grupo.

Una etiqueta de tipo variable de grupo puede ser utilizada para crear pulsadores con los que se puedan mostrar selectivamente las alarmas de las diferentes partes de una planta en la misma ventana de alarma. Todos los campos asociados con los grupos de alarma se pueden aplicar a variables de grupo.

l) Tendencia Hist: Este tipo de etiqueta se asigna a una etiqueta que se utilice para un gráfico de tendencia histórica o sea para representar señales de tipo analógico que son muy comunes en los procesos industriales. Cuando se configura un gráfico de tendencia histórica, Intouch le obliga a introducir una etiqueta del tipo Tendencia Hist para el gráfico.

m)ID Etiqueta: Este tipo de etiqueta se utiliza para obtener información acerca de las etiquetas cuya tendencia se refleja en un gráfico de tendencia histórica. En la mayoría de los casos, se usaría este tipo para mostrar el nombre de la etiqueta de tendencia.

n) Discreto Indirecto, Analógico Indirecto, Mensaje Indirecto: Las etiquetas de tipo indirecto permiten crear una ventana y reasignar las etiquetas en esa ventana a múltiples fuentes. Por ejemplo, se puede crear un script de Cambio de datos que modifique la fuente de todas las etiquetas en una ventana, en base a un valor que haya cambiado. Las etiquetas indirectas se asignan utilizando el campo Name. También es posible concatenar etiquetas para su utilización en etiquetas indirectas.

2.12.3.3 Enlaces de animación (LINKS)

En el paquete Intouch encontramos dos tipos de enlaces los cuales nos sirven una vez que se han creado los objetos para una determinada aplicación y son los siguientes: Enlaces de contacto y Enlaces de visualización.

2.12.3.4 Enlaces de contacto (TOUCH LINKS)

Los enlaces de contacto permiten que cualquier objeto o símbolo sea sensible al contacto para el operador como se muestra en la figura 59. Los enlaces de contacto se identifican durante la Ejecución por el "marco de contacto" que se hace visible alrededor del objeto. Se puede activar un pulsador sensible al contacto haciendo clic en él con el mouse, tocando la imagen de la pantalla (si hay una pantalla de contacto), pulsando un equivalente de tecla asignada o pulsando la tecla Intro (si hay un "marco de contacto" alrededor del objeto).

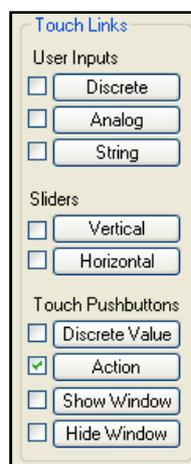


Figura 59: Enlaces de contacto

2.12.3.5 Entrada de usuario (USER INPUTS)

Estos enlaces se utilizan para crear objetos sensibles al contacto y así permitir la entrada de usuario en el sistema, por ejemplo:

- Ingresar valores discretos.
- Ingresar datos analógicos.
- Realizar conexiones de seguridad.

2.12.3.5 Deslizador (SLIDERS)

Estos enlaces se utilizan para crear objetos o símbolos que pueden ser trasladados por la ventana con el mouse o con un dedo en una pantalla de contacto. A medida que se mueve el objeto o el símbolo, se altera el valor de la etiqueta a la que está enlazado. Esto permite crear dispositivos para configurar valores en el sistema.

2.12.3.6 Pulsadores de contacto (TOUCH PUSHBUTTONS)

Los Pulsadores de contacto son enlaces de objeto que, cuando se activan realizan una operación de forma inmediata.

Estas operaciones pueden ser:

- Cambios de valores discretos.
- Ejecuciones de Script de acción.
- Mostrar u ocultar ventana.

2.12.3.7 Enlaces de visualización (DISPLAY LINKS)

Los enlaces de visualización proporcionan salida al operador. Existen veinticinco tipos de enlaces de visualización divididos en las siguientes categorías: enlaces de color de línea, enlaces de color de relleno, enlaces de color de texto, enlaces de tamaño de objeto, enlaces de ubicación, enlaces de porcentaje de relleno, enlaces varios y enlaces de visualización de valor como se muestra en la figura 60.

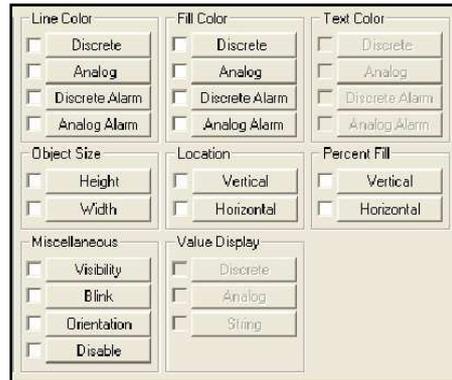


Figura 60: Enlaces de visualización

2.12.3.8 Enlaces de color de línea, relleno y texto (LINE COLOR, FILL COLOR, TEXT COLOR)

Estos tipos de enlace permiten crear animaciones a las líneas, textos y rellenos de nuestra aplicación para obtener un mejor aspecto. Los atributos de color pueden enlazarse al valor de una expresión discreta o analógica o al de un estado de alarma discreto o analógica.

2.12.3.9 Enlaces de tamaño del objeto (OBJECT SIZE)

Este enlace se utiliza para cambiar la altura y/o el ancho de un objeto dependiendo del valor de la etiqueta analógica (entera o real) o de una expresión analógica. Además este enlace permite controlar la dirección en la que se desea que el objeto cambie de tamaño, alto y/o ancho.

2.12.3.10 Enlaces de ubicación (LOCATION)

Los enlaces de ubicación se utilizan para que un objeto se desplace automáticamente en dirección horizontal, vertical o en ambas, acorde a los requerimientos de nuestra aplicación y en respuesta a los cambios en el valor de una expresión.

2.12.3.11 Enlaces de porcentaje de relleno (PERCENT FILL)

Para variar el nivel de relleno de una figura rellena (o un símbolo que contenga figuras rellenas) de acuerdo al valor de una etiqueta analógica o una expresión que se convierta en un valor analógico se utiliza un enlace de porcentaje de relleno. El porcentaje de relleno de una figura puede ser vertical, horizontal o ambas.

2.12.3.12 Enlaces varios (MISCELLANEOUS)

Para este enlace encontramos cuatro tipos: Visibilidad, Parpadeo, Orientación y Desactivación. Los enlaces de visibilidad controlan la visibilidad de un objeto dependiendo del valor de una etiqueta o una expresión discreta. Los enlaces de parpadeo permiten hacer parpadear a un objeto, en base al valor de una etiqueta o una expresión discreta. Los enlaces de orientación permiten girar un objeto en base al valor de una etiqueta o una expresión. Los enlaces de desactivación permiten desactivar la funcionalidad de contacto de los objetos y se emplean con frecuencia como parte de una estrategia de seguridad para determinada aplicación.

2.12.3.13 Enlaces de visualización (VALUE DISPLAY)

Los Enlaces de visualización de valor permiten utilizar un objeto de texto para visualizar el valor de una etiqueta discreta, analógica o de cadena.

2.12.3.14 Declaración de variables

Para asignar Links a un objeto se realiza dando doble clic sobre este, y aparece la siguiente ventana de diálogo.

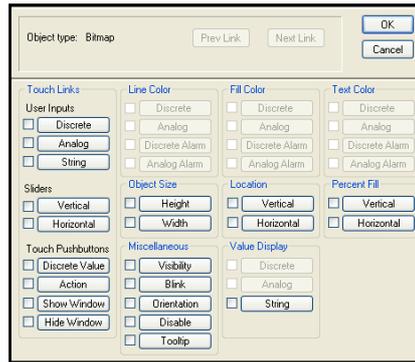


Figura 61: Selección de links

En la parte superior de esta ventana encontramos el tipo de objeto al cual se lo va asociar uno o más Links, dependiendo de nuestra aplicación se muestra en la figura 61. El tipo de objeto puede ser un símbolo, una línea, un rectángulo, texto, polilínea, círculo, etc.

El Animation Link sirve para realizar o dibujar objetos “con vida”, aquí se les puede cambiar de color y dar movimiento. Esto se realiza mediante un enlace de objeto con un tagname.

Si selecciona el botón “Discrete” de la categoría “Line Color” de la ventana anterior se despliega se muestra en la figura 62.

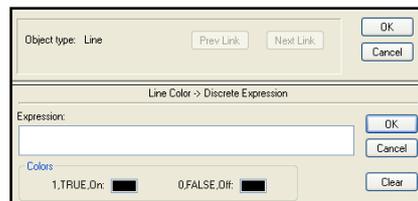


Figura 62: Cuadro de dialogo para links

En esta ventana se define el tagname. Si no se encuentra en la base de datos del Tagname Dictionary aparece se muestra en la figura 63.



Figura 63: Tagname dictionary

Esta ventana contiene todas las etiquetas definidas anteriormente para una determinada aplicación y es lo más importante en lo que concierne al Intouch.

Tagname: Ingresa el nombre de las etiquetas que se definen anteriormente, puede ser de 32 caracteres.

Type: Indica el tipo específico de etiqueta de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.

Group: Muestra el grupo de alarmas donde se asignará la etiqueta a un determinado grupo de trabajo. Las alarmas dan las condiciones del proceso para que el operador tome las medidas correspondientes.

New: Para añadir un nuevo tagname a la base de datos.

Select: Para seleccionar un tagname de la base de datos.

Retentive Value: Siempre que WindowsViewer este encendido, este cuadro retiene el valor actual del tagname, y este valor es usado como un valor inicial del tagname cuando se reinicia el WindowsViewer.

Log Data: Se lo utiliza para anotar datos en un histórico siempre que estos no cambien más de lo especificado.

Log Events: Se encarga de anotar todos los cambios de valor de los datos al tagname.

2.12.3.15 Interface gráfica

Las interfaces gráficas permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta se muestra en la figura 64.

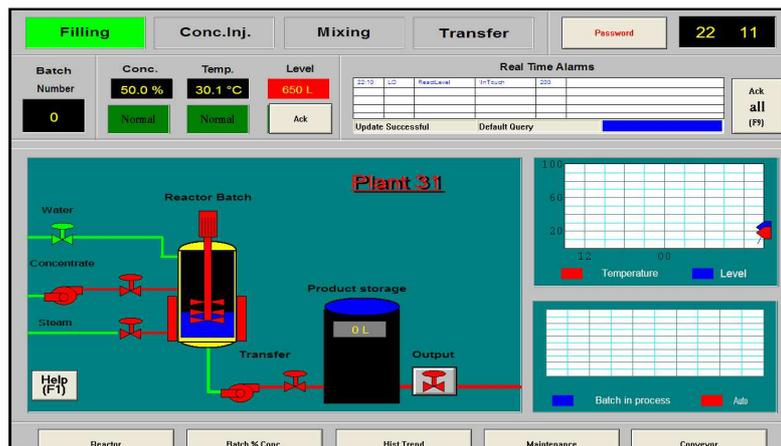


Figura 64. HMI de un proceso en INTOUCH

Gracias a las librerías de objetos se muestra en la figura 65 es posible relacionar variables de sistema a objetos ya creados de forma muy sencilla. Por ejemplo, podemos visualizar el estado de una variable analógica mediante un visualizador en forma de barra, arrastrándolo desde la librería hasta la ventana que estamos diseñando.

Una vez en la pantalla, será posible editarlo y asignarle la variable a observar.

Por ejemplo, gracias a ActiveX, podemos asignar a nuestra aplicación propiedades implícitas en el sistema operativo (redimensionar ventanas, hacer ampliaciones, desplazarse a lo largo de listas, etc.) y permitir su activación o no en función de los derechos del usuario de turno.

Es posible realizar cambios de configuración en funcionamiento si tenemos los privilegios adecuados. Por ejemplo, modificar la duración de una gráfica para ver unos datos que no se muestran en la pantalla en ese momento.

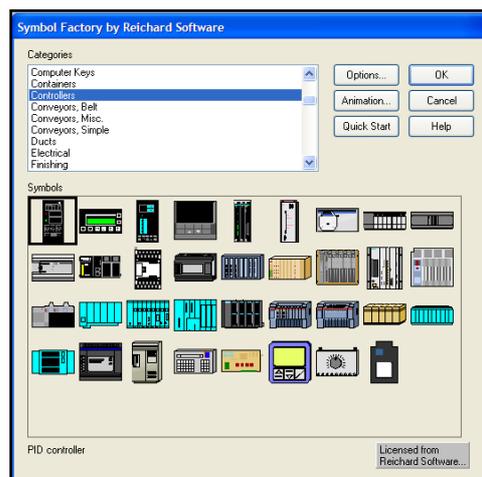


Figura 65: Liberia SymbolFactory (Reichard Software).

2.12.3.16 Tendencias

Son las utilidades que permiten representar de forma cómoda la evolución de variables del sistema. Las utilidades más generales son:

- Una carta puede tener los parámetros de representación ya definidos o pueden modificarse durante la ejecución de la aplicación *online*.
- Es posible representar varios valores de forma simultánea en una misma carta. La limitación del número de valores (también llamados plumas) suele ser debida a su inteligibilidad (la cantidad de líneas en una ventana es inversamente proporcional a su utilidad).
- Representación en tiempo casi real de variables (Real-time trending) o recuperación de variables almacenadas (Historical Trending).
- Visualización de valores.
- Desplazamiento a lo largo de todo el registro histórico (scroll).
- Ampliación y reducción de zonas concretas de una gráfica.

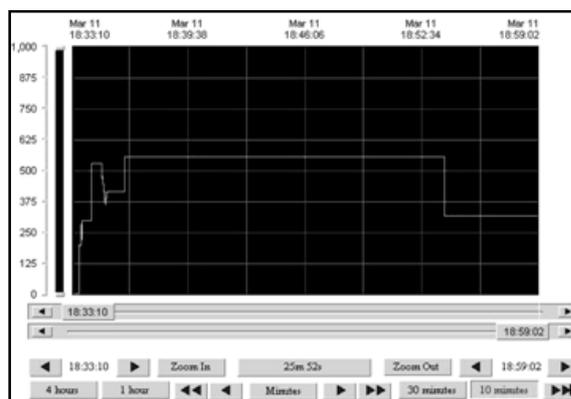


Figura 66. Gráfica Histórica con utilidades (InTouch).

En la figura 66 se muestra una gráfica de tendencia histórica que representa una variable analógica, realizada con el paquete INTOUCH, de Wonderware.

Además de la consabida representación de ejes X e Y, con valores de tiempo y magnitud respectivamente, podemos ver toda una serie de herramientas, más o menos generales, que nos permiten:

- Aumentar o disminuir una parte concreta del gráfico, tanto en el eje X como en el Y.
- Avanzar o retroceder a lo largo de toda la evolución de la variable.
- Cursores para ver el valor exacto de la variable en un momento determinado.
- Visualizar el valor actual de la variable si el registro se realiza *on-line*.
- Exportar los datos de pantalla a una hoja de cálculo, por ejemplo.

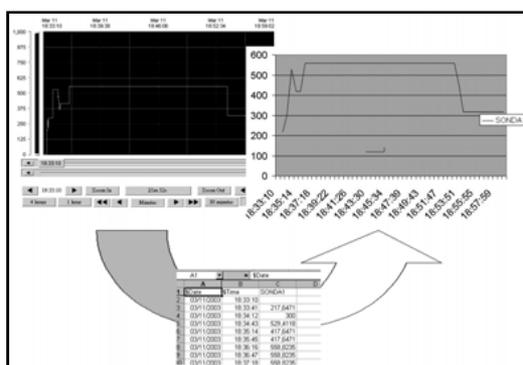


Figura 67: Exportación de datos de una Gráfica Histórica (INTOUCH).

En la figura 67 se observa la exportación de datos de una gráfica realizada con INTOUCH a través de un formato de intercambio estándar: DIF (Data Interchange Format).

Mediante los cursores de la gráfica se delimita el fragmento de éste a exportar, así como la cantidad de puntos que se van a muestrear (su resolución).

A continuación se exporta a un archivo en formato DIF que puede ser adquirido mediante una hoja de cálculo Excel y representado mediante una gráfica en la hoja de cálculo.

2.12.3.17 Alarmas y eventos

Las alarmas se basan en la vigilancia de los parámetros de las variables del sistema.

Son los sucesos no deseables, porque su aparición puede dar lugar a problemas de funcionamiento se muestra en la figura 68.

Este tipo de sucesos requiere la atención de un operario para su solución antes de que se llegue a una situación crítica que detenga el proceso (nivel bajo de aceite en un equipo hidráulico) o para poder seguir trabajando (cargador de piezas vacío).

El resto de situaciones, llamémoslas normales, tales como puesta en marcha, paro, cambios de consignas de funcionamiento, consultas de datos, etc., serán los denominados eventos del sistema o sucesos.

Los eventos no requieren de la atención del operador del sistema, registran de forma automática todo lo que ocurre en el sistema. También será posible guardar estos datos para su consulta a posteriori.

HH:MM:SS	EVT	Type	Pri	Comment	GroupName	Value
14:25:03	ALM	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	ON
14:25:04	RTN	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	OFF
14:25:05	ALM	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	ON
14:25:06	EVT	OPR	999	SEGUNDA MAQUINA DE L	System	ON
14:25:06	ACK	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	ON
14:25:10	RTN	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	OFF
14:25:10	ALM	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	ON
14:25:11	EVT	OPR	999	SEGUNDA MAQUINA DE L	System	ON
14:25:11	ACK	DISC	1	TEMPERATURA MAXIMA	HORNO_CHOQUE	ON

Figura 68. Ejemplo de pantalla de alarmas (InTouch).

Las alarmas se suelen dividir según su influencia en el funcionamiento del sistema o máquina a controlar:

a) Prealarmas

Grupo dentro del cual se engloban todos aquellos sucesos susceptibles de generar problemas graves en el sistema a corto o medio plazo y que requieren atención por parte de los responsables de mantenimiento.

b) Alarmas de fin de ciclo

No requieren un paro inmediato de la máquina. Se puede realizar toda la secuencia de trabajo hasta su finalización, momento en el cual la máquina se detiene y requiere atención de mantenimiento. Solucionado el problema, la orden de marcha reinicia el proceso.

c) Alarmas de paro

Son todas aquellas que requieren la detención inmediata de la máquina sin importar el punto en el que se halle el proceso. Tras un paro de este tipo el sistema debe retornar a sus condiciones iniciales de trabajo antes de poder dar marcha de nuevo.

Generalmente las variables de un sistema SCADA tienen asignados una serie de valores que definen su comportamiento dentro del sistema. Así, una variable que represente un valor de temperatura, arrastrará, por definición, datos tales como:

- Temperatura.hihi (valor máximo)
- Temperatura.hi (valor alto, aviso)
- Temperatura.lo (valor bajo, aviso)
- Temperatura.lolo (valor mínimo)
- Temperatura.ROC (Rate of change, velocidad de cambio)

Las alarmas suelen estar centralizadas y clasificadas en grupos de alarmas para mejorar su gestión (reconocimientos de alarmas aisladas o de grupos de alarmas).

De la misma manera, se les puede asignar una prioridad, de modo que si aparecen varias de forma simultánea, las más importantes aparecerán primero.

También será posible presentar alarmas de diferente origen (sistemas de alarmas distribuidas) en una misma pantalla.

La persona encargada del diseño del sistema de visualización, junto con los usuarios y los diseñadores de las máquinas a controlar, deberán decidir la categoría de cada alarma que se cree.

2.12.3.18 Registro y archivado

Por registro (logging) se entiende el archivo temporal de valores, generalmente basándose en un patrón cíclico y limitado en tamaño. Por ejemplo, podemos definir un archivo histórico de alarmas de manera que almacene en disco duro hasta mil

alarmas de forma consecutiva. En el momento en el cual se produzca la siguiente alarma se escribirá sobre la primera que se guardó (registro de tipo rotativo).

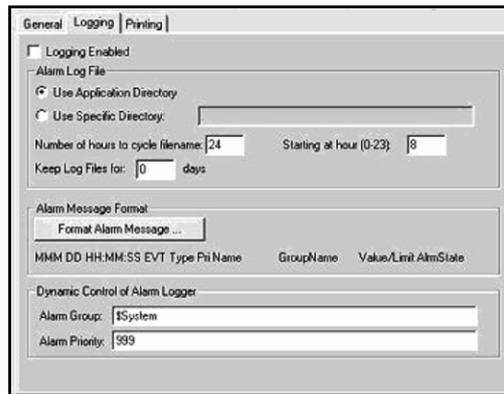


Figura 69: Configuración del archivado de alarmas con InTouch

También será posible definir que, una vez el registro de alarmas esté lleno, se guarde una copia en un archivo (archivado) que no se borra, quedando a disposición del usuario que necesite recuperar esos datos.

Los datos de alarmas y eventos que ocurren en el sistema suelen ir acompañados de más identificadores, tales como el momento en el cual ocurrieron (*Time Stamp*) o el usuario activo en ese momento.

En el dibujo se observa la ventana de configuración del archivo de alarmas del Scada INTOUCH. Podemos determinar dónde se guarda, la duración del archivo, e incluso los datos que se van a archivar se muestra en la figura 69.

2.12.3.19 Generación de Informes

Es cada vez más común la tendencia a complementar las funcionalidades de adquisición, registro de datos y generación de alarmas con la capacidad de generar información capaz de ayudar en la toma de decisiones.

Por ejemplo, será interesante disponer de información referente a:

- Situación de la planta (estado, incidencias).
- Producción en tiempo real.
- Generación y registro de alarmas.
- Adquisición de datos para análisis históricos, control de calidad, cálculo de costes, mantenimiento preventivo.
- Gestión de almacén.
- Gestión de producción.
- Gestión de mantenimiento.

Mediante las herramientas SQL es posible realizar extractos de los archivos, los registros o las bases de datos del sistema, realizar operaciones de clasificación o valoración sin afectar a los datos originales. También permiten presentar los archivos en forma de informes o transferirlos a otras aplicaciones mediante las herramientas de intercambio disponibles.

La interacción entre las áreas de gestión y producción necesita de herramientas que permitan la generación automática de informes adaptados al entorno de gestión de la empresa (no sólo de ristas de interminables datos, sino de informes que ya presenten análisis y valoraciones sobre la información recibida).

Existen paquetes que ya disponen de este tipo de herramientas incorporadas pero también podemos encontrar aplicaciones con funciones de consulta para extraer información y presentarla en formatos compatibles para otras aplicaciones más específicas, como MSOffice, de Microsoft.

Por ejemplo, podemos transferir datos de una tabla de una base de datos a una hoja de cálculo gracias a la utilidad DDE, incluida en Microsoft Windows.

2.12.3.20 seguridad

Un fallo en el diseño, un usuario malintencionado o una situación imprevista podrían alterar los parámetros de funcionamiento de un sistema.

Hoy en día cualquier sistema de control puede utilizar uno o varios métodos de comunicación para enlazar todos los puntos de control de un proceso y, en el momento en que se utilizan sistemas de comunicación que implican el acceso desde múltiples puntos, no siempre dentro de la empresa, es posible que alguno de estos accesos sea no deseado.

Ante estas situaciones el sistema debe permitir establecer estrategias para prevenir, detectar y defenderse de acciones no deseadas (intencionadas o no):

- Mediante el establecimiento de toda una serie de derechos y las jerarquías de usuario, que limitan el acceso a datos sensibles mediante contraseñas. Además, el acceso mediante usuarios permite establecer un archivo de accesos para conocer en todo momento quién ha cambiado algo en el sistema de control (log).

- Encriptando los datos que se emiten desde las estaciones remotas (Remote Terminal Units) o el control central (Master Terminal Unit).
- Filtrando toda la información recibida, comprobando si su origen es conocido o no, por ejemplo:

Mediante el uso de códigos preestablecidos que se envían con los datos y se comprueban en el centro de control antes de ser aceptados.

2.12.3.21 Comunicaciones con INTOUCH

2.12.3.21.1 Integración con ARCHESTA

Las potentes características de distribución integradas facilitan el mantenimiento, administración y puesta en marcha de grandes sistemas, revertiendo en un costo corporativo mucho menor. InTouch HMI permite la visualización de información mediante Wonderware Industrial Application Server, el cual reduce drásticamente el esfuerzo y tiempo requeridos en el mantenimiento y puesta en marcha de aplicaciones de una planta o incluso de múltiples plantas.

Industrial Application Server centraliza el control de la seguridad, ejecución de Scripts, adquisición de datos y conectividad para todas las aplicaciones. Todo ello facilita un entorno de desarrollo común gracias a que está basado en la plataforma Archestra, eliminando la necesidad de formación extra para nuevas aplicaciones de desarrollo. Además, el esfuerzo de ingeniería y el costo se preservan para la expansión del sistema debido a la política de Wonderware de facilitar siempre un camino para la migración de aplicaciones existentes.

2.12.3.22 Conectividad

INTOUCH HMI se puede conectar a casi cualquier dispositivo de control debido a los cientos de controladores I/O (I/O Servers) y servidores OPC (originalmente conocido como OLE for Process Control) existentes diseñados para la conexión a productos de Wonderware.

Los Servidores Wonderware suministran datos a aplicaciones InTouch a través de comunicación DDE de Microsoft (Dynamic Data Exchange), el protocolo SuiteLink de Wonderware o la tecnología OPC. Otros fabricantes utilizan el set de herramientas Archestra DAS (Data Access Server) Toolkit para la creación de servidores que incorporen uno o varios de los métodos que ya se mencionaron.

InTouch HMI y los productos FactorySuite A² de Wonderware son capaces de actuar como Clientes o como Servidores OPC.

Esta última característica es muy importante, ya que la conexión entre el sistema HMI implementado en la empresa en estudio (ENKADOR) y la red Ethernet se puede hacer a través de 2 herramientas:

- I/O Servers: software desarrollado por Wonderware.
- OPC Servers: software desarrollado por terceros.

2.12.3.23 WONDERWARE I/O SERVER

El I/O Server es un módulo de software ubicado en la capa de enlace que permite al HMI recibir la información procedente de los elementos de control y utilizarla para ser visualizada.

El I/O Server viene a ser entonces un intérprete del protocolo usado para la comunicación entre los controladores y el HMI se muestra en la figura 70.

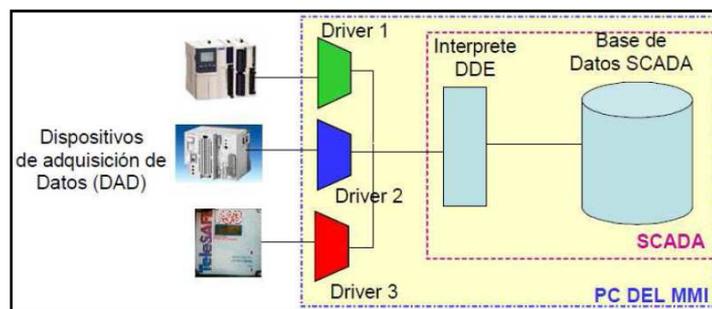


Figura 70: Arquitectura de los I/O Server Wonderware

El sistema de monitoreo usa actualmente el I/O Server MODBUS (MBENET), este permite la conexión de los elementos de control que utilizan el protocolo MODBUS con formatos RS-232 (directamente conectados a la PC) o RS-45 a través de conversores de RS-485 a RS-232.

En este caso se definen las siguientes características:

- Puerto de comunicación.
- Topic Name o nombre dado al dispositivo en el HMI.
- Velocidad de transferencia.
- Dirección del dispositivo en la red.
- Numero de bits de datos.

- Bits de parada.
- Tipo de dispositivo.
- Tipo de paridad.

En el HMI se define el “Access name” que es el nombre simbólico al que va a referirse el programa en la búsqueda o escaneo de la información cuando se realice la conexión y el I/O Server usado como se muestra en la figura 71.

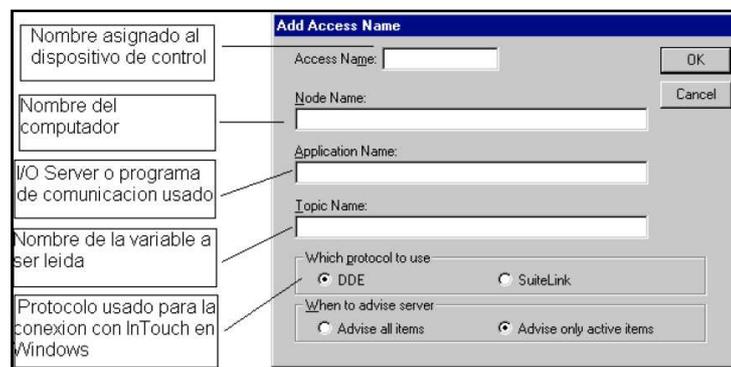


Figura 71: Ventana de configuración Access Name

Cuando se realice la conexión entre el HMI y la red Ethernet debe usarse otro tipo de I/O Server denominado MBENET como se muestra en la figura 72, en este se definen las siguientes características:

- Topic Name.
- Dirección IP.
- Tipo de dispositivo.
- Tiempos de retardo.

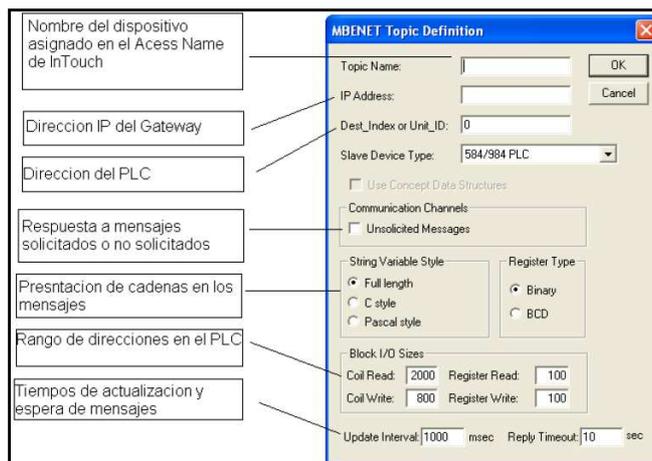


Figura 72: *Ventana de configuración MBENET*

2.12.3.23.1 Requerimientos del sistema de monitoreo

Al diseñar un sistema de monitoreo, por más sencillo que este sea, se debe pensar siempre en las posibles ampliaciones o modificaciones futuras; por lo tanto, el diseño debe estar pensado para brindar adaptabilidad y apertura a los futuros cambios. Es cierto que en algunos casos la implantación de un proyecto, en un principio, está pensada para cumplir estrictamente con los requerimientos del cliente (o de la industria), pero podemos deducir, que más adelante será menos costoso para la empresa adaptarse al crecimiento o la necesidad de más información si se diseña un sistema abierto y fácilmente expansible.

Tomando en cuenta lo anterior y además que unas máquinas muy pronto serían dadas de baja por haber llegado al final de su vida útil; era necesario la implementación de un nuevo sistema de monitoreo que permita la rápida expansión, que sea abierto (que permita la operación de equipos de diversas marcas), que supere la velocidad y capacidad del anterior y que con un mínimo de inversión se consiga lo que la empresa necesitaba.

2.13 BASES DE DATOS

2.13.1 ODBC

Mediante ODBC (Open Data Base Connectivity), también de Microsoft Windows, tenemos un estándar que permite a las aplicaciones el acceso a datos en Sistemas de Gestión de Bases de Datos (Data Base Management Systems) utilizando SQL como método estándar de acceso.

ODBC permite que una aplicación pueda acceder a varias bases de datos mediante la inclusión del controlador correspondiente en la aplicación que debe acceder a los datos.

La interface ODBC define:

- Una librería de llamadas a funciones ODBC.
- La sintaxis SQL necesaria.
- Códigos de error estándar.
- El método de conexión a un Sistema de Gestión de Bases de Datos(DBMS)
- El formato de presentación de los datos

Para acceder a los datos, una aplicación necesita un controlador, que en Windows se llama Librería de Enlace Dinámico (DLL, Dynamic Link Library) y en UNIX recibe el nombre de Objeto (OBJ). ODBC permite definir un estándar que permita el intercambio entre bases de datos y aplicaciones.

2.13.2 SQL

La aparición del estándar por excelencia para la comunicación con bases de datos, SQL (Structured Query Language), permite una interface común para el acceso a los datos por parte de cualquier programa que se ciña al estándar SQL.

El primer SQL aparece en 1986 bajo el nombre: ANSI X3.135-1986.

Las posibilidades de esta tecnología incluyen:

a) Procedimientos

Son bibliotecas de comandos almacenados en la base de datos. Permiten reducir el tráfico de red y simplificar los procedimientos de acceso a los usuarios de las bases de datos.

b) Eventos

Son comandos que se activan de forma automática bajo unas ciertas condiciones, facilitando el mantenimiento de la integridad de los datos.

c) Replicación

Permite la duplicación y sincronización de bases de datos. Por ejemplo, para actualizar los datos de la base de datos central con los almacenados en una unidad remota (RTU), más actuales, o para actualizar un servidor de datos que ha quedado temporalmente fuera de servicio y se vuelve a poner en funcionamiento.

d) Accesibilidad

Permite el intercambio o envío de información basándose en eventos. Por ejemplo, el envío automático de mensajes cuando se cumplen ciertas condiciones dentro de un sistema.

e) API

Las herramientas API (Application Programming Interfaces) permiten que el usuario pueda adaptar el sistema a sus necesidades mediante rutinas de programa propias escritas en lenguajes estandarizados, tales como Visual Basic, C++, o Java, lo cual les confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Permiten el acceso a las bases de datos de los servidores (valores almacenados temporalmente o archivos históricos).

2.13.3 Almacenamiento de Datos

Inicialmente los ordenadores estaban muy limitados en sus capacidades de almacenamiento de variables, tanto en cantidad como en tiempo.

Ya en los albores de la automatización se vio la utilidad de poder disponer de datos almacenados sobre un sistema, de manera que se pudiera realizar cualquier tipo de análisis a posteriori como, por ejemplo, diagnósticos.

También aquí se podrían establecer una serie de pasos evolutivos en la técnica de almacenamiento de información:

a) Ficheros

La primera época de almacenamiento, anterior a las bases de datos, se basaba en el almacenamiento de información en ficheros, accesibles por los programadores de las aplicaciones. Estos ficheros eran complicados de tratar debido a que tenían que estar perfectamente identificados y localizados en el disco, así como la situación y el formato de los datos dentro de éstos.

La primera revolución aparece con la técnica del indexado. Un archivo puede entonces estar ordenado por un criterio determinado, por ejemplo, la fecha o el nombre de variable. De esta manera es fácil acceder a unos datos si el nombre de la variable es conocido.

La limitación de este método radica en que la base de datos tiene un solo punto de acceso.

b) Bases de datos

La aparición de las bases de datos jerárquicas permite ordenar los elementos por jerarquías, en las cuales un tipo de datos consiste en un subconjunto de otro tipo de datos más genérico. Por ejemplo, en una línea de producción hay un conjunto general de variables compuesto por los conjuntos de variables particulares de cada máquina.

Este modelo está limitado en prestaciones si queremos acceder, por ejemplo, a variables pertenecientes a distintos grupos de datos situados en diferentes niveles del esquema de variables. Surgen entonces las bases de datos de red, capaces de interpretar las relaciones más complejas entre los diversos tipos de variables que aparecen.

Los programas, de todas formas, siguen necesitando conocer las formas de acceder a los datos dentro de estas estructuras.

c) Bases de datos industriales

Las bases de datos relacionales normales no son adecuadas para los sistemas actuales de producción.

Una instalación con 5.000 variables, si se requiere almacenarlas cada segundo, arroja la cantidad de 12.960.000.000 registros al cabo de un mes de trabajo.

Las limitaciones principales son:

- La cantidad de datos a almacenar en un periodo dado de tiempo. El ejemplo anterior arroja 5.000 inserciones por segundo en la base de datos, cadencia muy elevada para una base de datos relacional.
- El espacio necesario es considerable debido a la cantidad de información a almacenar.

SQL no está optimizado para trabajar con datos con indexación temporal, lo cual hace difícil la tarea de especificar resoluciones temporales.

Desarrollos como Industrial SQL, de Wonderware, solucionan el problema de la actualización de datos aumentando la capacidad de grabación de datos y disminuyendo el espacio necesario en disco.

Por ejemplo, un servidor dedicado con SQL Server 2000 es capaz de procesar más de 10.000 medidas por segundo.

Las nuevas técnicas desarrolladas permiten aumentar el rendimiento de las bases de datos y, por tanto, el acceso a la información:

- Las arquitecturas Cliente-Servidor permiten a los desarrolladores de producto transferir las aplicaciones desde los Clientes y el Servidor hacia una Capa de Aplicación intermedia.
- Los objetos distribuidos basados en tecnologías tales como DNA, de Microsoft Windows, y que emplean modelos como DCOM y CORBA, se utilizan para implementar la Capa de Aplicación, donde se usarán las herramientas de análisis, seguimiento y gestión. CORBA (Common Object Request Broker Architecture) es un estándar para computación con objetos distribuidos. Se trata de una tecnología de modelado abstracto de objetos que describe los componentes de un sistema y sus interfaces, así como estructuras estándar orientadas a lenguajes de programación concretos.
- OLE DB es un conjunto de interfaces basadas en la tecnología COM que permite hacer accesibles los datos a herramientas SQL. Permiten la interacción con Sistemas de Gestión de Bases de Datos (DBMS) y también compartir los datos a las bases de datos.
- Los Objetos de Datos ActiveX (ADO, ActiveX Data Objects) proporcionan una serie de interfaces que dan acceso a los datos. Mediante estas tecnologías las bases de datos distribuidas pueden ser accesibles como si formaran una

única base de datos local (por ejemplo, desde un Panel de Operador se podrá acceder a datos de cualquier lugar de la planta de fabricación).

- Los Servicios de Datos Remotos (RDS, Remote Data Services) y las Páginas de Servidores Activos (ASP, Active Server Pages), permitirán el acceso fiable a Internet. RDS proporciona la infraestructura para el intercambio de datos por Internet y ASP permite a un servidor Web interactuar con los datos para satisfacer las exigencias de un Cliente de forma dinámica.

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL

En este capítulo se describe paso a paso el proceso de implementación del sistema de monitoreo hasta su culminación.

3.1 ADQUISICIÓN DE DATOS DE GENERACIÓN DESDE LOS MEDIDORES DE ENERGÍA ION 6200

3.1.1 INSTALACIÓN DE LOS MEDIDORES ION 6200

En esta etapa se sustituyeron los medidores de energía anteriores, los cuales no contaban con una conexión a red de comunicaciones, en su lugar se instaló medidores ION 6200 interconectados a una red MODBUS en un medio físico estándar RS485.

Los datos se llevaron hacia un computador en el cual se desarrollo una HMI diseñada en INTOUCH, para lograr una interfaz de comunicación con la aplicación y un dispositivo que gestione (Gateway) el bus para el acceso de datos en medidores.

En la figura 73, se observa el entorno de la sala de control de la central con sus gabinetes de control y medida y los medidores que fueron reemplazados los cuales se muestran indicados con flechas de color blanco.

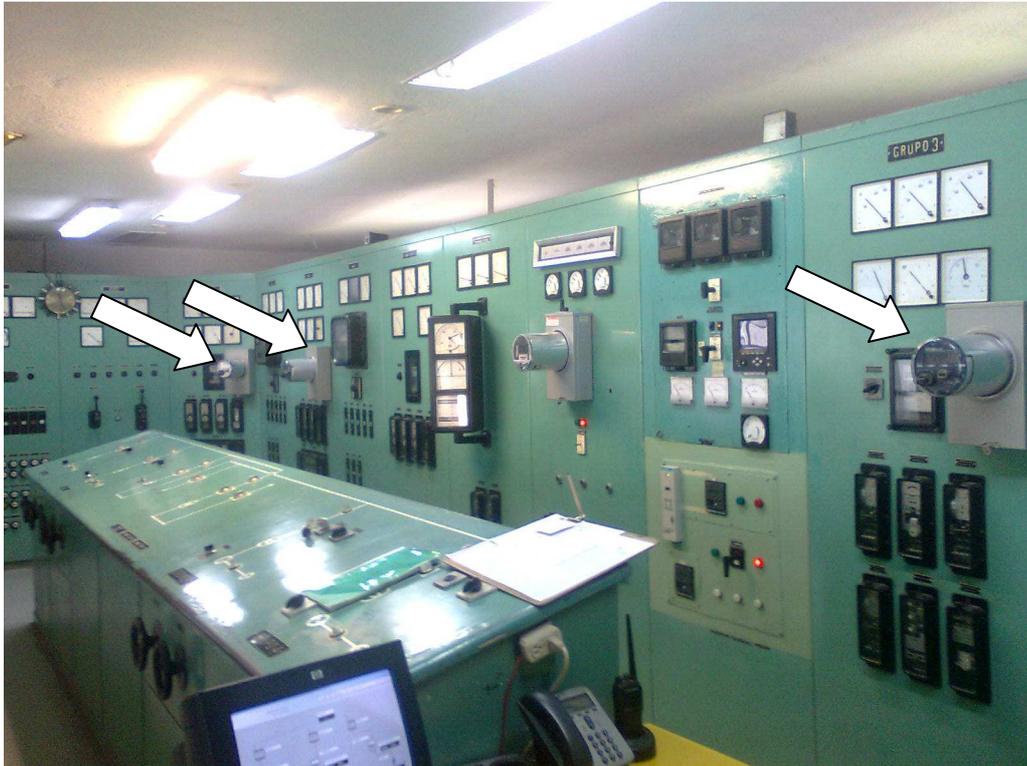


Figura 73: Medidores de energía de cada grupo (No poseen protocolo de comunicación)

Para el retiro de cada medidor, se tomo en cuenta el conexionado de los transformadores de voltaje y de corriente.

3.1.1.1 Conexionado de los transformadores de voltaje y de corriente.

Para realizar el conexionado de cada medidor se tomó como referencia los planos generales de la central para conocer la conexión de los transformadores de corriente y de voltaje y definir las configuraciones de los medidores de energía. Tomando en cuenta la conexión ya dispuesta en delta, se identificó las líneas y el tipo de conexión, interpretando los planos conjuntamente y haciendo el seguimiento de los

cables hacia los medidores análogos para identificar R, S, T como se muestra en las figura 74.a y 74.b.

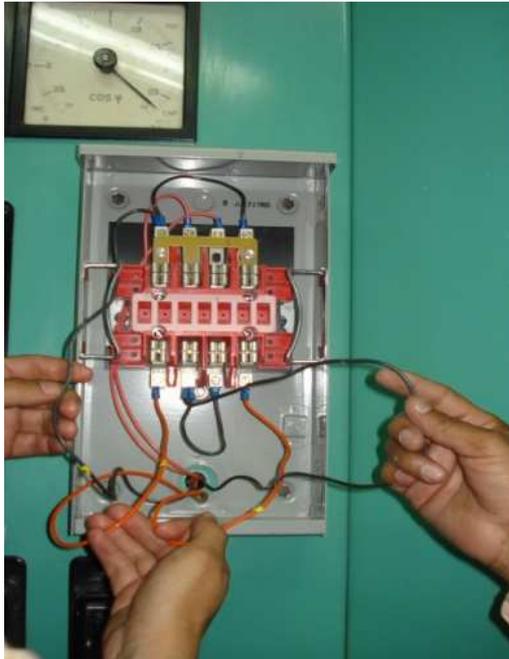


Figura 74: a) Conexión de medidores reemplazados



b) Toma de señales de corriente

La figura 75, muestra las líneas R, S, T; de donde se toma las señales para voltaje que ingresan al medidor

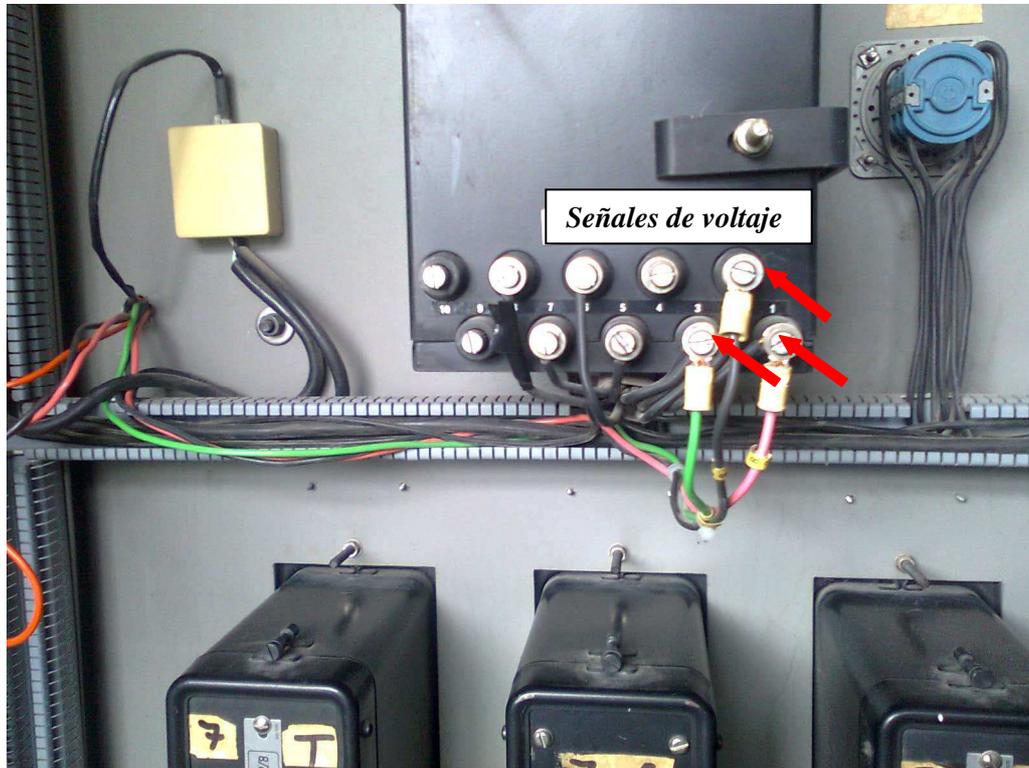


Figura 75: Señales de voltaje R, S, T.

Según los planos los medidores anteriores están en una configuración típica de medición, tomando las mediciones desde los medidores análogos las líneas de corriente y voltaje podemos conectar cada medidor. Ver conexión de medidor en anexos.

Las señales de corriente y voltaje se las pueden ver en los planos generales de la Central en donde se muestra la conexión desde las líneas que salen de los generadores, ofreciéndonos una perspectiva más clara de las conexiones de los transformadores de corrientes y de voltaje hasta los tableros de medida, control y mando que se lo adjunta en anexos.

3.1.2. MONTAJE Y CONEXIÓN DE LOS MEDIDORES ION 6200

3.1.2.1. Ensamble del Medidor

Para ensamblar el medidor ION6200 se lo debe realizar siguiendo los siguientes pasos:

- Introducir la tarjeta de opciones en la ranura de la parte posterior del medidor y deslizar la tarjeta hacia arriba hasta que quede en su sitio.
- Insertar el conector enchufable de la fuente de alimentación en el puerto de conexión del medidor.
- Una la fuente de alimentación apretando los dos tornillos cautivos con un destornillador de estrella.

El despiece del medidor de energía se muestra en la figura 76.

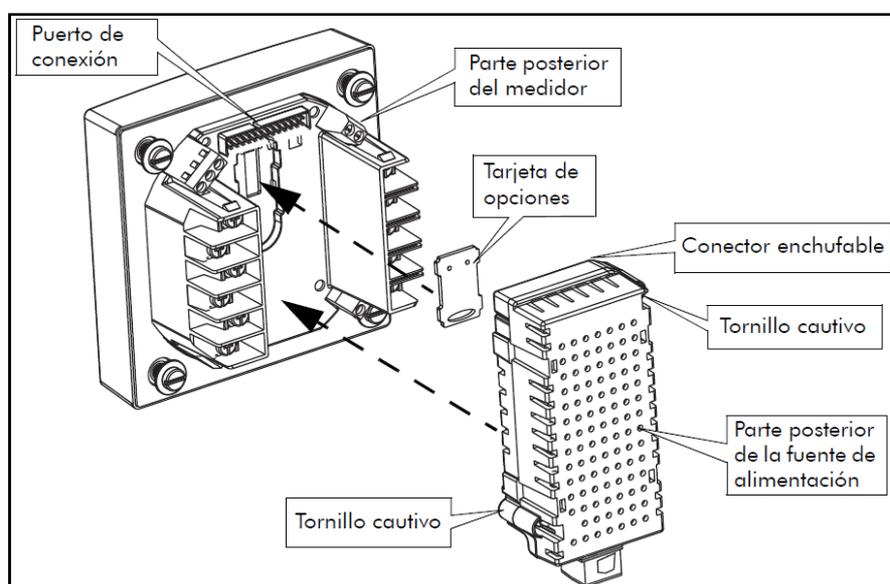


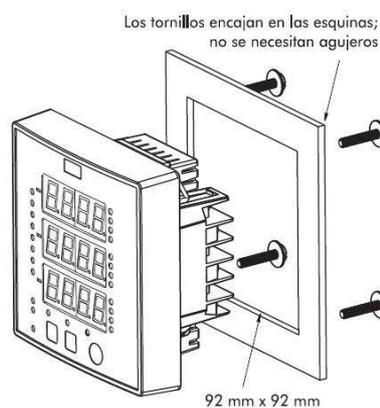
Figura 76: Ensamblaje del medidor de energía ION 6200

3.1.2.2. Montaje del Medidor

Se Monto el medidor en una ubicación seca, sin polvo o suciedad ni vapores corrosivos como se muestra en la figura 177.a y 77.b. Una vez instalado, como indica el manual no es necesario darle un mantenimiento.



Figura 77: a) Perforación del tablero



b) Montaje sobre el tablero

3.1.2.3. Consideraciones

A continuación se muestra en la Tabla6, las consideraciones ambientales que se deben tener para el montaje del medidor de energía ION 6200.

Tabla 6.Consideraciones de montaje del medidor de energía ION 6200

Rango de funcionamiento	-20 °C a 70 °C aire ambiente, sin formación de hielo. Máximo de 50 °C con una fuente de alimentación 480 V.
Intervalo en almacenamiento	-40 °C a 85 °C
Humedad	5 a 95% sin condensación

3.1.2.4. Conexión del Terminal de Tierra

Conectamos el terminal de tierra del medidor a la tierra del conmutador con un cable de 2,1 mm² o mayor calibre como indica el manual. Se Conecto el terminal G a tierra para la fuente de alimentación en el mismo lugar que el terminal del medidor.

3.1.2.5. Conexión de las entradas de tensión

En la tabla 7, se muestra las especificaciones de entradas de tensión a las que se deben conectar.

Tabla 7. Especificaciones de entradas de tensión

Tipo de conector	Anillo o anillo deslizante, o cable desnudo
Cable	Entre 2,1 mm ² y 3,3 mm ²
Entradas	V1, V2, V3, V _{REF}
Valores nominales de las entradas ¹	60 – 400 LN (103,5 – 690 LL) VCA RMS (trifásica) 60 – 400 L-N VCA (monofásica)
Cumplimiento	Categoría de instalación III (distribución) Nivel de contaminación 2
Sobrecarga	1.500 VCA RMS continua
Rigidez dieléctrica	> 3.250 VCA RMS, 60 Hz durante 1 minuto
Impedancia	> 2 MΩ/fase a tierra

3.1.2.6. Consideraciones de los Transformadores de Tensión (TT)

Se necesita TT para todos los sistemas con niveles de tensión superiores a los ya mencionados. Las entradas del medidor se pueden utilizar con TT con secundarios de valor nominal entre 50 VCA y 347 VCA +25%. Los TT como indica el manual cumplen con los requisitos de la norma IEC 61010-1, Nivel de contaminación 2, Categoría de sobretensión III.

3.1.2.7. Conexión de las entradas de intensidad

En la tabla 8, se muestra las especificaciones de las entradas de tensión a las que pueden conectarse.

Tabla 8. Especificaciones de entradas de intensidad

Tipo de conector	Anillo o anillo deslizante, o cable desnudo
Cable	Entre 2,1 mm ² y 3,3 mm ²
Entradas	I1, I2, I3
Valores nominales de las entradas	10 A RMS (+ 20% máx., 300 V RMS a tierra)
Cumplimiento	Categoría de instalación III (distribución) Nivel de contaminación 2
Sobrecarga	120 A RMS durante 1 segundo, no recurrente
Rigidez dieléctrica	3.000 V RMS, durante 1 minuto
Intensidad de arranque	0,005 A RMS
Carga	0,05 VA (típica) a 5 A RMS

3.1.2.8. Conectando la Alimentación Eléctrica

Las conexiones de la fuente de alimentación difieren según la opción de alimentación que se utilice como se indica en la figura 78.

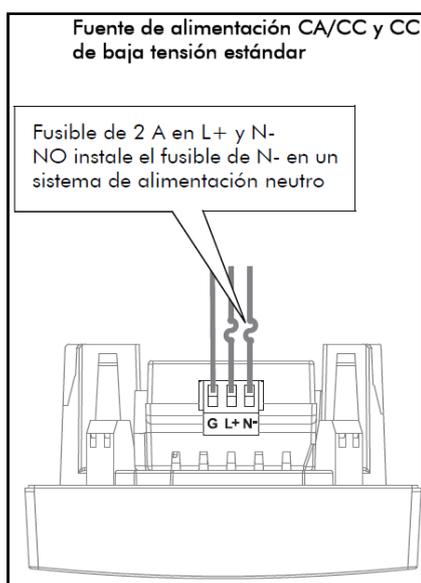


Figura 78: Conexión de la alimentación del medidor de energía ION 6200

Desacuerdo a los planos y la identificación de los cables se determino la siguiente configuración en los cuatro medidores ya que es una configuración típica, que utiliza

dos líneas para las mediciones puenteadando la tercera línea como se indica en la figura 79.

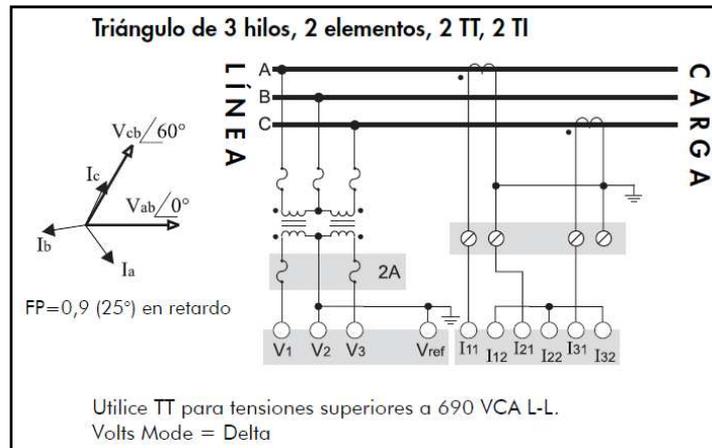


Figura 79: Configuración de conexión para medidor ION 6200

Una vez ya identificadas las conexiones para cada grupo, lo siguiente fue instalar y conectar los medidores como se muestra en la figura 80.a y 80.b.

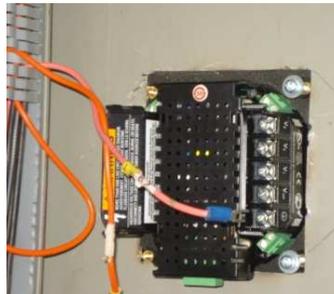


Figura 80: a) Instalación del ION 6200 b) Conexión del ION 6200

Finalmente la vista frontal de uno de los medidores instalados se muestra en la figura 81. La programación de los medidores de energía ION 6200 la podemos encontrar en anexos.



Figura 81: Vista frontal del ION 6200 ya instalado

3.2. EL TABLERO DE CONTROL



Figura 82: Instalación y montaje del tablero de control

En la primera etapa del proyecto se instaló un tablero de control para colocar los equipos de control tales como el PLC, fuente, pasarela, entre otros. En la figura 82, se muestra el montaje e instalación del tablero que conforma una parte fundamental en el proyecto ya que será el encargado de proteger los equipos y dar una apropiada seguridad a los mismos. Frecuentemente hablaremos también del switch de comunicaciones y del telefast para el PLC con cable telefast los cuales se detallan más adelante.

3.2.1. Fuente, protecciones y elementos del tablero de control

3.2.1.1. Fuente

La fuente que provee de energía a los elementos del tablero es una fuente de 24Vcd/5A (Figura 83) ya que los equipos trabajarán a este voltaje.



Figura 83: Fuente de poder que energiza el tablero de control

Como se muestra en la tabla 9 y 10, las características de voltaje de entrada y salida, corriente de consumo y salida de esta fuente PHOENIX CONTACT se muestran a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 9. Características de entrada hacia la fuente

Input data	
Nominal input voltage	100 V AC ... 240 V AC
AC input voltage range	85 V AC ... 264 V AC
DC input voltage range	90 V DC ... 350 V DC
Short-term input voltage	300 V AC
AC frequency range	45 Hz ... 65 Hz
DC frequency range	0 Hz
Current consumption	Approx. 1.2 A (120 V AC)
	Approx. 0.6 A (230 V AC)

Tabla 10. Características de salida desde la fuente

Output data	
Nominal output voltage	24 V DC \pm 1%
Setting range of the output voltage	18 V DC ... 29.5 V DC (> 24 V constant capacity)
Output current	5 A (-25°C ... 60°C, $U_{OUT} = 24$ V DC)
	7.5 A (with POWER BOOST, -25°C ... 40°C permanently, $U_{OUT} = 24$ V DC)
	30 A (SFB technology, 12 ms)
	7.5 A ($U_{in} \geq 100$ V AC)
Magnetic fuse tripping	C2
Derating	60 °C ... 70 °C (2.5%/K)
Connection in parallel	Yes, for redundancy and increased capacity
Connection in series	Yes
Control deviation	< 1 % (change in load, static 10% ... 90%)
	< 2 % (change in load, dynamic 10% ... 90%)
	< 0.1 % (change in input voltage \pm 10%)

3.2.1.2. Dimensionamiento de la protección de la fuente y equipos

Para dimensionar correctamente la protección de entrada y salida se tomo en cuenta los siguientes tópicos:

a) Entrada en AC de la fuente:

Debido a que en la entrada vamos alimentar la fuente con 110Vca, tomando en cuenta la corriente que la fuente proporciona es de 5A, nos aseguramos que el tablero de control este protegido ante algún tipo de anomalía de la red eléctrica utilizando:

- BREAKER de alimentación general de 10A.
- Supresor de transitorios (especificaciones ver anexo)



Figura 84: a) Breaker de alimentación general b) Supresor de transitorios

Como se muestra en la figura 84.a y 84.b estamos protegiendo la entrada de la red eléctrica contra fallos como cortocircuitos el breaker y cambios bruscos de voltaje el supresor de transitorios (picos altos).

b) Salida en DC de la fuente:

La salida de la fuente que es de 24Vdc para los equipos del tablero, nos basamos en el criterio de que puede ocurrir una falla en cada uno de los equipos, entonces para el dimensionamiento adecuado de la protección de todos los equipos, empezaremos tomando en cuenta que la fuente nos proporcionara 5A el cual es el límite de

corriente que pueden consumir en conjunto todos los equipos en el tablero, necesitaremos:

- Un Breaker de 5A de alimentación en DC
- Bornera con fusible(un fusible de 2A para c/equipo)

Ahora ya con las debidas protecciones del subministro de energía para el tablero de control el esquema de conexiones quedaría como se muestra en la figura 85:

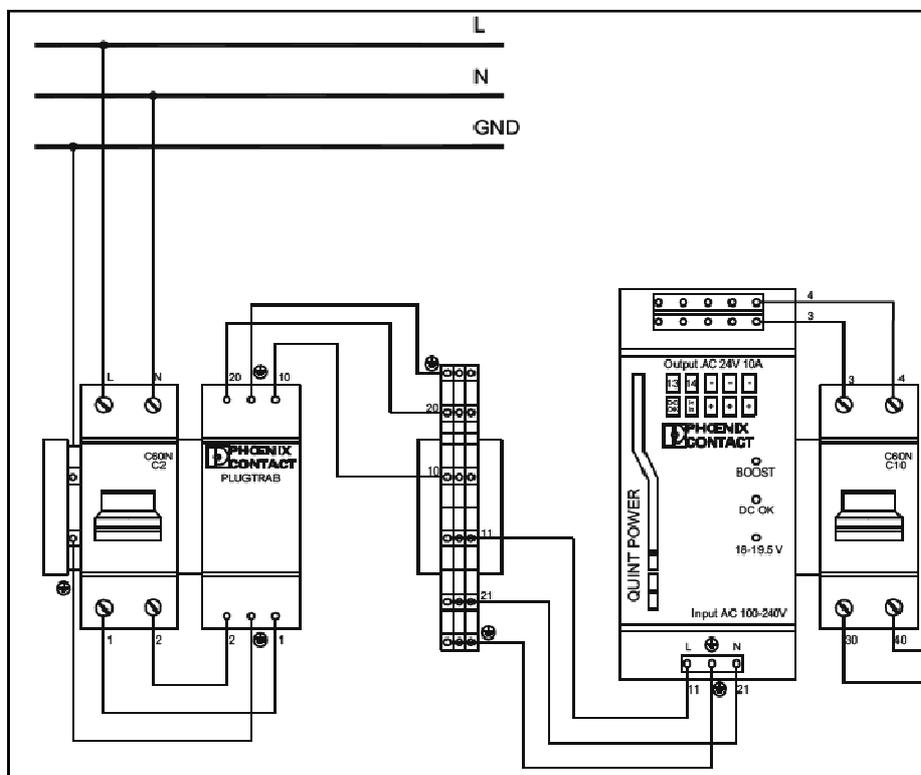


Figura 85: Esquema de conexión de protecciones, fuente y distribución en el tablero.

A continuación se muestra en la Figura 86 físicamente los elementos de protección y distribución de energía para el tablero de control.

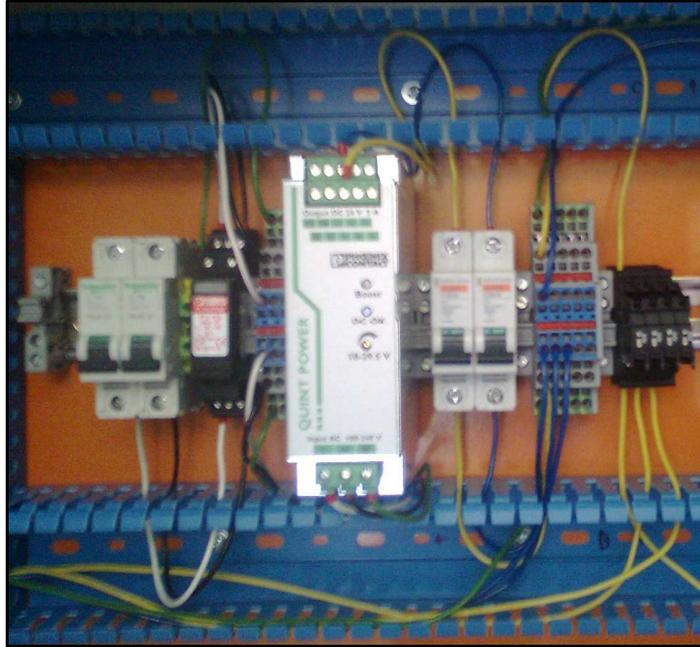


Figura 86: Fuente y elementos de protección del tablero de control

Para la alimentación de los equipos del tablero de control se distribuye a través de un fusible para el borne positivo, y así tener una mejor protección en caso de fallos ya sea en todos los equipos o a su vez en uno de ellos no afectara al sistema desconectando los demás equipos.

En la figura 87, se muestra la distribución de energía para los equipos en el tablero de control.

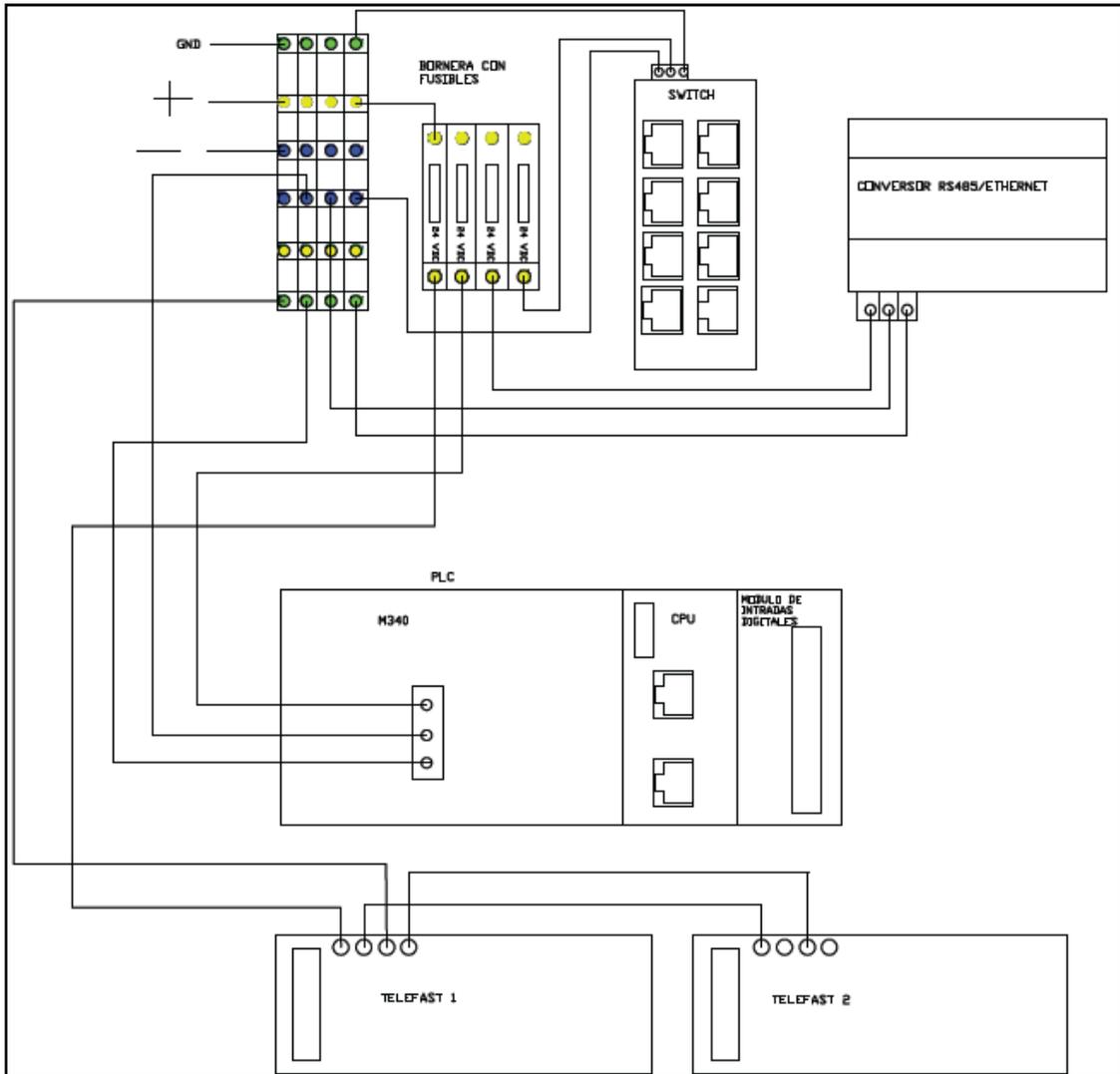


Figura 87: Distribución de energía para los equipos del tablero de control

Físicamente el tablero de control a medida que se lo fue implementando se lo puede apreciar en la Figura 88.



Figura 88: Tablero de control implementándose

Finalmente, el tablero completamente armado e implementado con todos los equipos y todos los instrumentos para la adquisición de datos se muestra en la Figura 89.



Figura 89: Tablero de control implementado

Como se muestra en la figura 89, Ahora que ya nuestro tablero esta energizado y terminado el siguiente paso es obtener las señales del campo hacia este.

3.3. Adquisición de los estados de seccionadores y disyuntores

Para obtener los estados de los seccionadores y disyuntores y tenerlos en red la mejora alternativa es llevarlos a un PLC el cual se describió en capítulos anteriores.



Figura 90: Disyuntores y seccionadores (central hidroeléctrica ALAO)

En un principio se procedió a un análisis de campo para la extracción de los estados de los seccionadores y disyuntores como se muestra en la figura 90. En el cual se determino que era más factible llevar los estados de seccionadores y disyuntores desde el tablero de control de la subestación en donde existen indicadores de estado. En contraste a lo que se pensaba realizar el cableado desde la subestación, es decir desde cada interruptor y seccionador hacia el PLC, esta es la mejor alternativa.

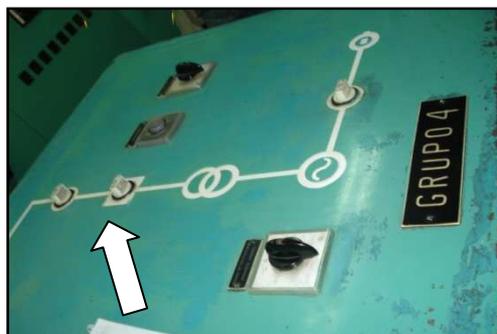


Figura 91: Tablero de control subestación e indicadores de estado

Como se muestra en la figura 91, Ahora que tenemos un medio de adquisición de estados podemos proceder a identificar los contactos en donde se pueden tomar dichos estados.

Para identificar los estados se procedió a medir voltajes y contactos a los cuales llegan cuando se abren y se cierran. Los voltajes de control en el tablero son a 125Vcd, ya identificados los contactos se procedió a cablear las señales hacia un tablero de control donde se va a concentrar el proyecto para conectarlo hacia el telefast del PLC. En La figura 92, podemos observar el cableado del estado del seccionador y disyuntor hacia el tablero instalado.



Figura 92: Cableado de señales de estado (tablero de mando)

Al llevar las señales de estados al tablero procedemos a implementar la interfaz de entrada hacia el PLC.

Como se mencionó el control de seccionadores y disyuntores maneja 125Vcd por lo que es necesaria una interfaz de potencia hacia él, para lo cual se decidió implementar mediante relés con sócalo de 11 pines como se muestra en la figura 93.

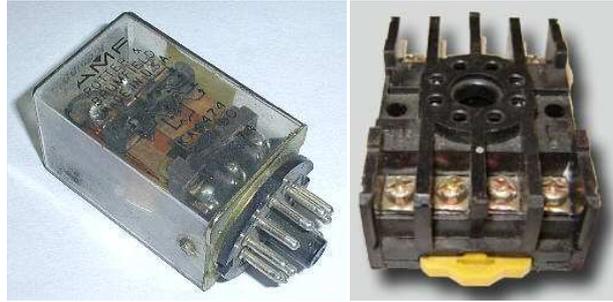


Figura 93: Relés de 11 pines 125vcd

Como se muestra en la figura 94, Para obtener las señales de estado las cuales provienen del tablero entraran a los relés, específicamente a energizar la bobina del relé en los pines 2,10 y las salidas de estos se tendrá un contacto NC y NO los cuales se los utilizara como señal de estado cerrado y abierto que le servirá al PLC como entrada digital.

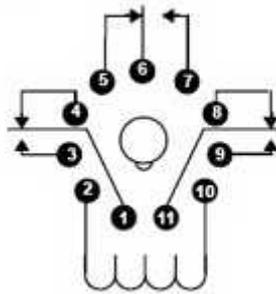


Figura 94: Identificación de los pines del relé

Cabe resaltar que la nomenclatura está de acuerdo con los planos originales de la central ALAO, es decir que todo elemento estará referido a su correspondiente en el plano. A continuación se detalla la nomenclatura.

GRUPO 1

- 89-1 seccionador grupo 1
- 52-1 disyuntor grupo 1
- 37.1.1 alarma sobre velocidad grupo 1

GRUPO 2

- 89-2 seccionador grupo 2
- 52-2 disyuntor grupo 2
- 37.2.1 alarma sobre velocidad grupo 2

De la misma forma para los grupos 3 y 4.

3.3.1 TELEFAST

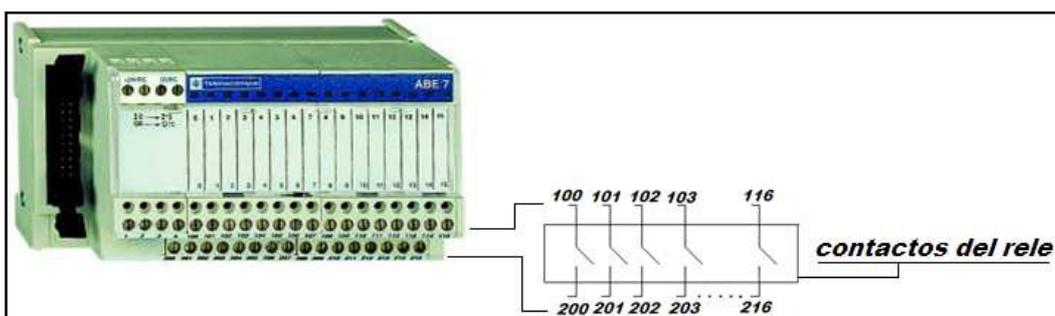


Figura 95: Nomenclatura y Conexión de los relés hacia los bornes del telefast

Como se muestra en la figura 95 y 96, se presenta el esquema de conexión de estados y con los relés, desde el pupitre de mando para cada grupo de generación hacia el tablero de control.

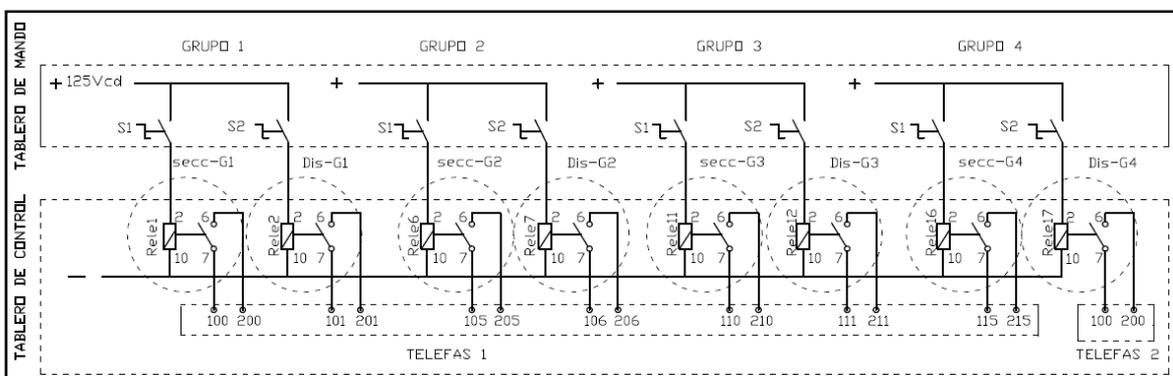


Figura 96: Conexiones grupos del 1 al 4 desde el pupitre de control hacia las entradas del telefast

Una vez cableado las señales de estado hacia el tablero de control donde procedimos al conexionado de las señales con el telefast como indica en la figura 97.

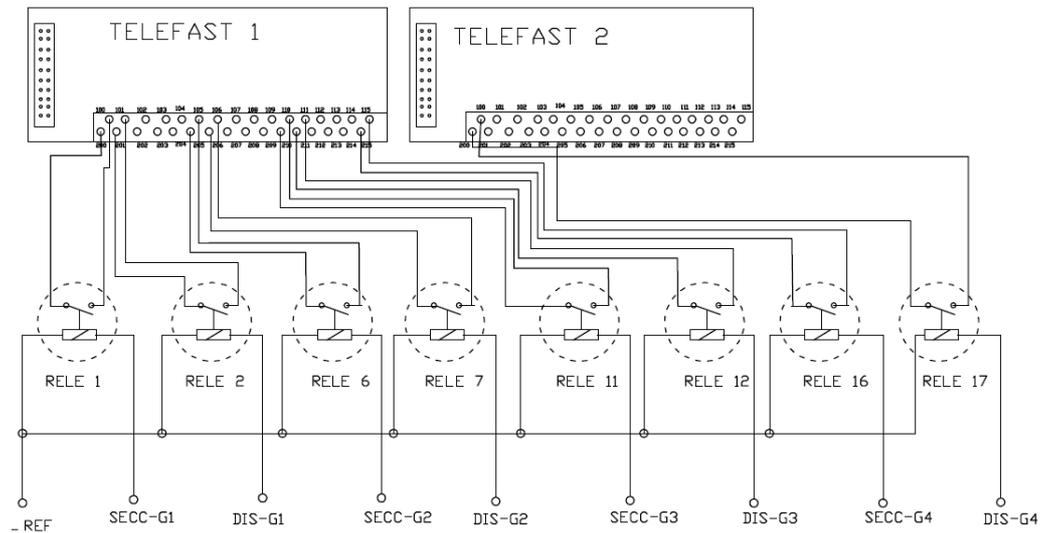


Figura 97: Conexionado de señales de estado hacia el telefast

El cableado final ya terminado de los estados de los seccionadores y disyuntores se lo puede apreciar en la figura 98, indicando que se puede divisar 20 relés de los cuales 12 poseen señales de fallos de sobre velocidad, falla del estator a tierra, y falla de cortocircuito. Y 8 relés que están destinados a seccionadores y disyuntores de los 4 grupos de generación.



Figura 98: Cableado de estados de seccionadores/disyuntores y estados de fallos

A continuación se indicara la pertenencia de cada relé a su señal, es decir el orden de señales para cada relé:

De izquierda a derecha:

GRUPO 1

- Relé 1: Secc-G1
- Relé 2: Dis-G1
- Relé 3: fallo de sobrevelocidad-G1
- Relé 4: fallo del estator-G1
- Relé 5: falla de cortocircuito-G1

GRUPO 2

- Relé 6: Secc-G2
- Relé 7: Dis-G2

- Relé 8: fallo de sobrevelocidad-G2
- Relé 9: fallo del estator-G2
- Relé 10: falla de cortocircuito-G2

De igual manera para los grupos 3 y 4 hasta contar con el relé 20.

Todas estas señales ya concentradas en el telefast las llevamos hacia el PLC-M340 únicamente conectando el cable telefast .El cable telefast es un conductor estándar de SCHNEIDER ELECTRIC para este tipo de plataformas de automatización que nos permite llevar de mejor manera las señales al PLC, específicamente a los módulos de I/O ya sean estos digitales como en nuestro caso o análogos, a través de conectores específicos para módulos de ampliación.

En la figura 99, se puede entender de mejor manera como está la conexión del telefast hacia el modulo de entradas digitales.

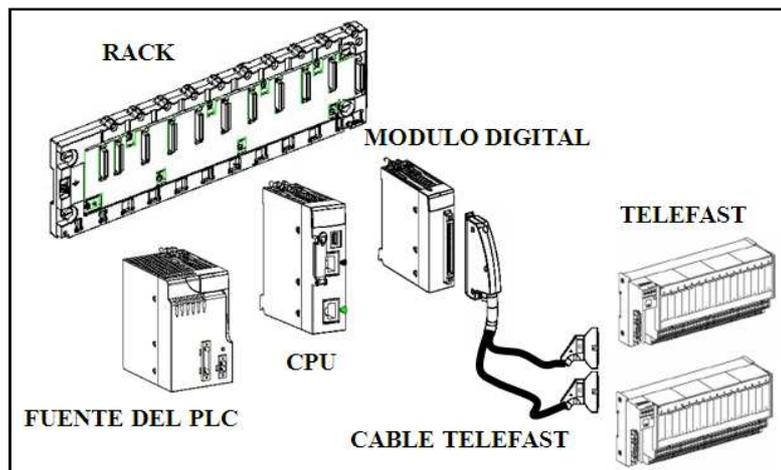


Figura 99: Conexión del telefast y módulos del PLC

Una vez ya implementado el conjunto telefast se muestra en la figura 100.



Figura 100: Implementación del telefast hacia el PLC

Cabe resaltar que las señales de estados de fallos que también están cableadas y llevadas al PLC no están en el esquema ya que el alcance del presente proyecto se remite a la obtención de los estados de los seccionadores y disyuntores, estas señales de fallos son tomadas por la (Empresa Eléctrica Riobamba S.A.) EERSA para enviarlas al (Centro Nacional de Control de Energía) CENACE como información de generación al igual que los datos de generación. Esto no influye en nuestro proyecto ya que el PLC al igual que el convertidor RS485/ETHERNET, están conectados a un SWITCH ETHERNET INDUSTRIAL y el acceso en éste, para el sistema seria multi maestro, es decir que los equipos del CENACE al igual que la HMI de INTOUCH estaría enviando peticiones a los esclavos que tienen la información (PLC y el convertidor).

3.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED MODBUS

Como introducción de redes MODBUS podemos describir las siguientes características de comunicación con PROTOCOLO MODBUS (RTU).

- Topología en bus, árbol, estrella.
- 32 nodos por segmento
- Comunicación maestro/esclavo.
- Velocidad de 300b/s -38,4Kb/s
- Medio físico RS232 /RS485 hasta 1200 metros.

En nuestro proyecto la implementación de la red MODBUS comprendió la interconexión de los medidores mediante norma física RS485 a través de una topología en bus hacia un Gateway de comunicación MODBUS RS485/MODBUS TCP/IP que actúa además como un puente de conversión que gestiona las comunicaciones entre cada dispositivo (medidor de energía) y otros dispositivos en red Ethernet, la conexión del cable RS485 para cada medidor como se muestra en la figura 101.

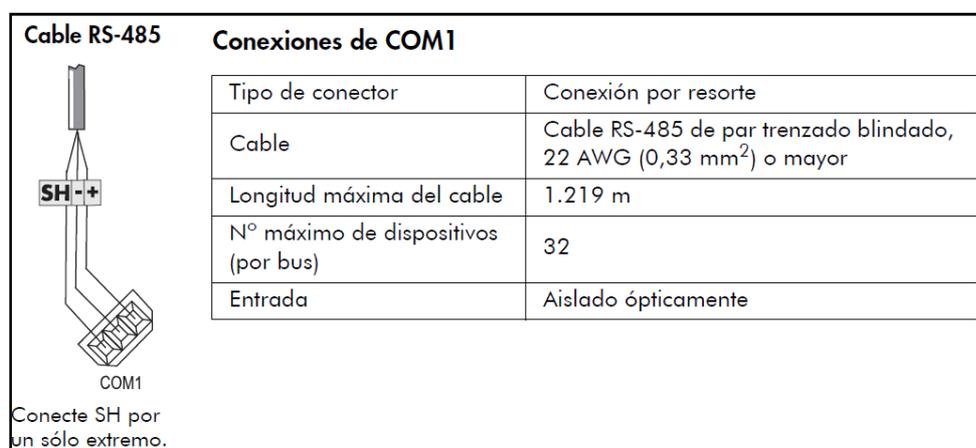


Figura 101: Conexión y características de las comunicaciones del medidor de energía

3.4.1. Indicador Rxd/Txd Dual

Junto al terminal del conector RS-485, un indicador RXD/TXD dual que parpadea en rojo cuando el medidor está transmitiendo datos y en verde cuando los está recibiendo.

NOTA:El medidor posee un puerto COM dedicado a la comunicación RS485 y cable utilizado es RS485 par trenzado referenciado hacia el gateway es decir tres cables en total conectados en el medidor de energía.

Una vez ya interconectado los medidores hacia el bus de comunicaciones como se menciono hace falta un gestor del bus que me comunique con cada dispositivo medidor y convierta un protocolo MODBUS RS485 a MODBUS TCP/IP compatible con Ethernet para una comunicación de datos más manejable y sencilla con la HMI que se diceño con INTOUCH, este es el **POWERLOGIC® Ethernet Gateway EGX100**.

El gateway EGX100 sirve de acoplador Ethernet para dispositivos de sistemas PowerLogic y otros dispositivos de comunicaciones que utilizan el protocolo MODBUS.

El Gateway EGX100 ofrece un acceso completo a toda la información de medición y estado de los dispositivos conectados.

Aplicaciones

- Ethernet MODBUS TCP/IP a gateway RS485 o RS232.

- Maestro serie MODBUS RS485 o RS232 a Ethernet MODBUS TCP/IP.



Figura 102: Gateway de comunicación EGX100

La conexión del EGX100 con los dispositivos esclavos con un par trenzado según las especificaciones del manual se puede observar en la figura 103.

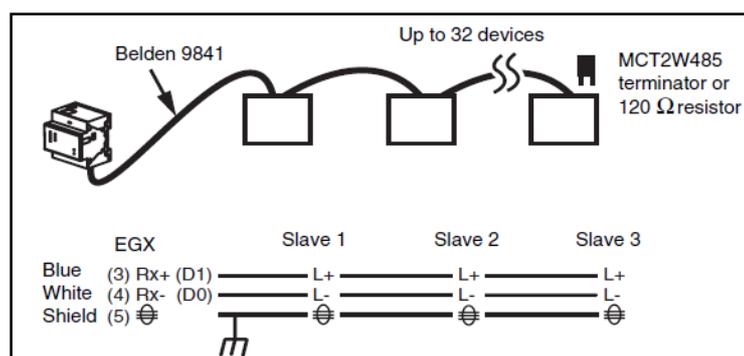


Figura 103: Conexionado del EGX100 con los dispositivos esclavos

Como podemos observar las conexiones entre dispositivos forman el bus que se conecta hacia el EGX100 siendo este el dispositivo maestro que gestiona el acceso al bus para adquirir los datos de cualquiera de los dispositivos medidores, este a la vez hace de pasarela convirtiendo MODBUS RS485/MODBUS TCP/IP conectándose hacia el SWITCH.

El EGX100 es un dispositivo que a su vez se comporta como un esclavo en red Ethernet, es decir que cualquier dispositivo (host) le envía una petición de

información este le contestará, como es el objetivo del proyecto que el host con la HMI realice peticiones de datos de generación al EGX100 y que este responda con los datos del medidor.

Como se muestra en la figura 104, la configuración (DIP SWITCH) del cable RS485 para que este se comunice con un par trenzado, también se puede configurar con 4 hilos de cable pero ese no es nuestro caso.

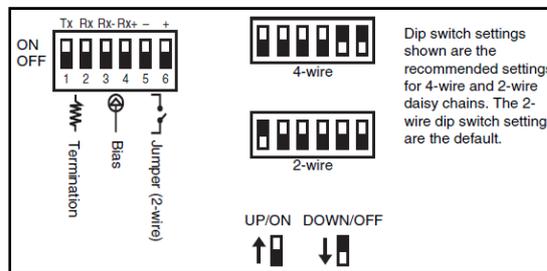


Figura 104: Disposición de los DIP SWITCH para comunicación RS485 par trenzado y 4 cables

NOTA: Para nuestro proyecto utilizamos la configuración de “2-WIRE” para comunicación RS485 con un par trenzado.

En la figura 105, podemos observar el esquema de conexión entre los medidores de energía y el Gateway de comunicación.

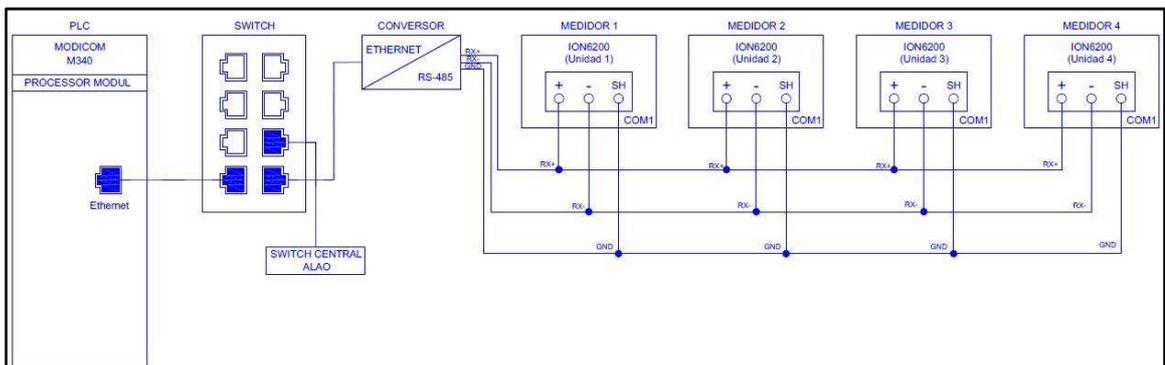


Figura 105: Interconexión de los medidores de energía y el Gateway

Como podemos observar el Gateway está siendo conectado hacia el SWITCH de comunicaciones esto quiere decir que la información está concentrada en él y a partir de este punto ya manejamos una red Ethernet y una comunicación multi maestro para MODBUS TCP/IP gracias a la IP.

3.4.2. Descripción y configuración de la conexión del EGX100

1. 24 Vdc control power connection

2. 10/100BaseTx (802.3af) connection

3. LEDs:

- **Ethernet:**

- LK: Active link
- TX: Transmitting data
- RX: Receiving data
- 100: Link speed. 100 Mb = ON, 10 Mb = OFF

- **Serial:**

- RS485: RS485 mode = ON, RS232 mode = OFF
- TX: Transmitting data
- RX: Receiving data

- **Power/Status**

4. Liberador del riel DIN

5. Botón de Reset

6. Conexión RS485

7. Dip switches

8. Conexión RS232

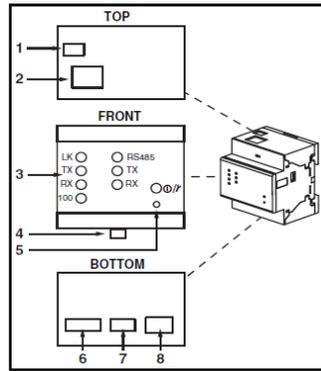


Figura 106: Descripción del EGX100

Antes de configurar el EGX, se obtuvo una dirección IP estática única, máscara de subred, y Gateway del administrador de la red. Utilizando el navegador de internet para configuramos el EGX con la información obtenida de su administrador de la red.

En la figura 107, observamos la conexión del EGX100 hacia la PC para su configuración.

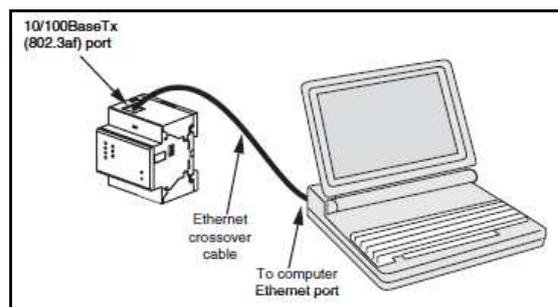


Figura 107: Conexión del EGX100 hacia la PC para su configuración

3.4.3. Configuración del EGX100 mediante el navegador de internet

En un inicio al EGX100 para poder configurarlo vía **Web Browser** se le asigno una IP, mascara de subred y Gateway que nos proporciono el administrador, una vez ingresado este paso procedemos a configurar los demás ítems.

3.4.3.1. Parámetros Proporcionados Por El Administrador para el Getway EGX100:

- IP: 192.168.0.64
- MASCARA DE SUBRED: 255.255.255.0
- GATEWAY: 0.0.0.0

Como se muestra en la figura 108, Ingresamos la IP al navegador y aparece la pantalla de autenticación en la cual debemos ingresar el USUARIO y CONTRASEÑA que por defecto son Administrator y Gateway respectivamente.

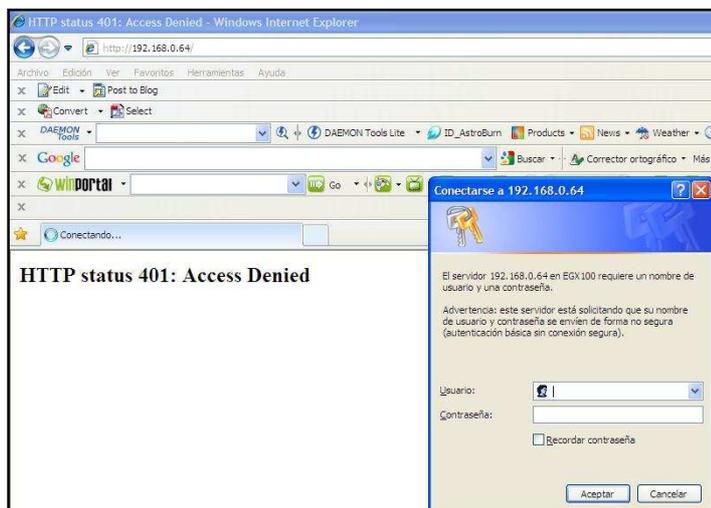


Figura 108: Ingreso a la configuración **Web Browser** del EGX100

NOTA: Previamente se debe configurar la IP en el EGX100 la configuración para ingresar a los demás parámetros de configuración, es lo recomendable.

Una vez autenticado ingresamos al entorno de monitoreo y configuración del EGX100 como podemos observar en la figura 109.

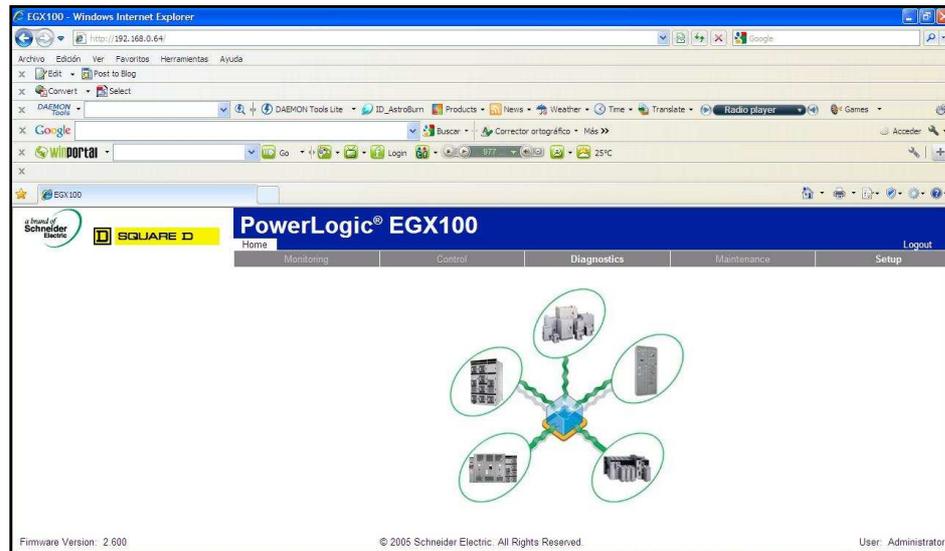


Figura 109: Entorno de monitoreo y configuración del EGX100

Una vez ya dentro del entorno de configuración podemos ya ingresar o modificar todos los parámetros de funcionamiento, como se indican en las siguientes figuras se configuraran todos los parámetros funcionales del EGX100.

3.4.3.2. Configuración de la red (TCP/IP)

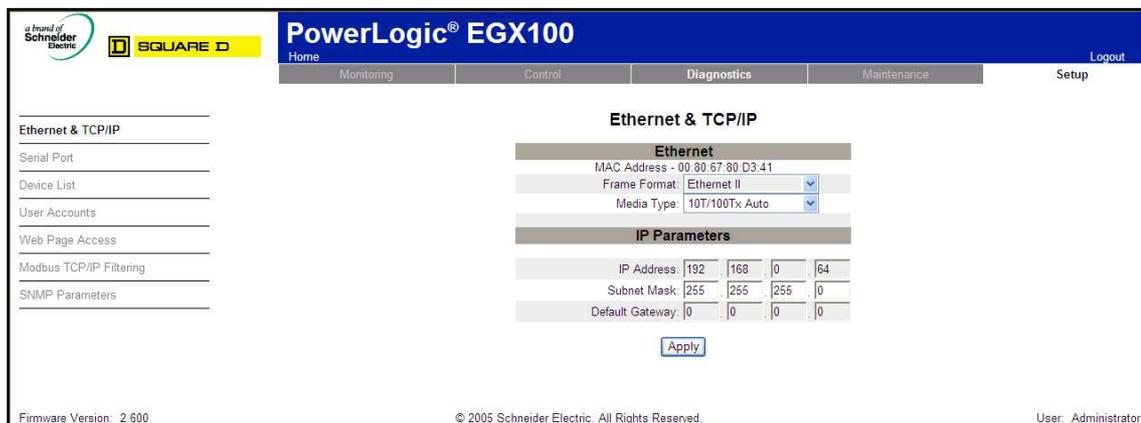


Figura 110: Configuración de la IP

Como se muestra en la figura 110, Para la configuración de la red Ethernet debemos ingresar al entorno de configuración->**SETUP** -> **Ethernet & TCP/IP** en donde nos aparecerán los campos de ingreso de la IP, mascara de subred, Gateway, tipo de trama y tipo de medio.

3.4.3.3. Configuración del puerto serial

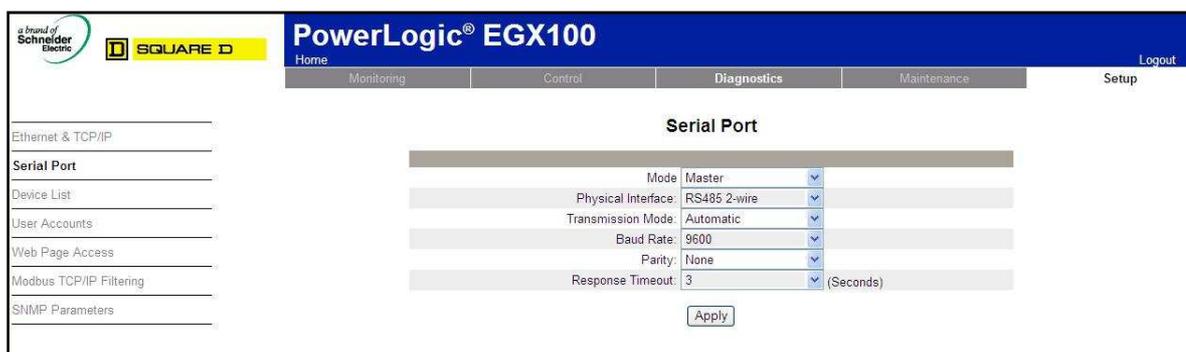


Figura 111: Configuración del puerto serial

Al configurar el puerto serial debemos tomar en cuenta que tipo de comunicación, velocidad, el medio físico, modo de transmisión, etc. Como se puede observar en la figura 111, los parámetros se configuraron de acuerdo al medio físico con el cual se

implemento el bus de campo con protocolo MODBUS (RTU) RS485 con un par trenzado para el cableado.

3.4.3.4. Configuración del número de dispositivos

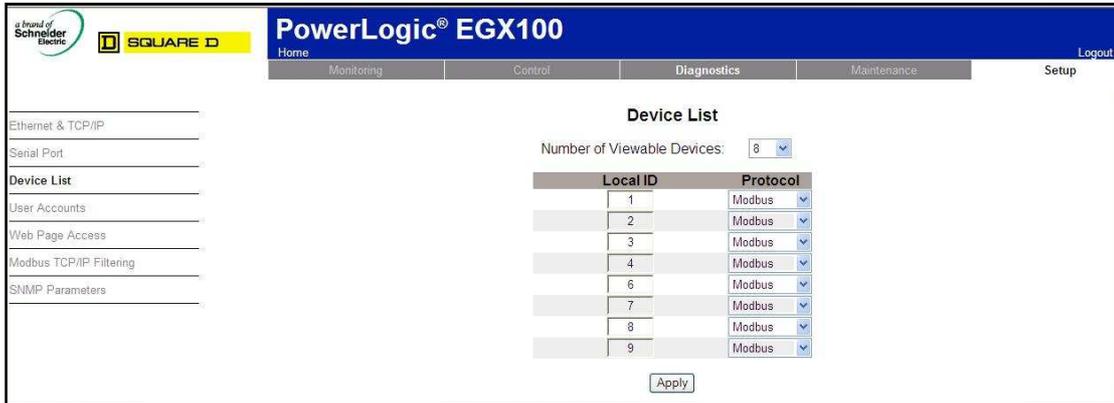


Figura 112: Configuración del número de dispositivos

Como se muestra en la figura 112, la configuración del número de dispositivos viene determinada por el número de dispositivos que se implemento en la red MODBUS en este caso son 4 dispositivos.

3.4.3.5. Configuración de usuarios



Figura 113: Configuración de usuarios

La configuración de usuarios es opcional pero importante ya que se puede asignar prioridades a los usuarios del que se hayan creado, en nuestro caso solo necesitamos un usuario el cual es por defecto el administrador como se muestra en la figura 113.

3.4.3.6. Configuración del acceso al dispositivo

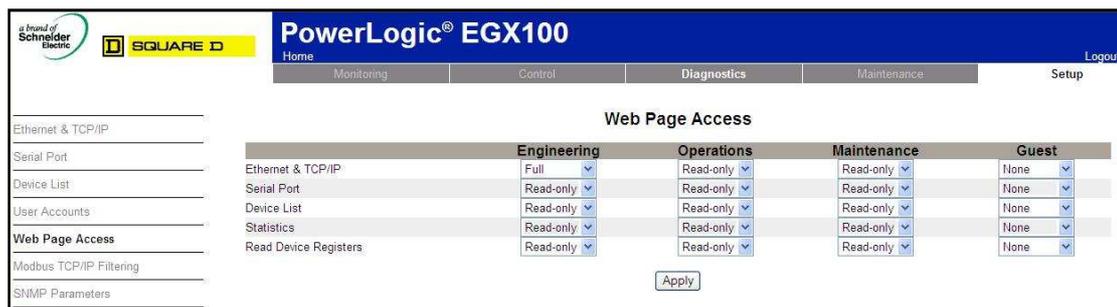


Figura 114: Configuración de acceso al dispositivo

Esta configuración se refiere a los permisos sobre el dispositivo para poder solo visualizarlos o modificarlos, según sea el grado del usuario para nuestro caso no es necesario dar permisos a excepción del ingreso en Ethernet & TCP/IP que damos acceso y permiso completo.

Para las dos últimas configuraciones de MODBUS TCP/IP FILTERING y SNMP PARAMETERS no se necesitaron configurar ya que para el proyecto no es necesario filtros en MODBUS y tampoco de un protocolo de administración de red como se muestra en la figura 114.

3.4.3.7. Funciones de diagnóstico



Figura 115: Entorno de lectura de los registros del medidor de energía

Como se puede observar en la figura 115, en la pestaña de diagnósticos podemos observar que están los registros donde se encuentran los datos de medidor, es decir los datos de generación del grupo al que pertenece.

Aquí podemos leer todos los registros del medidor de energía identificando así que dato pertenece a cada registro, refiriéndonos también en el manual del protocolo MODBUS del medidor, disponible en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.chipkin.com/files/liz/PowerLogic%20ION%206200%20Protocol%20Doc%20042007.pdf>

Estos registros son los contenedores de toda la información disponible para la comunicación MODBUS, que posteriormente nos serán de mucha utilidad en la comunicación con la aplicación de la HMI de INTOUCH, se debe direccionar los registros mediante los I/O SERVERS para poder visualizar los datos en INTOUCH como se indicara más adelante.

3.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC

Antes de empezar a programar se da una breve descripción del PLC y su conexión ETHERNET como se muestra en la figura 116.

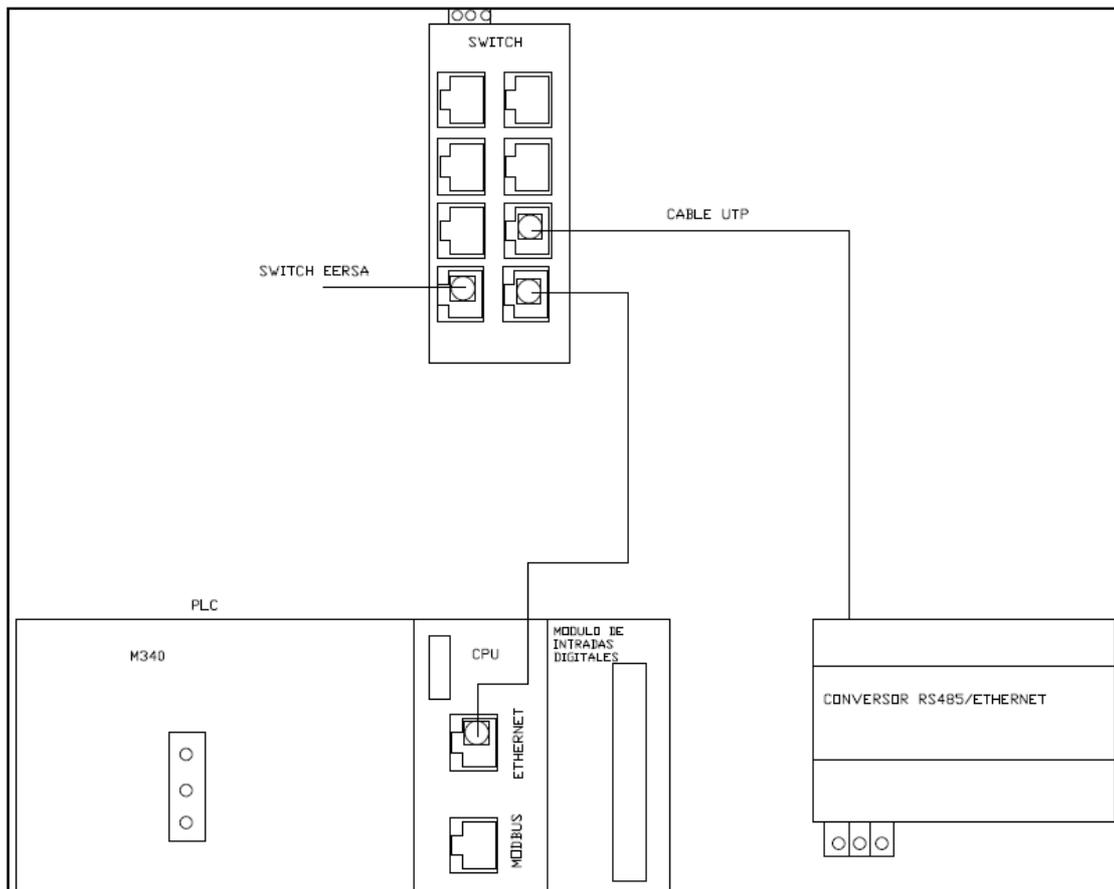


Figura 116: Conexión ETHERNET del PLC hacia el switch

3.5.1. Descripción de la plataforma de automatización M340



Figura 117: a) Fuente **BMX CPS2010** b) CPU c) Módulo De Entradas Digitales

Como se muestra en la figura 117, la plataforma de automatización M340 cuenta con los siguientes módulos:

- Fuente de alimentación BMX CPS2010
- Módulo de entradas / salidas digitales BMXDDI3202K
- Unidad Central de proceso BMX P342010 y tarjeta de memoria

Para nuestro proyecto la unidad central de procesamiento cuenta con:

- Puerto terminal USB
- Slot tarjeta memoria con tarjeta de 4 Mb
- Dos puertos COM :
 - Serie(MODBUS)
 - Ethernet

Los módulos de I/O discretas del MODICON M340 son de formato estándar equipado con conector de 40 pines. Para todos los módulos, los Telefast están disponibles y permiten conectar rápidamente a las partes operacionales, es decir sus entradas. Para el proyecto utilizamos el modulo de entradas digitales mostrado en la figura 118.

BMX DDI 32 02 K

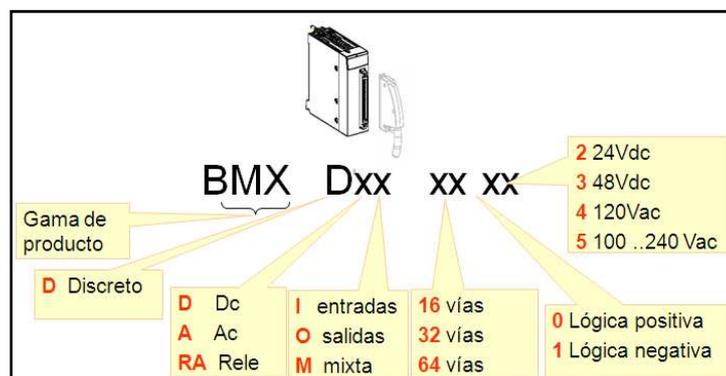


Figura 118: Nomenclatura de los módulos de entradas digitales **BMX DDI 32 02 K**

3.5.2. Programación y Configuración de la plataforma de automatización

Para describir rápidamente la manera de programación y configuración de la plataforma de automatización M340 se da una descripción clara y precisa.

Lo primero que debemos hacer es iniciar el programa de programación y configuración UNITY PRO este viene en versiones L o XL, su principal diferencia radica en la gama de equipos que se puede programar es limitado en la versión L.

Como podemos observar en la figura 119, el entorno de programación y configuración es amigable al usuario y fácil de adaptarse al entorno de programación.

Luego se definen los equipos que tenemos para programar, para luego configurar la red Ethernet y finalmente escoger un lenguaje de programación.

Nota: La plataforma de programación M340 tiene la opción de programar en 4 lenguajes:

- **Function Block Diagram (FBD)** es un **lenguaje gráfico** que está orientado a flujo de datos.

- **Diagrama de Contactos (LD)** corresponde a unos **escalones para conectar relés**. La línea de potencia de la izquierda corresponde a la fase y la línea de potencia de la derecha corresponde al neutro del escalón.
- **Texto estructurado (ST)** es un lenguaje de ordenador usando una gama de expresiones para asignar valores a variables, llamadas a FFBs, creando expresiones.
- **Sequential Function Chart (SFC)** es un **método gráfico** para representar un sistema de control de secuencia usando secuencias de etapas y transiciones (GRAFSET).

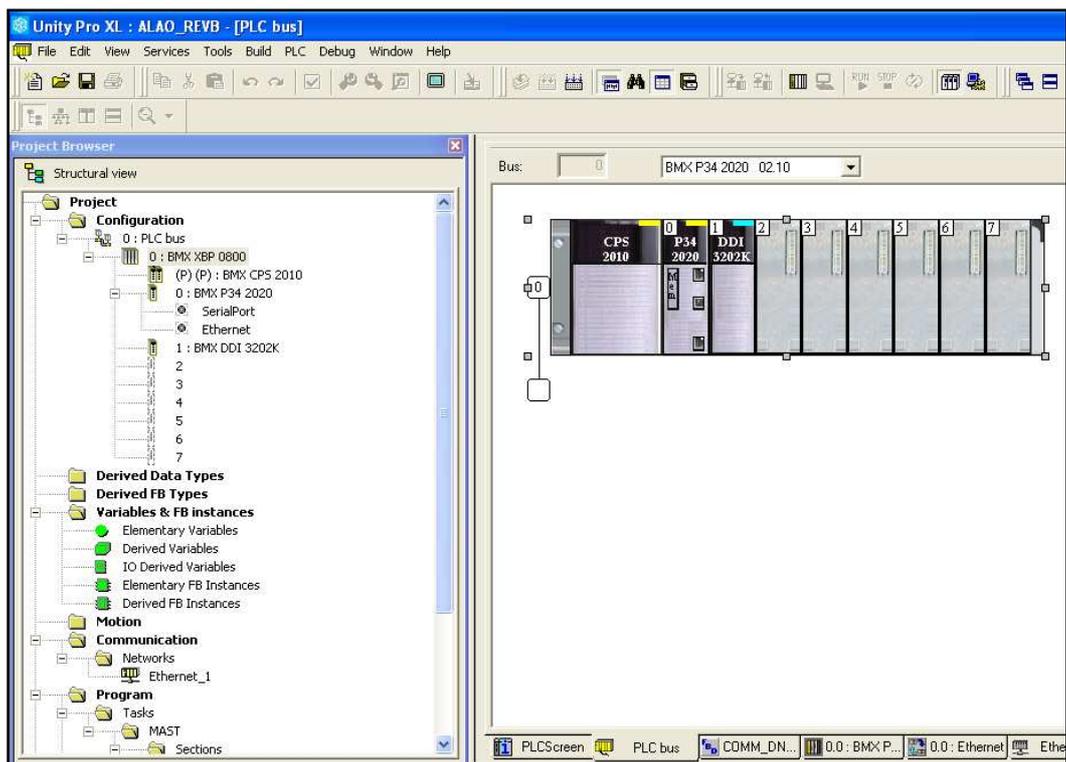


Figura 119: Entorno de configuración del M340

Una vez definidos los parámetros básicos de configuración del M340 es decir la fuente de alimentación, el CPU y el modulo de entradas discretas (digitales), se

configura los parámetros de variables de entrada, de red Ethernet, como se muestra en la figura 120.

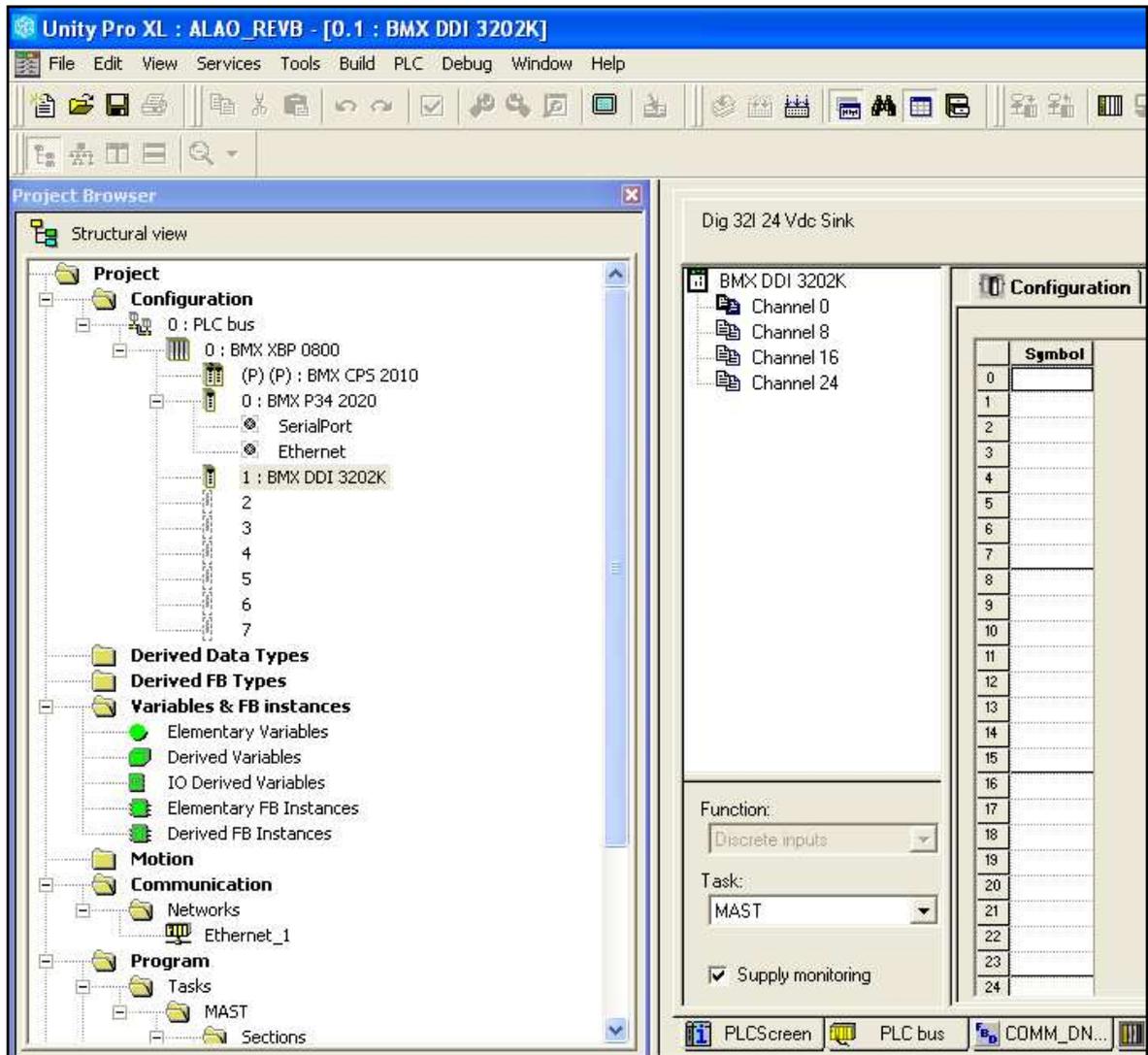


Figura 120: Configuración del M340

Como podemos observar en la figura 120, están definidos todos los parámetros necesarios para el proyecto.

A continuación, configuraremos los parámetros de la red Ethernet con la IP máscara y Gateway entregados por el administrador de la red de la EERSA mostrados en la figura 121.

3.5.2.1 Parámetros Proporcionados por el Administrador para el PLCM340:

- IP: 192.168.0.61
- MASCARA DE SUBRED: 255.255.255.0
- GATEWAY: 0.0.0.0

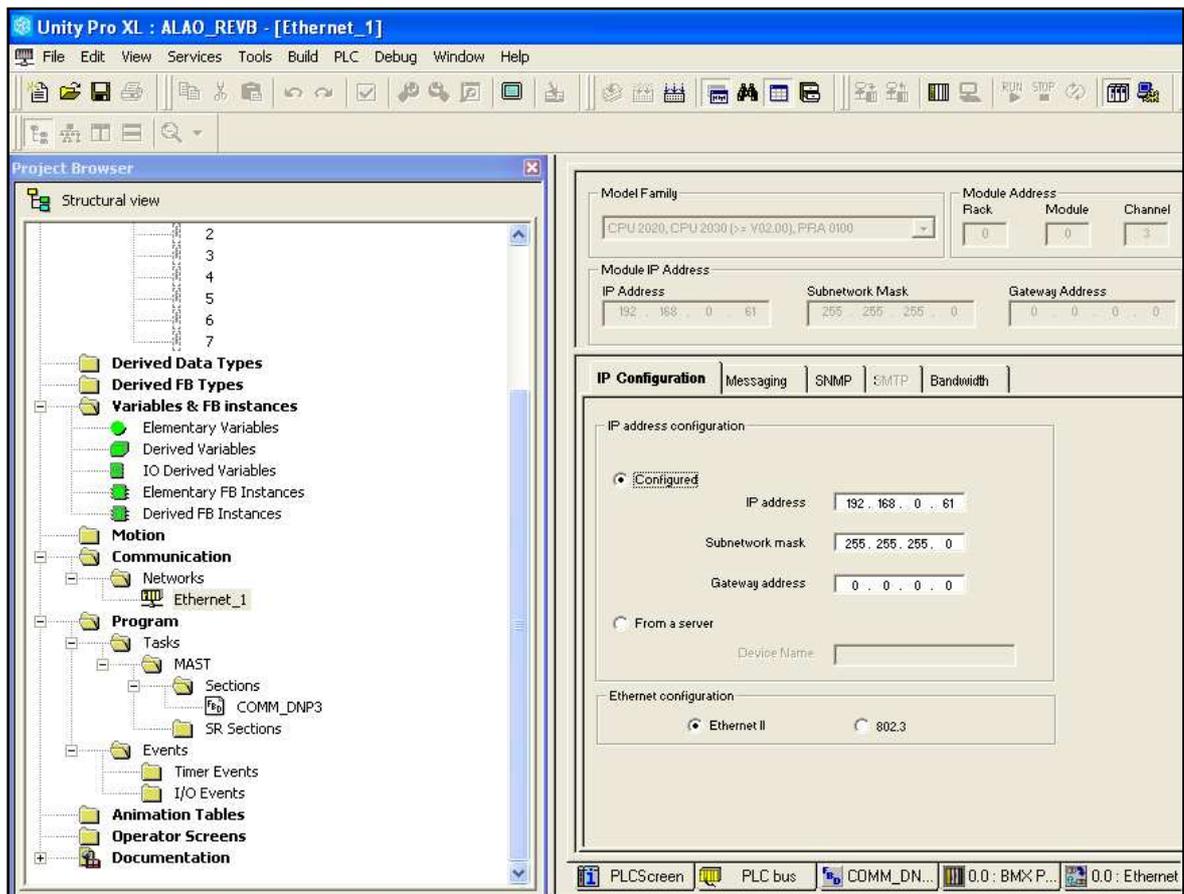


Figura 121: Configuración de la red Ethernet del M340

Configurados los parámetros básicos y la red Ethernet, revisamos la configuración de todos los parámetros que sean correctos como se muestra en la figura 122. Ya revisado todos los parámetros de configuración procedemos a escoger un lenguaje de programación los cuales mencionamos anteriormente que nos servirá para implementar la adquisición de estados desde las entradas del PLC hacia una memoria interna del mismo y finalmente puedan ser tomados desde la red MODBUS.

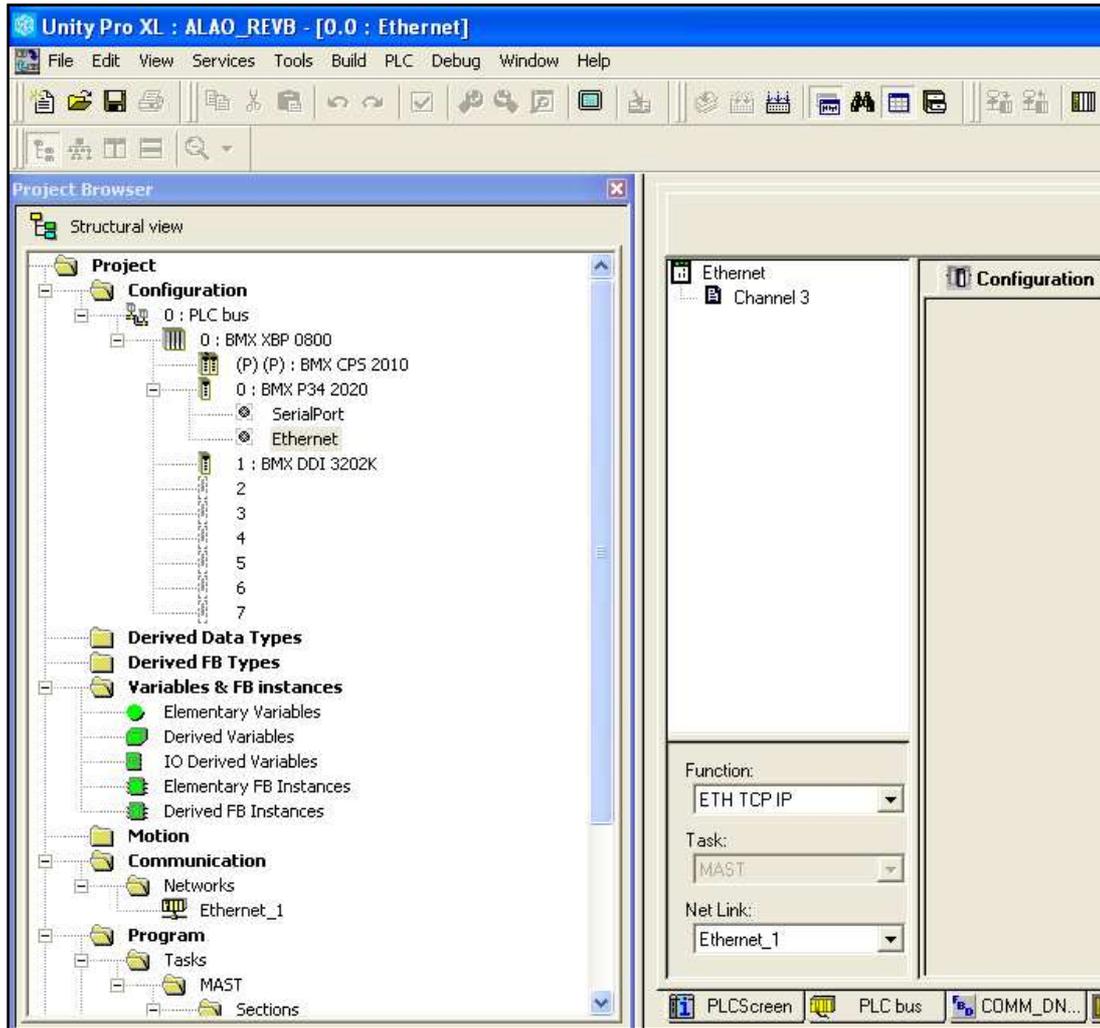


Figura 122: Entorno de configuración M340

Para empezar la programación comenzamos programando en el lenguaje de bloques FBD que es un lenguaje relativamente comprensible y fácil de implementar ya que tenemos los bloques de programación los cuales son las herramientas fundamentales de este lenguaje.

A continuación como se muestra en la figura 123 desplegamos la lista de funciones que podemos realizar en el FBD.

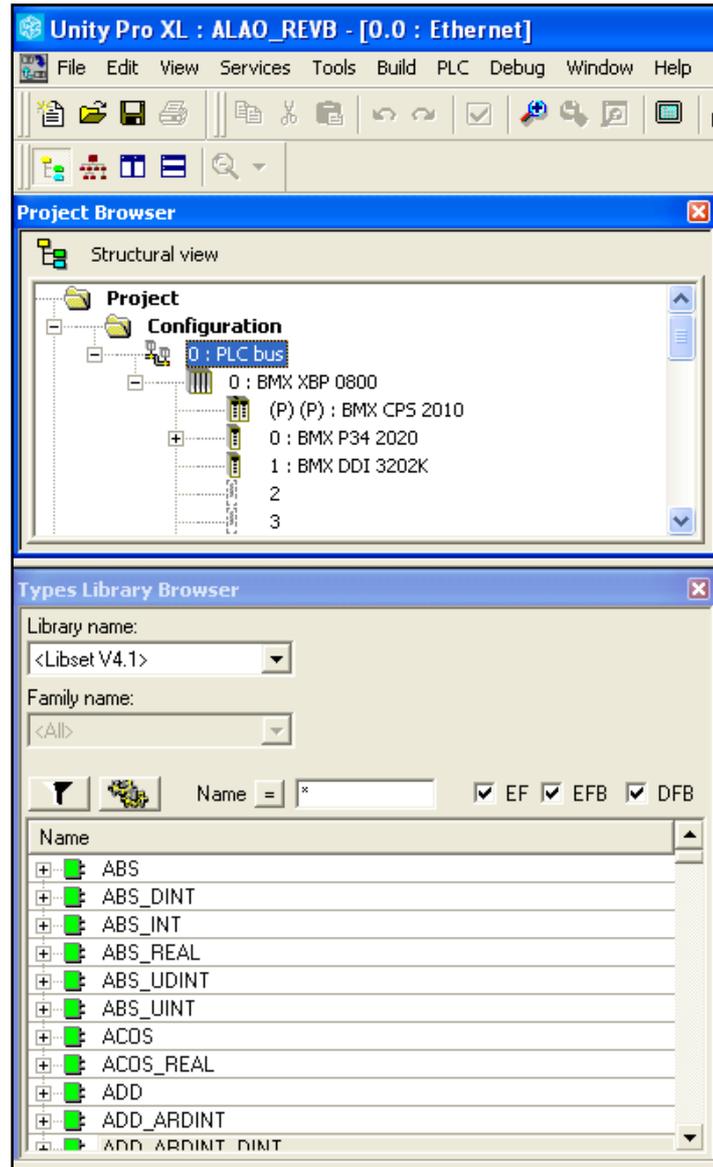


Figura 123: Bloques de funciones disponibles en el lenguaje FBD

El objetivo de la programación que se quiere llevar a cabo es mover los estados de la entradas discretas del modulo digital BMX DDI 3202 hacia las memorias internas de programación %Mx de tipo binarias.

El bloque o la función que utilizamos es un **MOVE**, que nos mueve una entrada o una salida a una memoria interna del PLC.

Como podemos observar en la figura 124, la programación es muy sencilla pero a la vez muy fundamental ya que podemos leer desde la red dichos estados en tiempo real gracias a que el PLC maneja protocolo MODBUS y Ethernet.

Nota: La sintaxis para las variables de entrada es la siguiente:

Inúmero de rack. Número de modulo. Número de entrada del modulo Ejemplo
I0.1.0

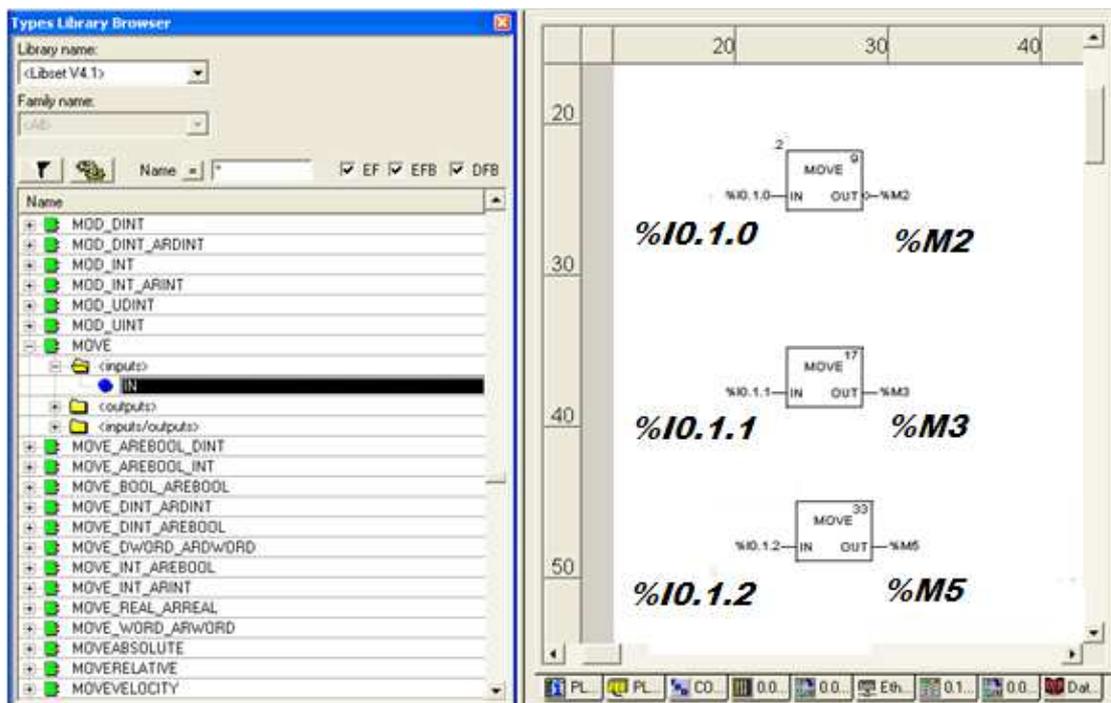


Figura 124: Programación del M340

Finalmente tenemos ya los estados de los seccionadores y disyuntores disponibles en las memorias del PLC para la red Ethernet y procedemos a la programación del mismo que lo podemos ver en anexos. Lógicamente dichos estados se tendrán que enlazar a la HMI del INTOUCH mediante los I/O SERVERS que se mostrará más adelante.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA HMI Y CONEXIÓN CON SQL SERVER

4.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA HMI

Para el desarrollo de la HMI necesitamos definir los requerimientos por parte de la EERSA específicamente de los datos más relevantes de generación que se visualizarán en la HMI.

En una central hidroeléctrica tenemos por una parte los grupos de generación y por otra la sala de control donde residen los equipos de control, monitoreo y protección para los generadores. Tomando en cuenta siempre, que el diseño de la HMI debe ser amigable al usuario y de fácil navegación, los requerimientos de los operarios de la central y de ingeniería son:

- Autenticación de usuarios dos niveles de permisos (operadores e ingenieros)
- Visualización de datos de generación y niveles de tanques
- Generación de reportes en Excel
- Una base de datos que guarde la información de generación desde el

INTOUCH

El esquema que manejaremos para la creación del proyecto en INTOUCH podemos observar a continuación en la figura 125.

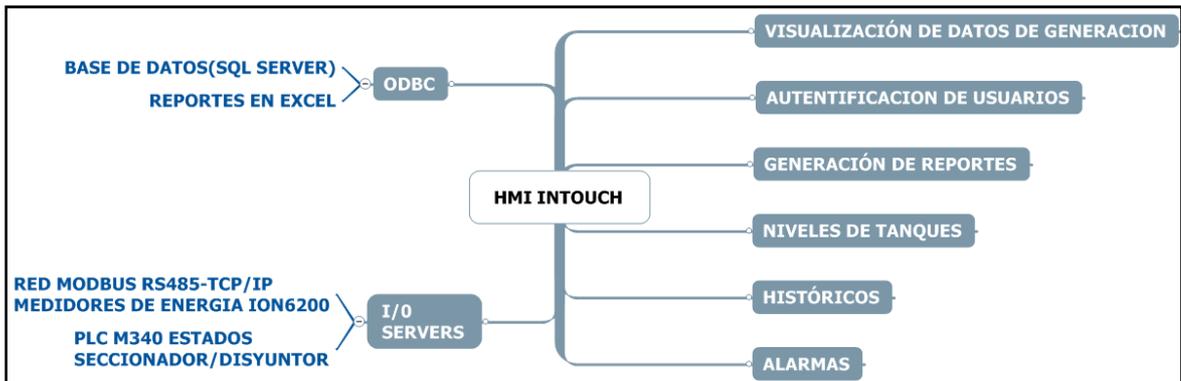


Figura 125: Arquitectura de la HMI en INTOUCH

Y el esquema que se maneja para la comunicación con la base de datos para la generación de reportes es el que se muestra en la figura 126.

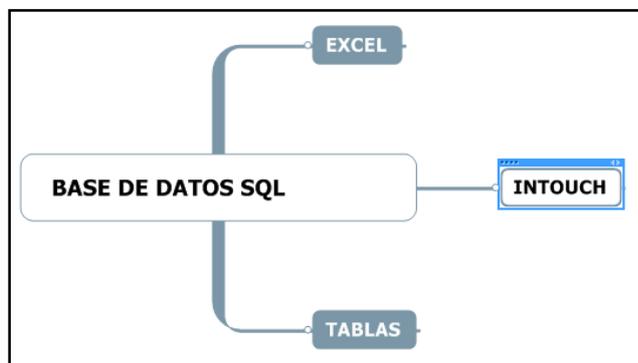


Figura 126: Arquitectura de la conexión entre INTOUCH y la base de datos

4.2 CREACIÓN DEL PROYECTO

Tomando en cuenta los requerimientos antes mencionados se creó un proyecto que englobara todas las aplicaciones útiles para el monitoreo de los generadores. En la figura 127, podemos observar el entorno de creación, edición de ventanas de INTOUCH en donde crearemos y modificaremos las pantallas de nuestra HMI.

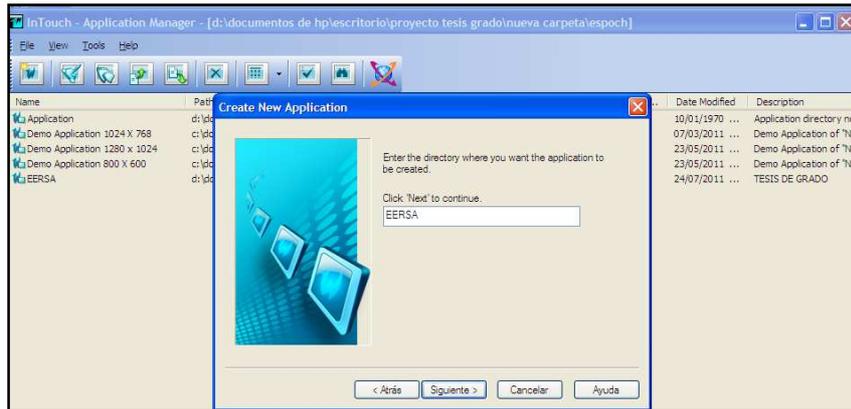


Figura 127: Creación del proyecto en el APLICACION MANAGER

Entramos al entorno de edición de ventanas y crearemos todas las ventanas a las que daremos atributos como botones, programación, scripts, como lo demostramos en la figura 128.

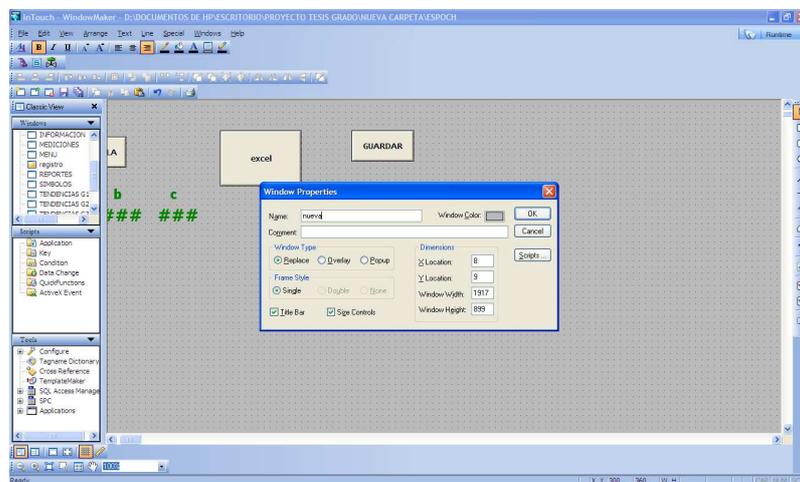


Figura 128: Entorno de programación en INTOUCH

4.2.1 CONFIGURACIÓN DEL I/O SERVER MBENET

Para establecer la comunicación de entre la HMI de INTOUCH con los medidores y el PLC que contiene los estados de los seccionadores y disyuntores tenemos una

herramienta de WONDERWARE que nos proporciona una rápida y sencilla manera de implementar por medio de los I/O SERVERS.

Para el proyecto es necesario los I/O SERVERS específicamente MBENET que es un controlador para MODBUS TCP/IP como se muestra en la figura 129; Se implementó con protocolo MODBUS RS485 entre los medidores de energía hacia un Gateway que gestiona las comunicaciones entre los medidores, convirtiéndolo a MODBUS TCP/IP y conectado a un switch y éste a la vez se encuentra conectado a la red local, es decir a la intranet de la EERSA.

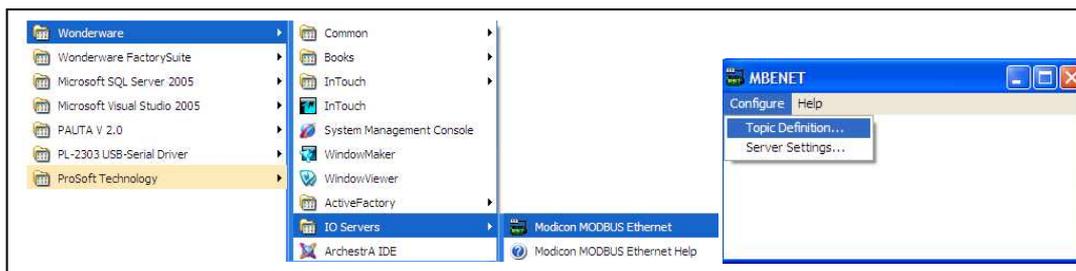


Figura 129: I/O SERVER MBENET MODBUS TCP/IP

Para configurar el I/O SERVER MBENET ingresamos a **Topic Definition.../NEW...**, la configuración de comunicación con los medidores de energía se muestra en la figura 130.

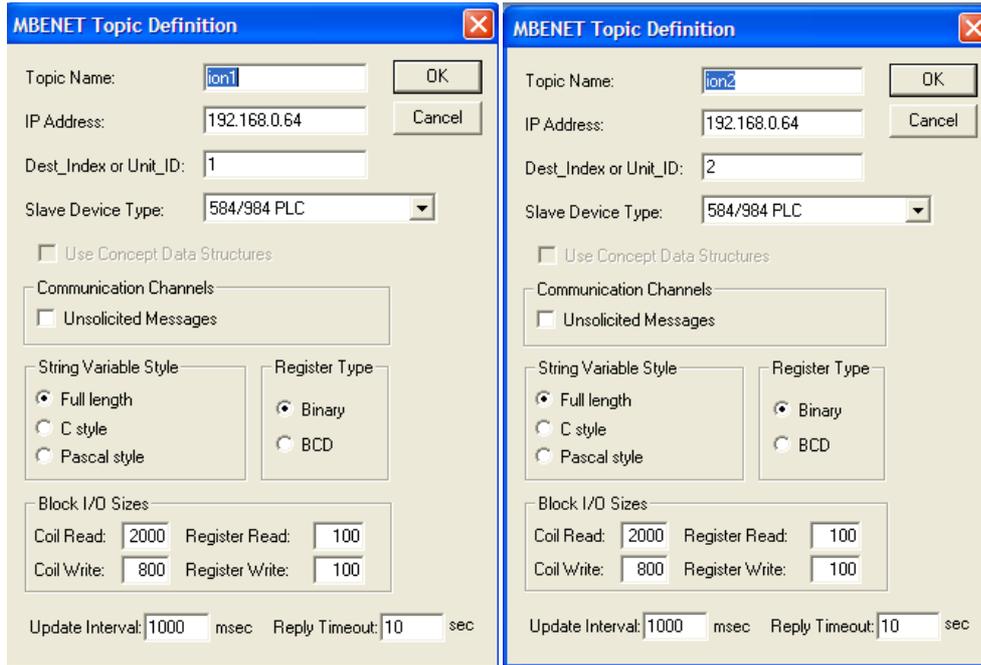


Figura 130: Configuración del MBENET para el medidor del grupo 1 y 2

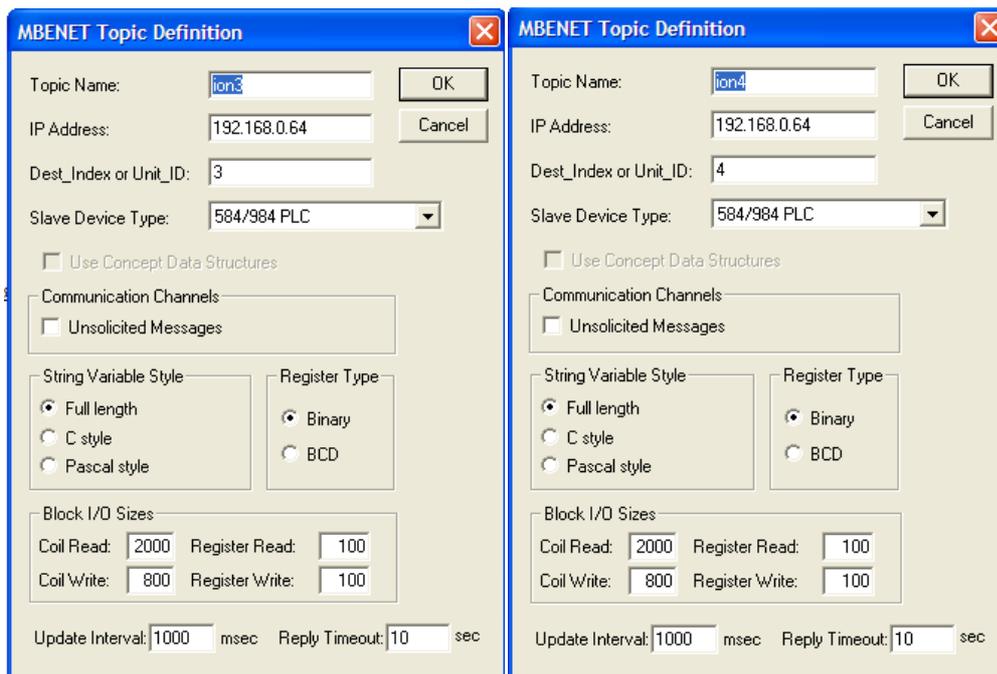


Figura 131: Configuración del MBENET para el medidor del grupo 3 y 4

La configuración del I/O SERVER para el PLC es la que se muestra en la figura 132.

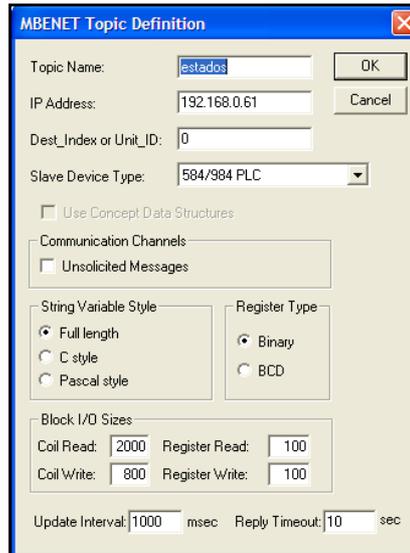


Figura 132: Configuración del MBENET para el PLC M340

La configuración del servidor en la figura 133.

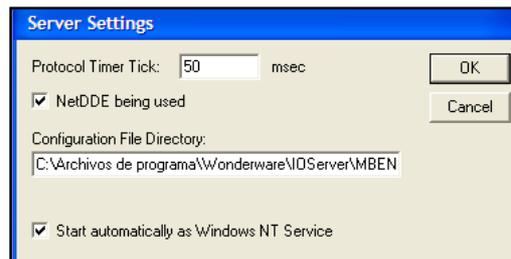


Figura 133: Configuración del servidor

Para enlazar las tags a las variables de campo debemos declararla en el INTOUCH mediante SUITE LINK que nos brinda un entorno de acceso mediante un Access Name como se lo muestra en la figura 134.

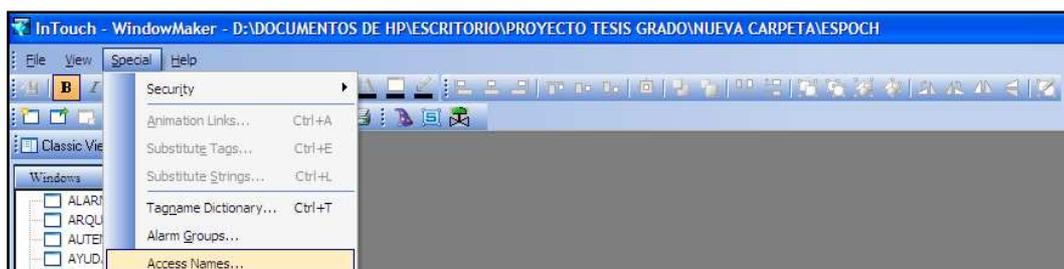


Figura 134: Ingreso a la configuración de los Access Names

A continuación se crean los nombres de acceso a los datos procedentes de la red con lo que configuramos en el MBENET, figuras 135 y 136 para los medidores de energía ION6200 y en la figura 137 para el PLC M340. Con estos nombres se podrán acceder declarando con cualquier tag, el nombre de acceso y el ítem que se desea extraer del equipo en la red.



Figura 135: Configuración del Access Name para el medidor del grupo 1 y 2



Figura 136: Configuración del Access Name para el medidor del grupo 3 y 4

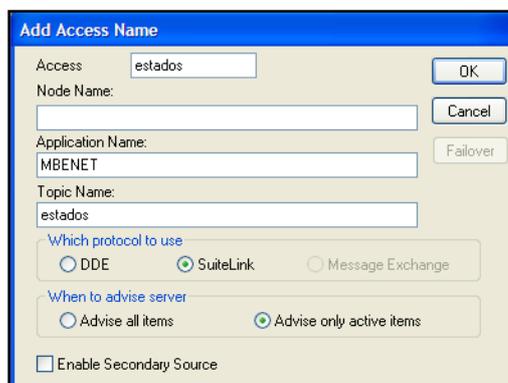


Figura 137: Configuración del Access Name para el PLC M340

Cabe resaltar que de la misma forma que definimos los ítems en el MBENET y en los ACCESS NAMES para los medidores y PLC de estados, se realizó la adquisición de datos para los niveles de tanques de presión, túnel 13 y desarenador los cuales ya estaban disponibles en la red, implementados con anterioridad en otra aplicación existente en la central.

Para tener acceso a las variables de campo es decir los registros del medidor de energía ION6200 o PLC creamos una nueva tag en donde especificamos los campos más importantes como son el nombre de la tag, grupo de alarmas; y los parámetros de acceso a los registros: access name que es el enlace con los I/O SERVERS y por último, y muy importante el Item o la dirección del registro MODBUS del dispositivo, ya sea el medidor de energía o el PLC. figura 138.

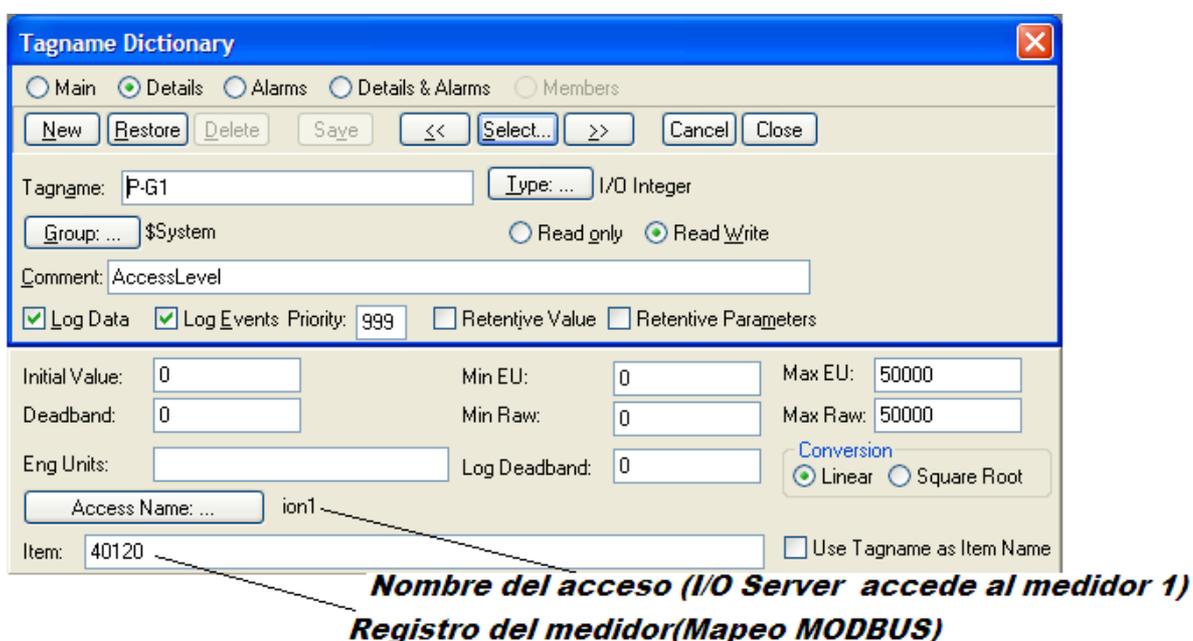


Figura 138: Configuración de la variable de potencia para el grupo 1

El mapeo de memoria de los medidores ION6200 lo podemos encontrar en PowerLogic® ION6200 Serial Communications Protocol and ION / MODBUS Register Map, en donde están todos los registros disponibles para llevar a nuestra HMI.

4.3 COMUNICACIÓN INTOUCH CON MICROSOFT SQL SERVER

En esta sección se indicara paso a paso la comunicación entre la HMI de INTOUCH con la base datos de MICROSOFT SQL SERVER.

Se instala correctamente el motor de base de datos del SQL SERVER y se crea una base de datos para el almacenamiento de la información que se almacenarán en tablas, el siguiente paso será crear la tabla donde se almacenarán específicamente los datos en los campos especificados para las tags.

Para empezar a configurar el SQL SERVER ya sea la versión 2000 o 2005 nos dirigimos a: INICIO/TODOS LOS PROGRAMAS/ MICROSOFT SQL SERVER2005/SQL SERVER MANAGEMENT STUDIO, conectarse a la base de datos del sistema, como se observa en la figura 139.

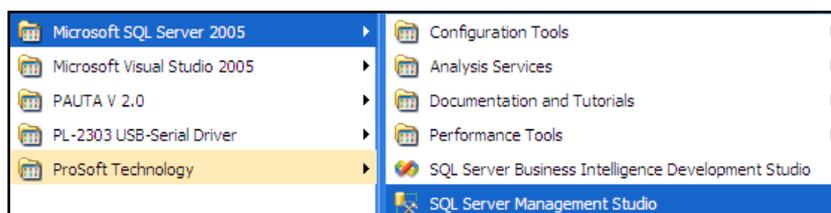


Figura 139: Abriendo SQL SERVER

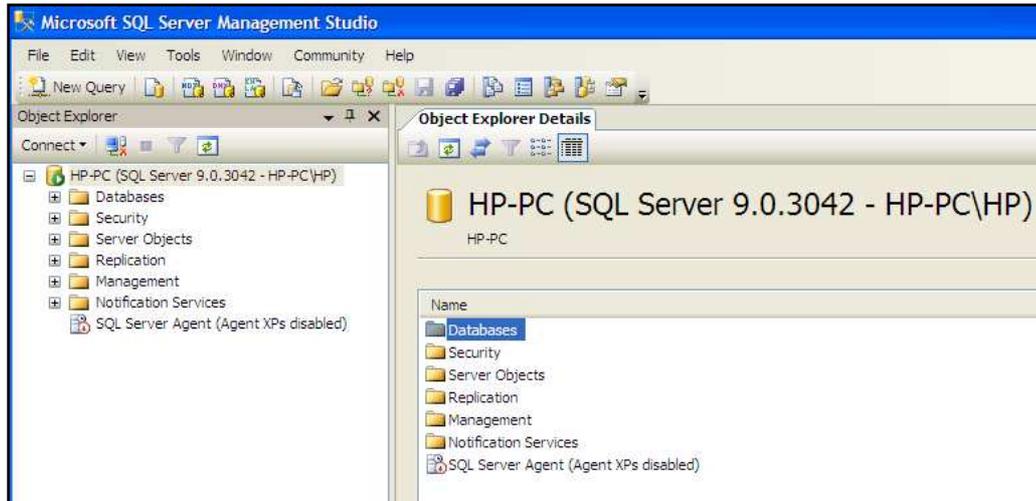


Figura 140: Entorno de manejo y configuración de SQL SERVER

Una vez ya en el entorno de manejo del SQL SERVER nos dirigimos a: DATABASES, donde hacemos click derecho NEW DATABASE, figura 141.

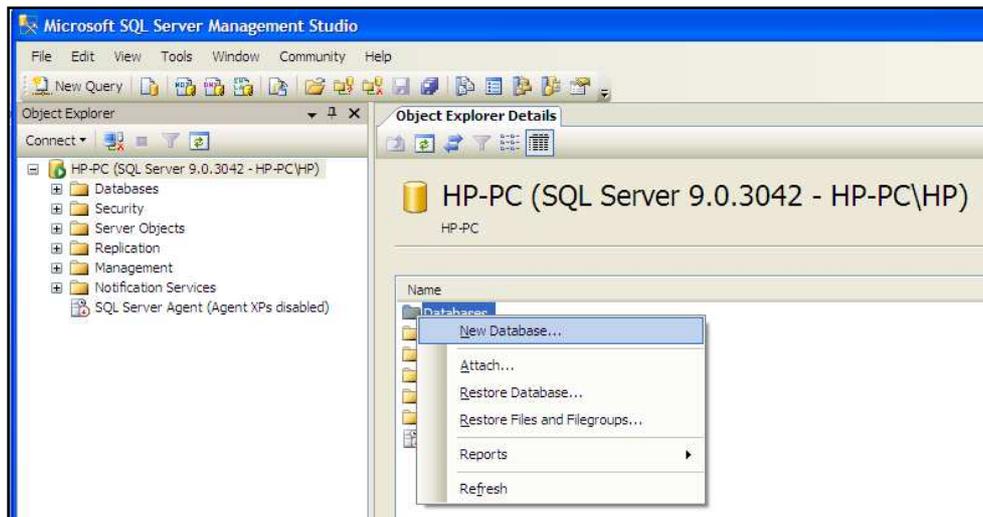


Figura 141: Creación de una nueva base de datos

Para crear una nueva base de datos se le da un nombre de preferencia, relacionado con el proyecto. En nuestro caso la hemos llamado ALAO, aceptamos las configuraciones por default, figura 142.

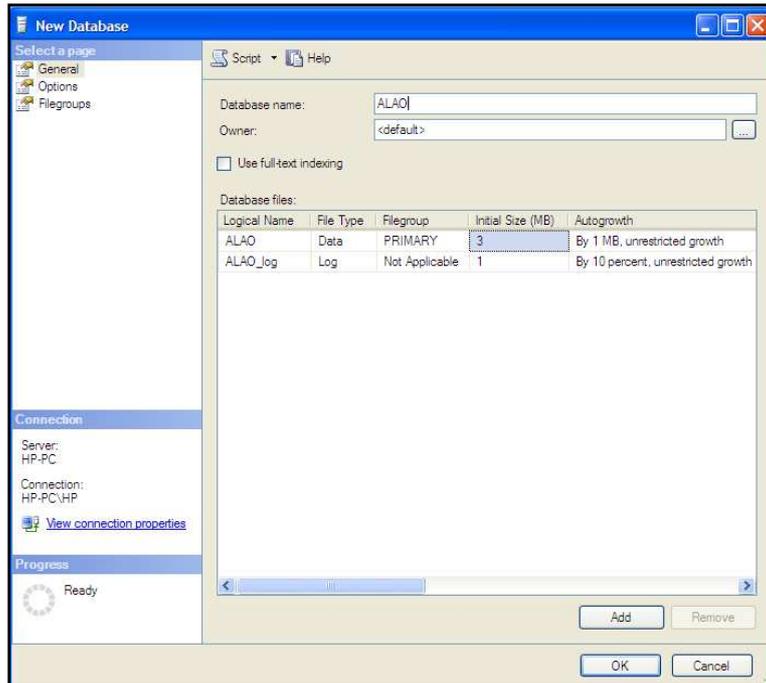


Figura 142: Creación de la Base de datos ALAO

Desplegamos en el navegador de bases de datos DATABASES/ALAO/ TABLES, donde se puede observar las tablas que contiene nuestra base de datos, seguidamente creamos la tabla que contendrá nuestros datos provenientes de INTOUCH, haciendo click derecho en TABLES aparecerá NEW TABLE..., figura 143.

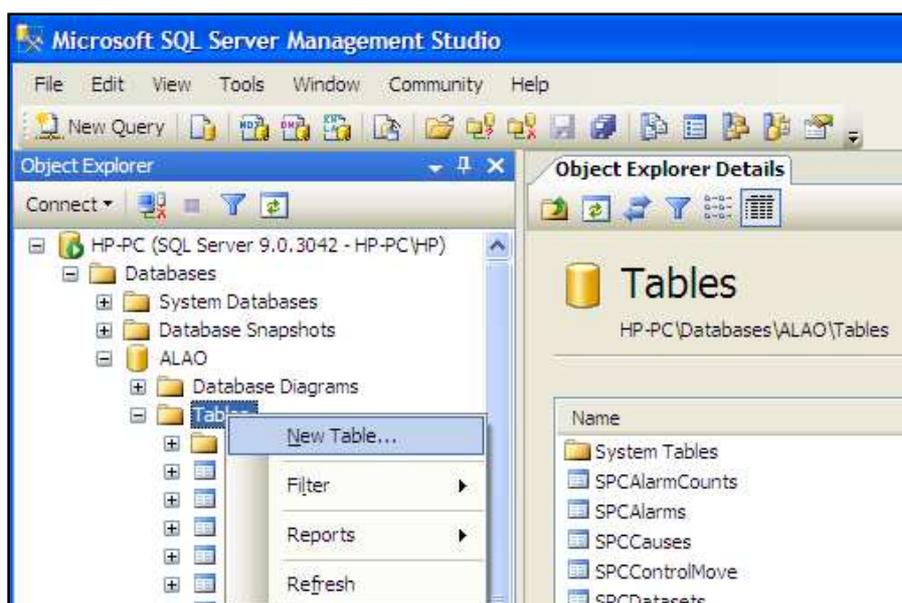


Figura 143: Creación de una nueva tabla en SQL SERVER

En la tabla creada se ingresan los identificadores de las columnas, es decir los nombres de las variables de la tabla como se llamaran en SQL SERVER; en las columnas de esta tabla se guardarán los datos de cada tag. No necesariamente la columna se llamará igual que la tag declarada en INTOUCH ya que como se verá más adelante al crear una BIND LIST ésta, hace que la tag equivalga a la columna de la tabla creada en el SQL SERVER sin que tengan los mismos nombres, se aconseja que exista relación entre tags y nombres de las columnas de la tabla creada en la base de datos.

En la figura 144 se observa el diseño de la tabla ingresando todas las columnas que vamos a guardar para generar posteriormente reportes y QUERY's con Excel.

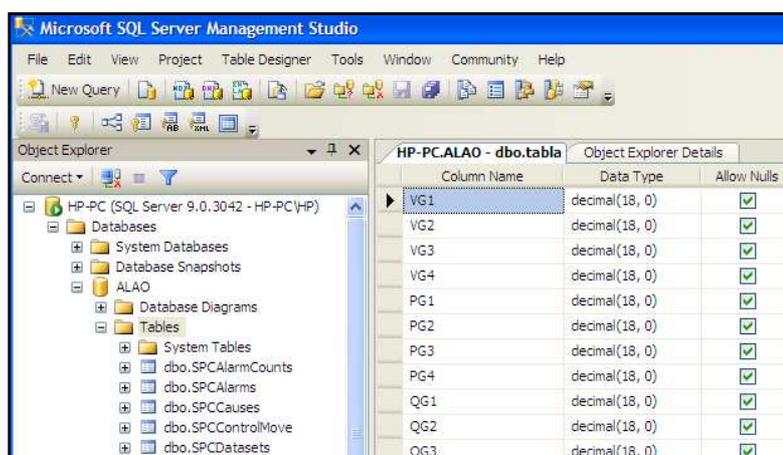


Figura 144: Ingreso de los campos de la tabla

Creada la base de datos y diseñada la tabla en donde se guarda los datos, el siguiente paso es conectar INTOUCH con la base de datos a través de ODBC (OPEN DATA BASE COMMUNICATION), recurriendo a las herramientas de comunicación que posee WONDERWARE INTOUCH.

INTUOUCH es una plataforma muy potente que posee herramientas de conexión con diferentes motores de bases de datos en nuestro caso con SQL SERVER, además de poder implementar bases de datos con INDUSTRIAL SQL de WONDERWARE lo cual significa un gasto más para cualquier empresa que desee adquirir esta herramienta. El poder comunicar a INTOUCH con SQL SEVER y generar reportes de datos con Excel es una solución económica al problema del almacenamiento de datos.

Entramos al entorno WINDOWMAKER de INTOUCH, figura 145. El primer paso en la conexión de la base de datos, nos dirigimos en INTOUCH a: Special/Spc/Database, figura145.

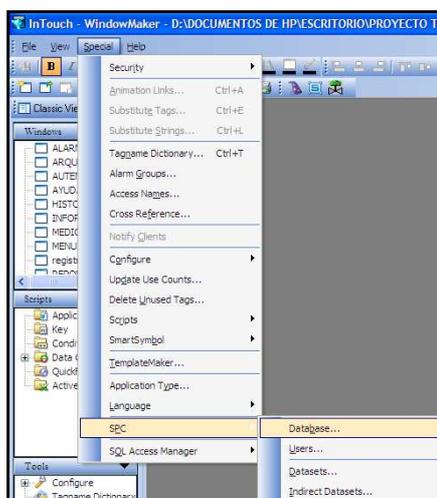


Figura 145: Herramienta de conexión a una base de datos

Esta herramienta establece la comunicación con una base de datos definida mediante los siguientes pasos, figura 146. la configuración del SPC DATABASE.

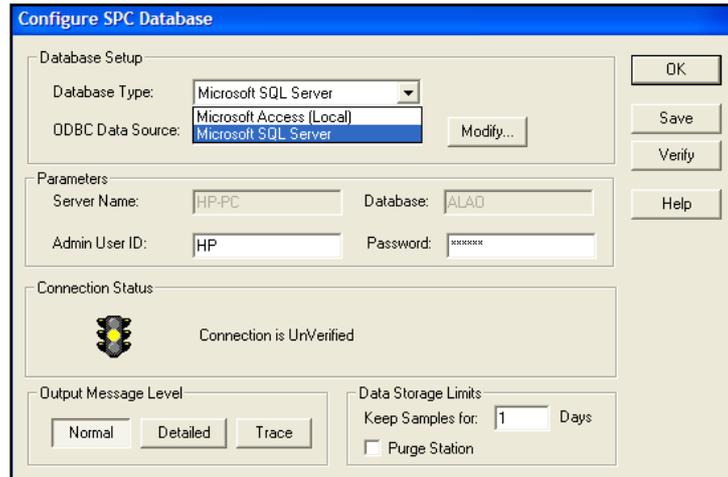


Figura 146: Configuración de la base de datos

En **Data Base Type** escogemos Microsoft SQL Server ya que es nuestro motor de base de datos para establecer comunicación vía ODBC.

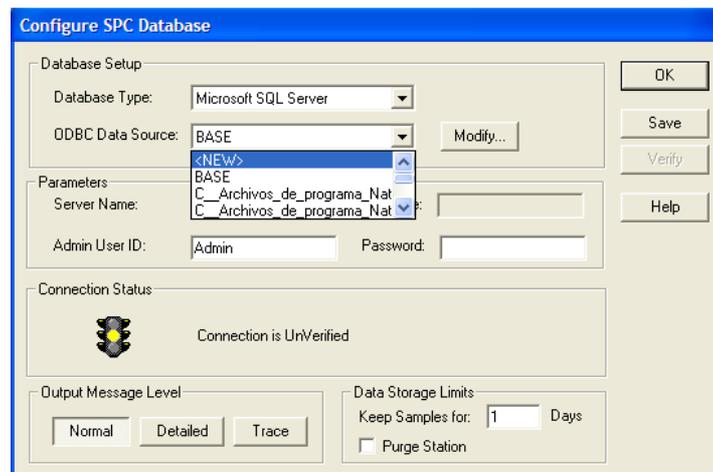


Figura 147: Nuevo origen de base de datos

En ODBC DATA SOURCE, figura 147 elegimos nuevo origen de datos <NEW> /Modify..., para agregar una conexión no referimos al Administrador de orígenes de datos ODBC, hacemos click en la pestaña de DSN de Sistema, figura 148.

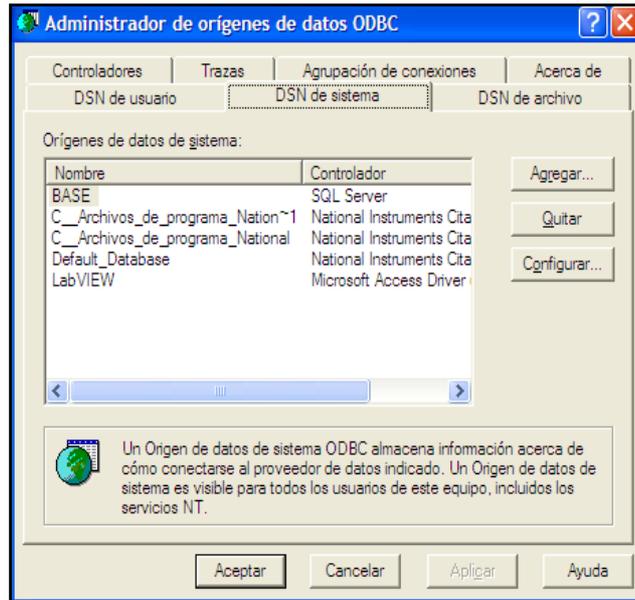


Figura 148: Administrador de orígenes de datos ODBC

Hacemos click en Agregar..., lo cual hará aparecer todos los motores de bases de datos disponibles para la comunicación de datos.

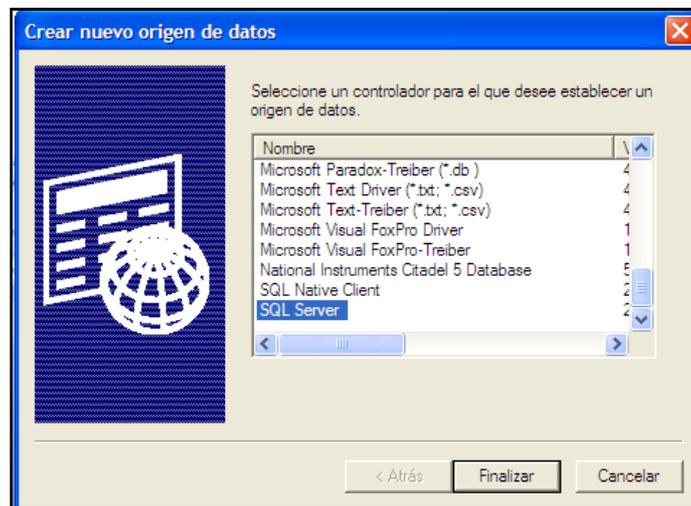


Figura 149: Nuevo origen de datos SQL SERVER

En nuestro caso buscaremos SQL SERVER, figura 149, hacemos click en finalizar para tener un nuevo origen de datos y comunicar SQL SERVER con INTOUCH.

A continuación, configuramos el DSN de Microsoft SQL Server donde ingresaremos todos los datos referentes a la base de datos creada con anterioridad.

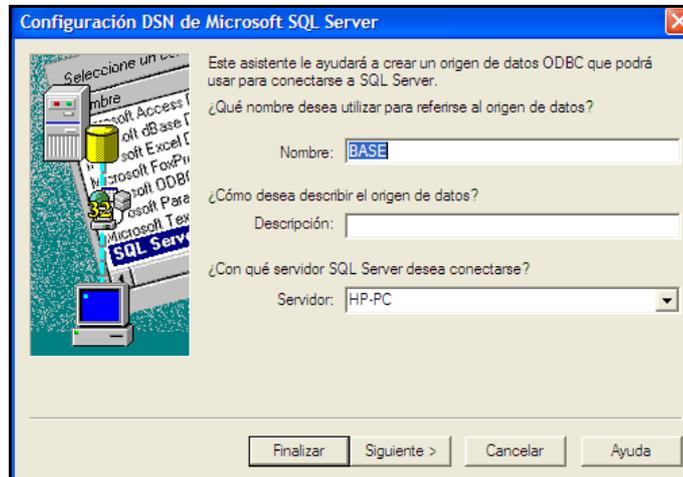


Figura 150: Configuración de la conexión del origen de datos

Como podemos observar en la figura 150, damos un nombre, descripción y el nombre del servidor (nombre de la PC) al origen de datos para utilizarlo en la programación.

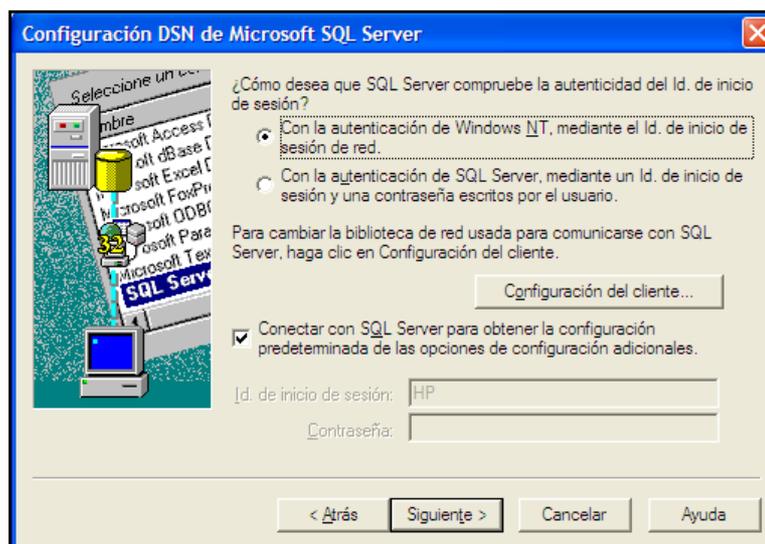


Figura 151: Configuración de la autenticación del origen de datos

Como se indica en la figura 151, la autenticación de la base de datos debe ser configurada en la instalación del SQL SERVER para que tanto en el origen de datos como en el INTOUCH sean de autenticación WINDOWS.

Dando click en siguiente, nos ubicamos en las bases de datos que tenemos en nuestro sistema, se debe escoger una base de datos predeterminada, y es la que se creó anteriormente llamada ALAO, figura 152.

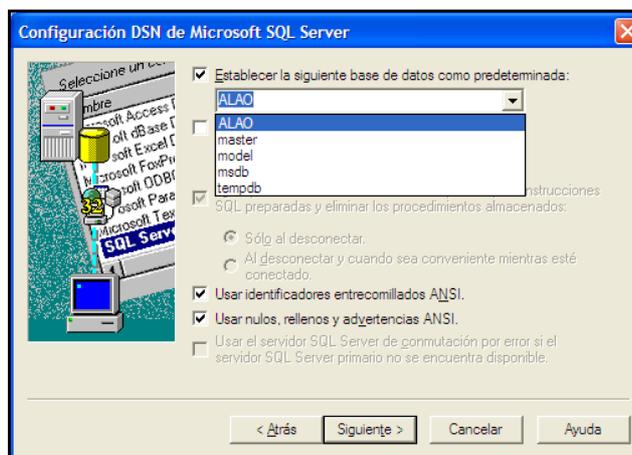


Figura 152: Base de datos predeterminada

Finalmente damos un click en finalizar, figura 153, y tendremos nuestra conexión de INTOUCH con la base de datos en SQL SERVER.



Figura 153: Finalización del origen de la conexión de INTOUCH mediante ODBC



Figura 154: Detalles de la conexión creada

La figura 154 nos muestra los detalles de finalización de conexión ODBC entre la base de datos y la aplicación del INTOUCH, hacemos click en **probar origen de datos** con lo cual obtendremos lo que se muestra en la figura 155.

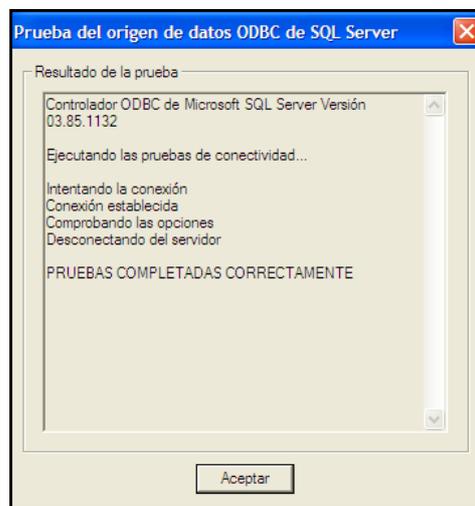


Figura 155: Prueba de conexión con las base de datos mediante ODBC

Ingresamos el usuario y contraseña (si es que la tiene) en la configuración SPC, hacer click en **Verify** y nos dará lo que se indican en la siguiente figura. Luego damos un click en **Save** como se muestra en la figura 156.

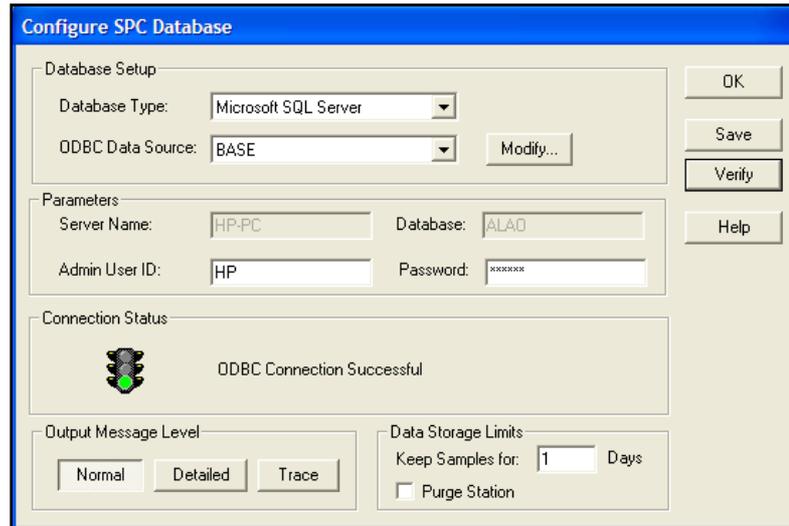


Figura 156: Verificación de la conexión entre INTOUCH y la base de datos SQL SERVER

NOTA: el usuario y el password son el usuario y contraseña de la PC que usualmente esta como Admin y sin contraseña según sea la configuración de la cuenta de usuario en su PC.

La conexión entre SQL Server y el INTOUCH, para poder leer, escribir, buscar, etc., en la base de datos tenemos que crear una BIND LIST en INTOUCH la cual va a asociar los *Tagnames* con las columnas de la tabla que fue creada en nuestra base de datos de *SQL SERVER*, figura 158. La descripción de los parámetros se muestra en la tabla 11.

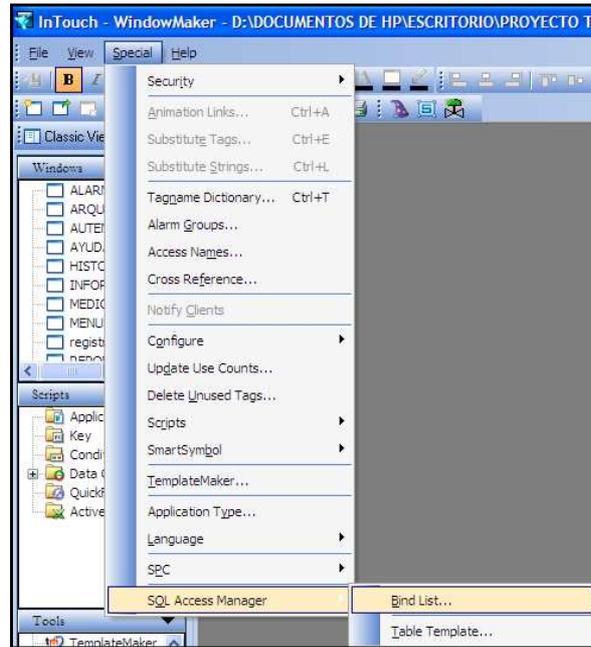


Figura 157: Creación de una BIND LIST

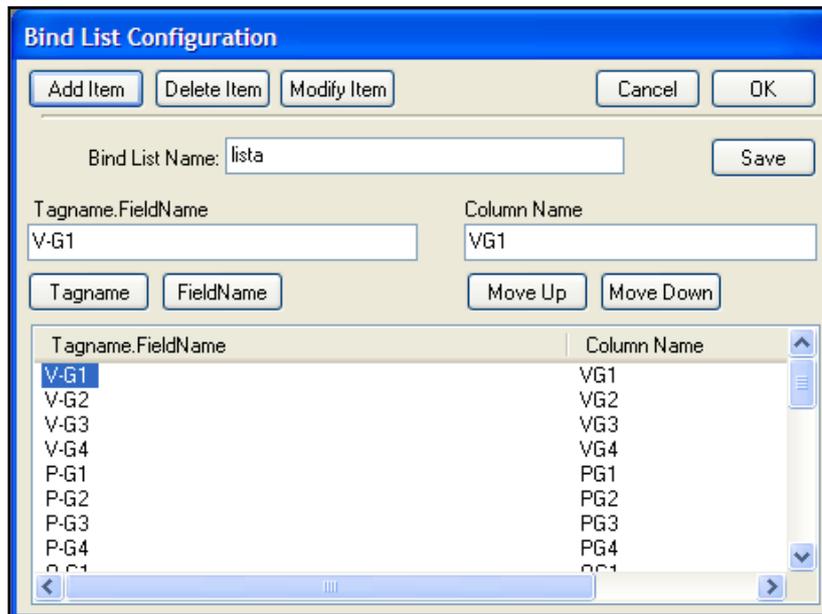


Figura 158: Ingreso de ítems en una Bind List

Tabla 11. Descripción de los campos de la BIND LIST

Campo	Explicación
TagName FielName	Ubicamos el tagname declarado en Intouch
Column Name	Se coloca el nombre de la columna que fue creada en la tablas del SQL
Add Item	Añade a la lista los valores ingresados

De necesitar crear una tabla desde la programación ya sea de un Action Script, Application Script, etc, debemos crear una Table Template ya que la programación de esta nos permitirá crear una tabla en la base de datos con las características especificadas en ella, figura 159.

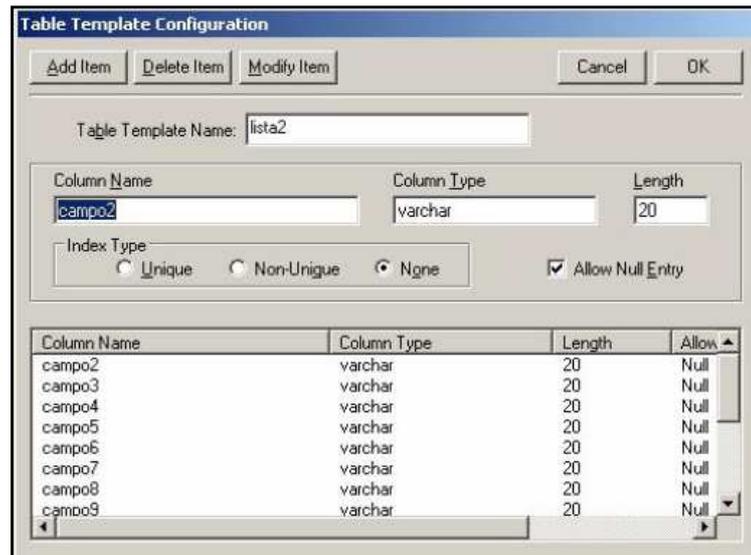


Figura 159: Table Template

Para conectar el INTOUCH con el SQL SERVER y enviar datos de la HMI hacia la base de datos, se necesita escribir la sintaxis de conexión a la base de datos en el lenguaje SQL de inserción y desconexión a la base de datos, figura 160.

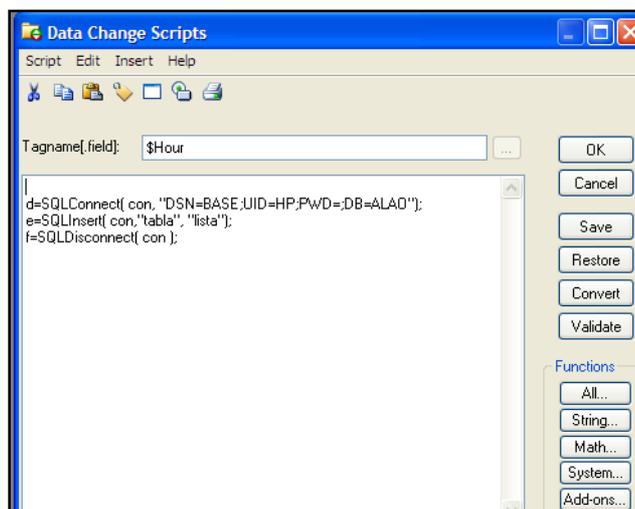


Figura 160: Sintaxis SQL de conexión, inserción y desconexión con la base de datos

Para que los datos se guarden a cada hora en la base de datos se ha programado en un DATA CHANGE SCRIPT que depende de la hora del sistema.

La variable **con** es de tipo Memory Integer

```
SQL Connect(con, " DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");
```

Tabla 12. Descripción de los parámetros del SQLConnect

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
DSN	Nombre del DSN de usuario (nombre de la conexión ODBC)
UID	Nombre de Usuario de la PC
PWD	Clave del usuario de la PC (si es que la tiene)
DB	Nombre de la base de datos en el SQL Server

```
SQLInsert (con,"tabla", "lista");
```

Tabla 13. Descripción de los parámetros del SQLInsert

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
"tabla"	Nombre de la tabla del SQL Server
"lista"	Nombre de la <i>Bind List</i>

SQL Disconnect(con); Este código termina la sesión de comunicación con la base de datos.

Si se requiere más información la sintaxis y funciones del código utilizado se encuentra Wonderware FactorySuite SQL Access Manager.

Al momento de conectar y enviar los datos a la base de datos, cada una de las tres líneas de programación genera un número.

Si el numero es cero, quiere decir que la línea de programación esta correcta.

Pero si es diferente de cero, se debe verificar la tabla de errores que se encuentra en el *SQL Access Manager* de los libros de la Wonderware que podemos referirnos a los anexos.

4.4. PANTALLAS DE TRABAJO

4.4.1. Menú

Esta es la pantalla principal del sistema de monitoreo donde tenemos todas las funciones disponibles a los usuarios, dependiendo de la jerarquía del usuario como se muestra en la figura 161, es decir que las funciones se habilitaran de acuerdo al papel desempeñado en la empresa, por ejemplo los permisos no serán los mismos para un operador que para un ingeniero.



Figura 161: Pantalla principal del sistema de monitoreo

Los rangos de privilegio se muestran a continuación.

Tabla 14. Niveles de acceso a las aplicaciones del sistema de monitoreo

Rango de valor	Usuario
0-99	INVITADOS
100-499	OPERADORES
500-9998	INGENIERIA

4.4.2. Autenticación de usuarios

En la figura 162, nos permite autenticarnos para habilitar las funciones del sistema, debemos ingresar el usuario y la contraseña entregada por el administrador del sistema.



Figura 162: Autenticación de usuarios

4.4.3. Diagrama unifilar

Esta es la pantalla muestra una representación del sistema eléctrico de la central hidroeléctrica ALAO en un diagrama unifilar que indica las mediciones típicas de cada grupo de generación y en la parte superior mostrando el total de generación de la central, cada grupo de generación cuenta con su medición propia que proviene de los medidores ION6200 instalados, y llevados mediante la red MODBUS RS485 hasta la HMI, como se observa en la figura 163.



Figura 163: Diagrama unifilar de la central hidroeléctrica ALAO

4.4.4. Mediciones de datos

En la figura 164, muestra la concentración todas las mediciones críticas de cada grupo de generación de la central hidroeléctrica, en donde tendremos mediciones útiles para que los operadores de la central los registre.



Figura 164: Mediciones de datos de cada grupo de generación

4.4.5. Tanques

En la figura 165 podemos observar la pantalla que nos indica los niveles de los tanques de presión, túnel 13 y desarenador los cuales deben ser monitoreados para el registro de valores. Los niveles de estos tanques son muy importantes ya que de estos dependen el movimiento de las turbinas y por ende la generación de energía.

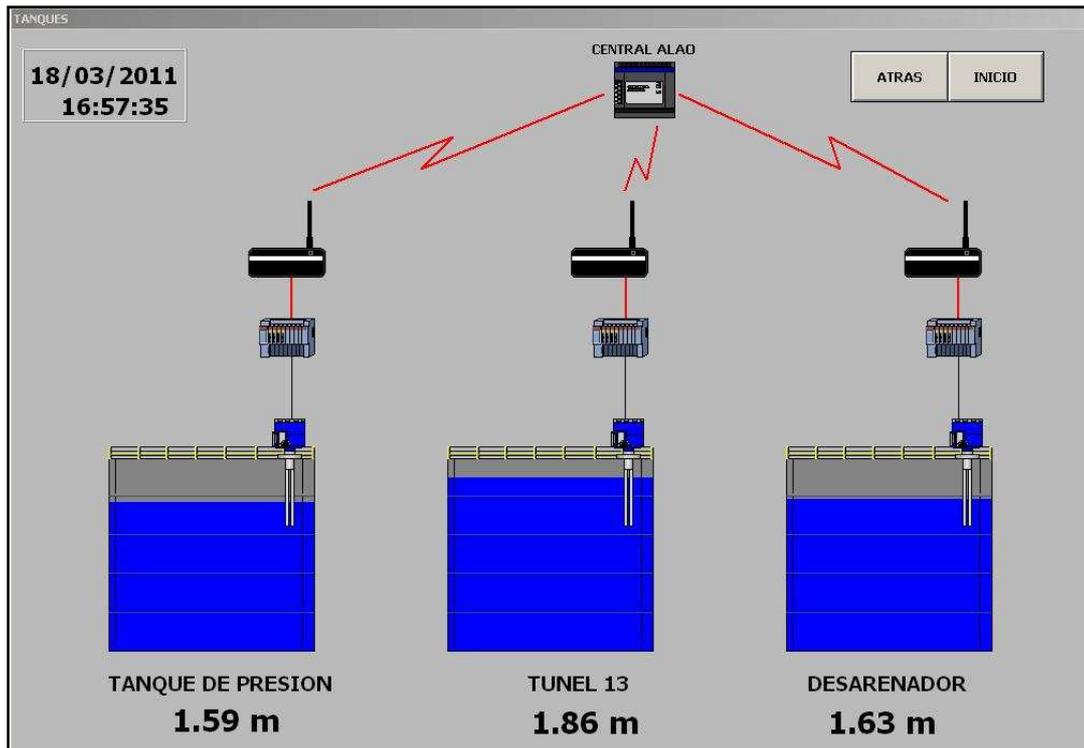


Figura 165: Niveles de Tanques

4.4.6. Reportes

La pantalla de generación de reporte en Excel es una herramienta muy útil tiene tres secciones de generación de reportes, figura 166.

- a) **Generación de reportes diarios:** La sección está disponible para todos los usuarios operadores, ingeniería y diseñador. Aquí podemos obtener los reportes de generación de la central hidroeléctrica ALAO desde 00:h00-24:h00, es decir que en estos constara los datos de cada día, esta información

es también registrada por el operador así que estas medidas deberán ser aproximadas a las del operador.



Figura 166: Generación de reportes

- b) **Generación de reportes por fechas:** Los reportes por fecha son una herramienta básicamente útil para generar un intervalo de datos ingresando un rango de fechas, se mostrara en Excel todos los datos de generación obtenidos cada 15 minutos pudiendo así filtrarlos por fechas generando todos los datos comprendidos en el rango.
- c) **Resumen Mensual:** muestras los datos parciales y totales de cada generador de cada mes.
- d) **Borrar base de datos:** Esta herramienta será de mucha utilidad ya que se podrá optimizar el espacio en disco, borrando la base de datos donde residen los datos de generación almacenados a través del tiempo.

4.4.7. Alarmas

Aquí se visualizará todas las alarmas generadas por el sistema eléctrico de la central, estas alarmas mostraran alguna anomalía o falla en el comportamiento de los generadores basándose en la medida de sus parámetros, figura 167.



Figura 167: Pantalla de Alarmas

4.4.8. Tendencias en tiempo real

Aquí se muestra una grafica del comportamiento de cada generador en cuanto a potencia corriente y voltaje para cada generador, figura 168.

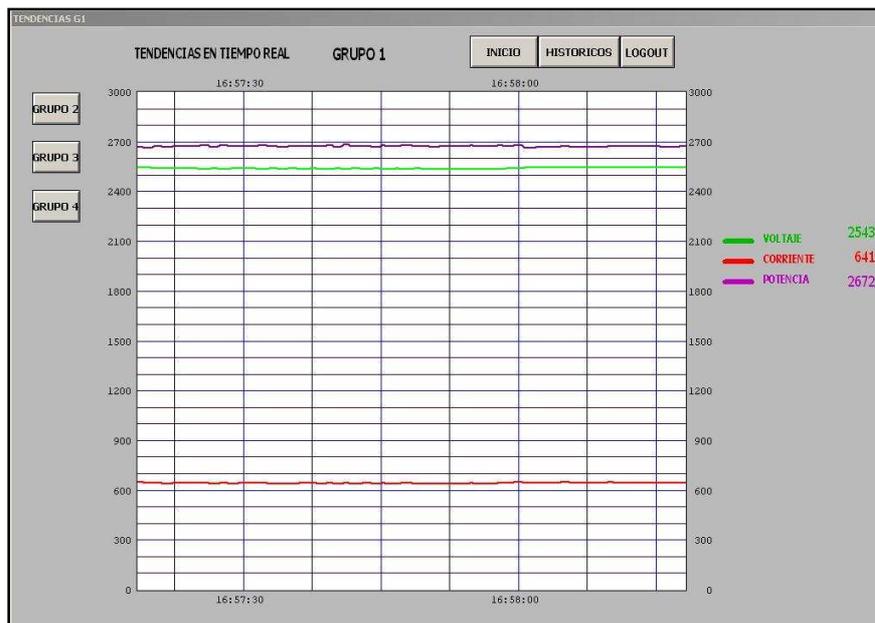


Figura 168: Tendencias en tiempo real del grupo 1

4.4.9. Históricos

Muestra los datos históricos de potencia para cada generador, la configuración de guardado se la realiza mientras se ejecuta el programa es decir en **RUNTIME**, figura 169.

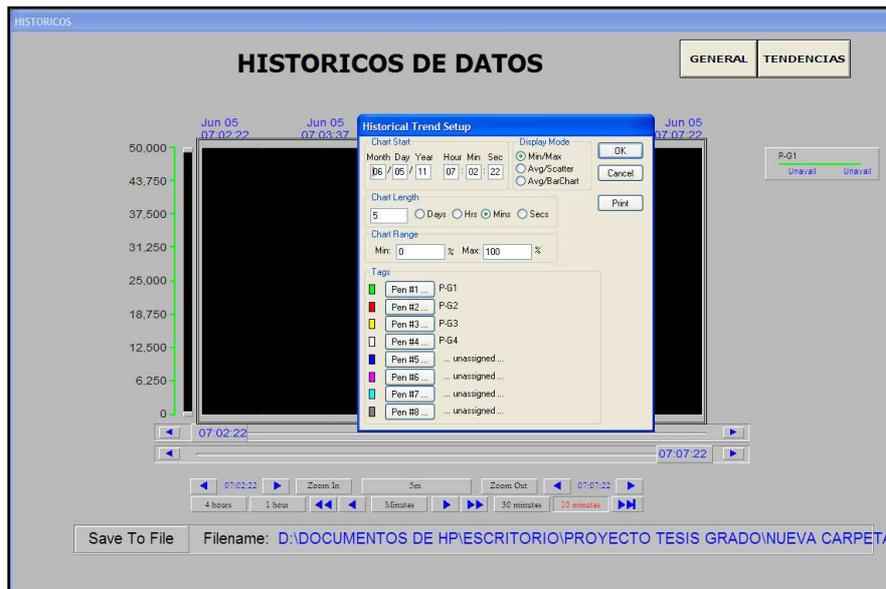


Figura 169: Históricos de datos

4.4.10. Simbología

Muestra la simbología utilizada en el diagrama unifilar, figura 170.

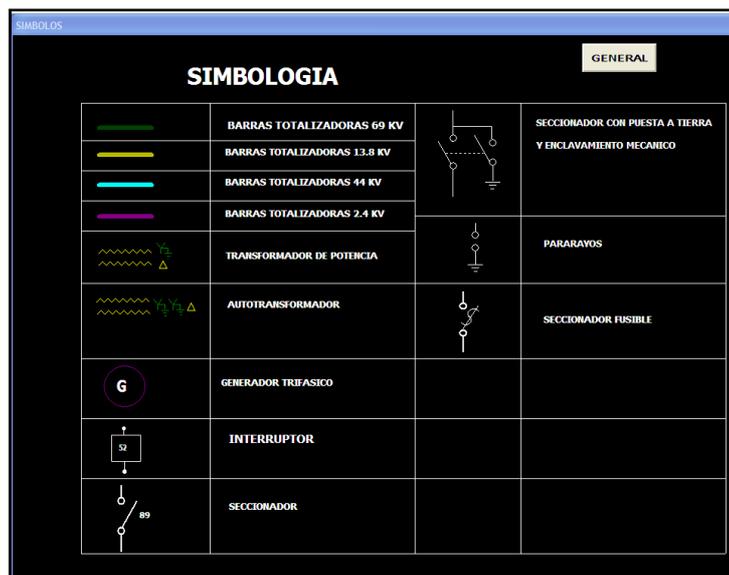


Figura 170: Simbología

4.4.11. Información

Muestra la información referente al proyecto y al diseñador, figura 171.



Figura 171: Información

4.4.12. Arquitectura del sistema

Muestra la arquitectura generalizada del sistema implementado desde la central hidroeléctrica hacia las oficinas de la EERSA, figura 172.

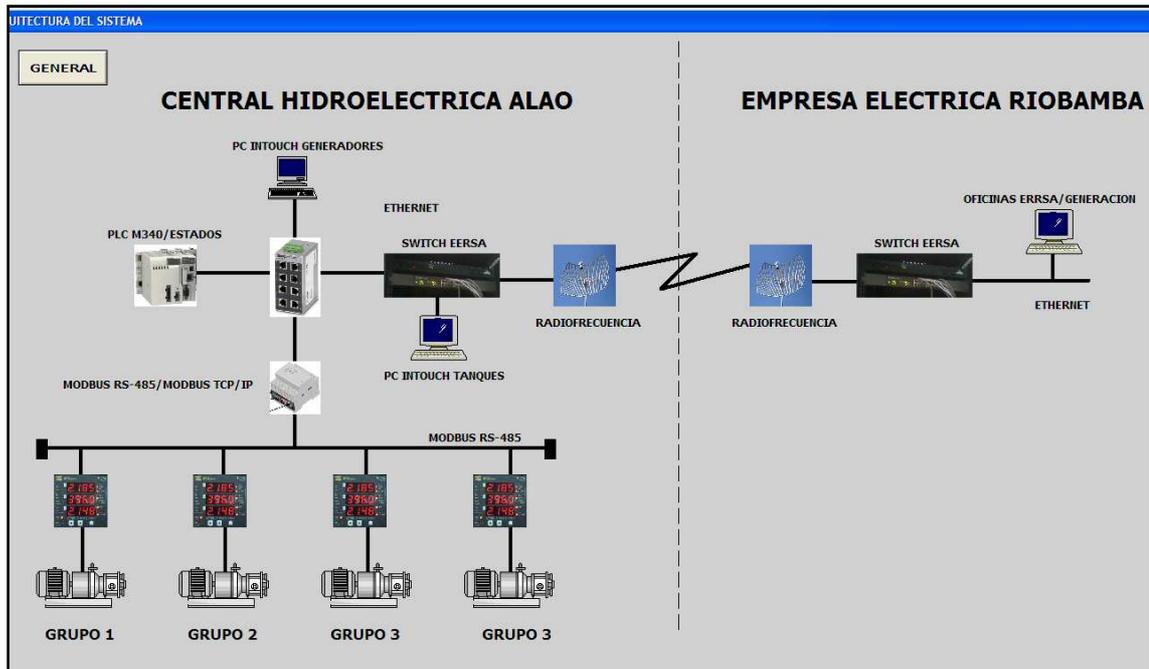


Figura 172: Arquitectura del Sistema

4.4.13. Ayuda

Muestra una ayuda general para el usuario del sistema, figura 173.

AYUDA GENERAL

UTILIZACION DE LA HMI DE MONITOREO

CONSIDERACIONES:

1.- PARA GOZAR DE TODOS LOS PRIVILEGIOS DEL SISTEMA DE MONITOREO SE DEBERA TENER UNA CUENTA DE INGENIERIA, CASO CONTRARIO SOLO PODRA ACCEDER A CIERTAS FUNCIONES.

2.- EL SISTEMA ES CAPAZ DE IDENTIFICAR CUENTAS DE INGENIERIA Y OPERADOR PARA LA HABILITACION DE FUNCIONES.

INICIO

PRINCIPAL	1	2	3
	USUARIOS	UNIFILAR	MEDICIONES
REGISTROS	4	5	6
	REPORTES	ALARMAS	TENDENCIAS
REFERENCIAS	7	8	9
	SIMBOLOS	INFORMACION	ARQUITECTURA

DESCRIPCION

- 1 AUTENTIFICACION DE USUARIOS, DONDE SE INGRESARA LA CLAVE Y USUARIO ENTREGADOS POR EL ADMINISTRADOR PARA LA HABILITACION DE LAS FUNCIONES Y VENTANAS.
- 2 ESTE BOTON MOSTRARA EL ESQUEMA UNIFILAR DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA ALAO Y SUS DATOS MEDIDOS EN TIEMPO REAL.
- 3 ESTE BOTON MOSTRARA LAS MEDICIONES DE PARAMETROS DE CADA GRUPO GENERADOR
- 4 PARA LA HABILITACION DE ESTE BOTON NECESITARA SER PARTE DE LOS USUARIOS OPERADORES Y/O INGENIERIA Y ENTRAR AL MENU DE GENERACION DE REPORTES DE ENERGIA.
- 5 ESTE BOTON MOSTRARA LAS ALARMAS, RECONOCIMIENTO DE LAS MISMAS Y EL HISTORICO DE LOS SUCESOS GENERADOS EN EL PROCESO.
- 6 EN ESTE BOTON MOSTRARA UNA PANTALLA CON TODOS LOS VALORES EN GRAFICOS DE TIEMPO REAL ADEMAS DE LAS TENDENCIAS HISTORICAS, CONSULTAS DE COMPORTAMIENTO A TRAVES DEL TIEMPO.
- 7 EN ESTE BOTON DESPLEGARA LA SINTAXIS DEL DIAGRAMA UNIFILAR CON SUS DESCRIPCIONES.
- 8 AQUI DESPLEGARA LA INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO Y DEL DISEÑADOR DEL MISMO.
- 9 ESTE BOTON DESPLEGARA LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MONITOREO LOCAL/REMOTO DESDE LOS GENERADORES HASTA SU VISUALIZACION .

Figura 173: Ayuda

CAPÍTULO V

GENERACION DE REPORTES Y CONFIGURACION DE ESCRITORIO REMOTO

5.1. CONEXIÓN DE LA BASE DE DATOS CON EXCEL

Para conectar el Excel con la base de datos debemos entender que el Excel es prácticamente una base de datos dinámica que almacena datos y puede comunicarse de manera sencilla como se muestra a continuación.

5.1.1. Creación de origen de datos

Para crear un origen de datos debemos dirigirnos al menú de Excel a la pestaña de DATOS en donde tenemos todo un submenú dedicado al tratamiento e importación de datos de otras fuentes, figura 174.



Figura 174: Excel fuentes de datos

Para crear una nueva fuente de datos debemos direccionar el Excel a la base de datos de SQL Server, figura 175.

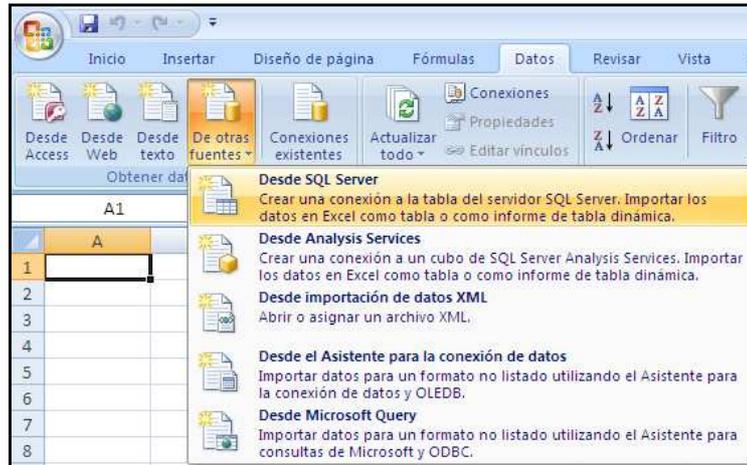


Figura 175: Fuentes de datos

Elegimos SQL Server en donde ingresemos el servidor de bases de datos el cual es el nombre de la máquina para nuestro caso HP-PC como se muestra en la figura 176, posteriormente elegimos la base de datos en donde residen nuestros datos que para nuestro caso es ALAO y finalmente elegir la tabla contenedora de los datos.

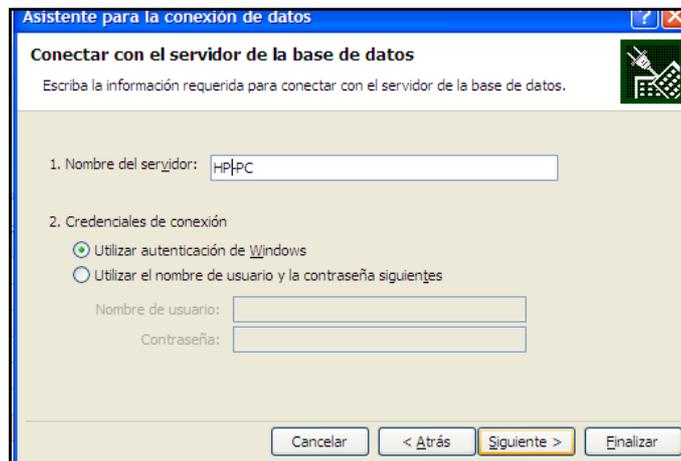


Figura 176: Asistente para la conexión de datos

Escogemos la base de datos y la tabla específica de datos, figura 176.

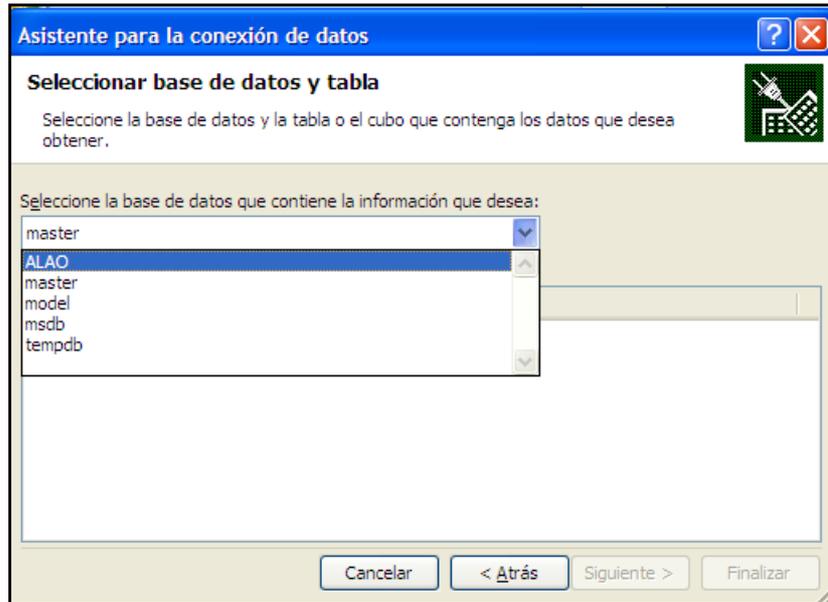


Figura 176: Selección de la base de datos

Luego de escoger la tabla ubicamos la tabla en las celdas del Excel para visualizar la tabla de la base de datos y utilizarlos como más convenga, figura 177.

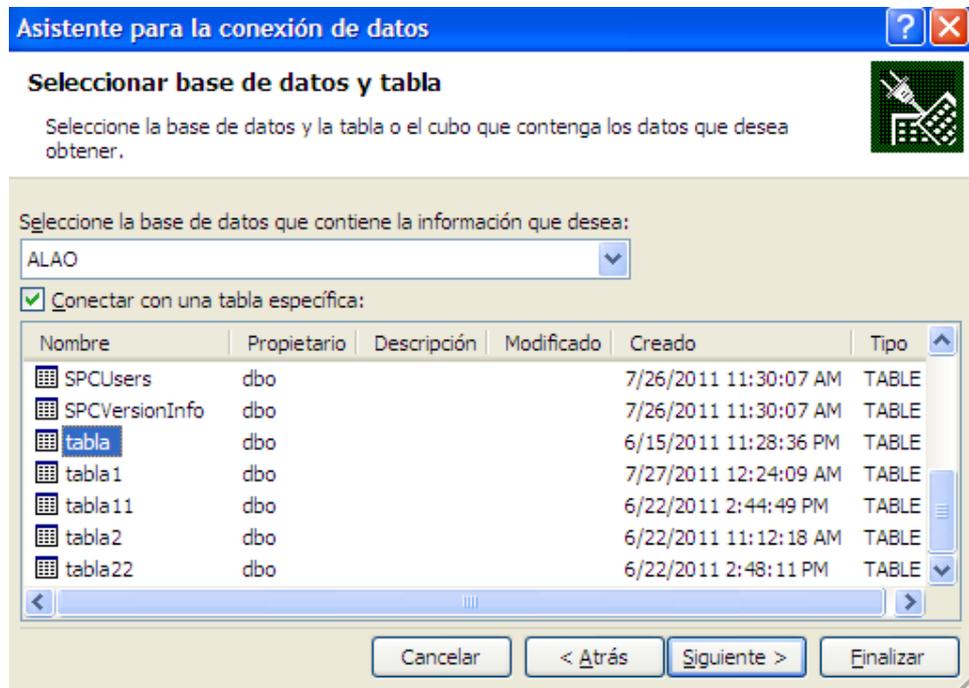


Figura 177: Selección de la tabla específica de datos

Finalmente se observa en la figura 178, los datos exportados.

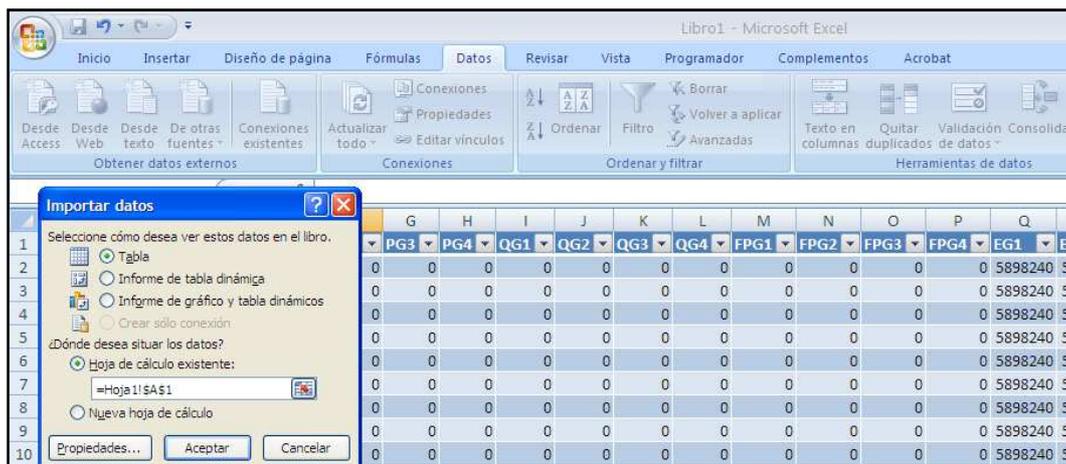


Figura 178: Exportación de datos

Cabe resaltar que la conexión en el documento de Excel es permanente y basta con actualizar la tabla para apreciar los cambios en la base de datos, visualizándolos en el Excel.

5.2. REPORTE EN EXCEL UTILIZANDO MICROSOFT QUERY

5.2.1. ¿Qué es Microsoft Query?

Microsoft Query es un programa que permite incorporar datos de orígenes externos a otros programas de Microsoft Office, especialmente a Microsoft Excel.

5.2.2. Tipos de bases de datos a los que se puede obtener acceso

Es posible recuperar datos de varios tipos de bases de datos, incluidos Microsoft Access, **MICROSOFT SQL SERVER** y los servicios OLAP de Microsoft SQL Server. También puede recuperar datos de las listas de Excel y de archivos de texto.

5.2.3. Seleccionar datos de una base de datos

Puede recuperar datos de una base de datos creando una consulta, que es una pregunta que se hace acerca de los datos almacenados en una base de datos externa. Por ejemplo, si los datos están almacenados en una base de datos de Access, puede que desee conocer las cifras de ventas de un producto determinado por regiones. Es posible seleccionar parte de los datos seleccionando sólo los datos del producto y la región que desee analizar y omitir los datos que no necesite.

Con Microsoft Query, puede seleccionar las columnas de datos que desee e importar sólo esos datos a Excel.

5.2.4. Forma en la que Microsoft Query utiliza los orígenes de datos

Una vez establecido un origen de datos para una base de datos determinada, lo podrá utilizar siempre que desee crear una consulta para seleccionar y recuperar los datos de esa base de datos, sin tener que volver a escribir toda la información de conexión. Microsoft Query utiliza el origen de datos para conectarse con la base de datos externa y mostrar los datos que están disponibles. Después de crear la consulta y devolver los datos a Excel, Microsoft Query proporciona al libro de Excel la información de la consulta y del origen de datos de modo que pueda volverse a conectar con la base de datos cuando desee actualizar los datos, figura 179.

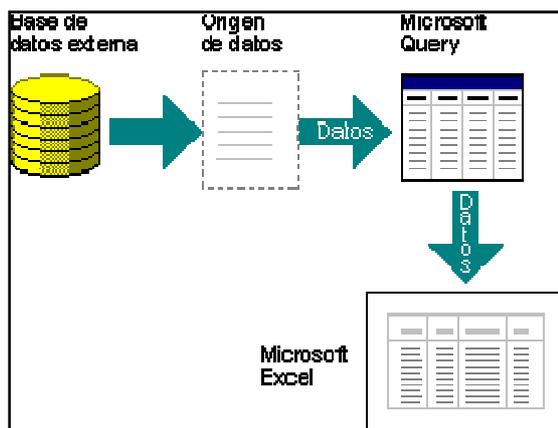


Figura 179: Arquitectura de comunicación Excel-Base De Datos

5.2.5. Utilizar Microsoft Query para importar datos

Para importar datos externos en Excel con Microsoft Query, seguimos estos pasos básicos, cada uno de los cuales se describe con más detalle en las secciones siguientes.

5.2.5.1 Conectar con un origen de datos.

Para realizar una consulta a la base de datos debemos establecer comunicación con el origen de base de datos creados para comunicarnos con la base de datos creada llamada ALAO, figura 180. Iniciamos una fuente de datos desde Microsoft Query, y posteriormente se comunica con las tablas a quienes haremos la consulta filtrando las columnas según nuestra conveniencia.

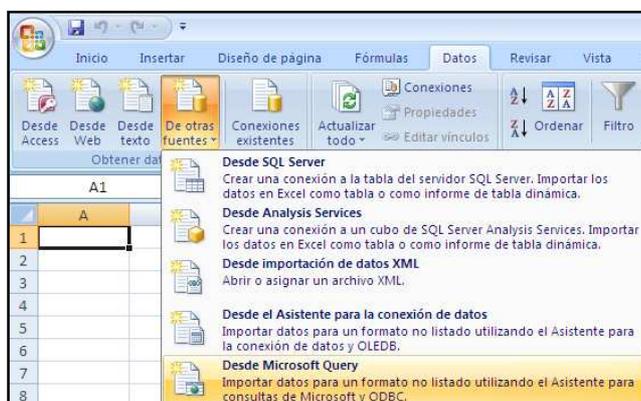


Figura 180: Microsoft Query

Conmo se muestra en la figura 181, Nuestro origen de datos llamado **BASE** se comunica con las tablas donde se almacenas todos los datos historicos de generacion.

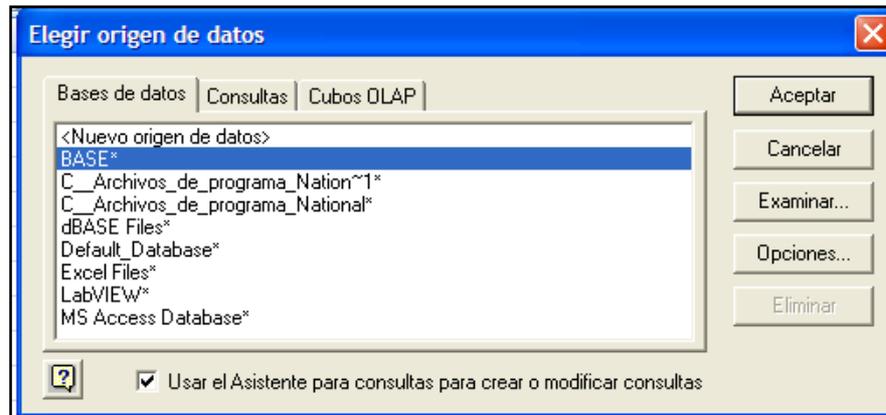


Figura 181: Elección de un origen de base de datos

Luego de dar click en Aceptar se establecerá la comunicación con el SQL SERVER mostrándonos una interfaz que nos mostrara todas las tablas de todas las bases de datos creadas, figura 182.

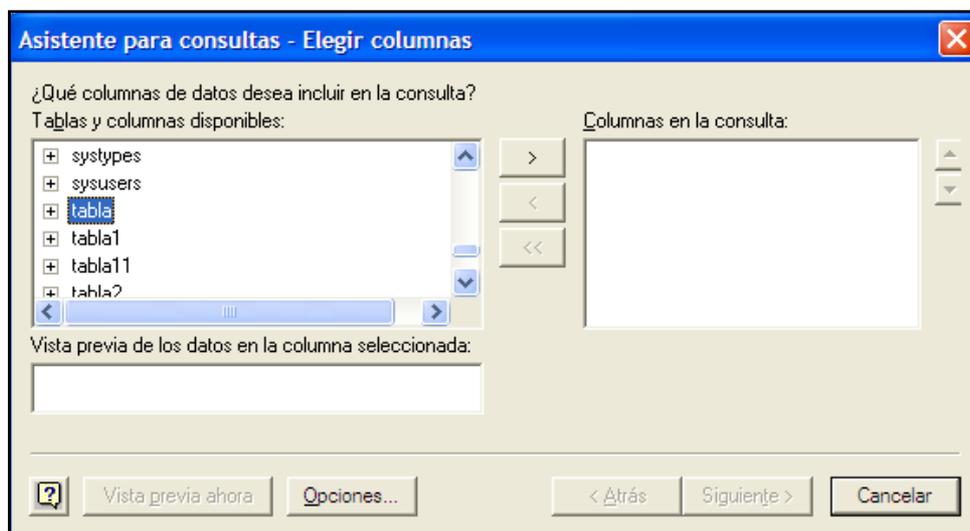


Figura 182: Elección de columnas de tablas

Una vez seleccionada la tabla a la cual vamos a consultar los datos históricos seleccionamos las columnas que deseamos que aparezcan en nuestra consulta, figura 183.

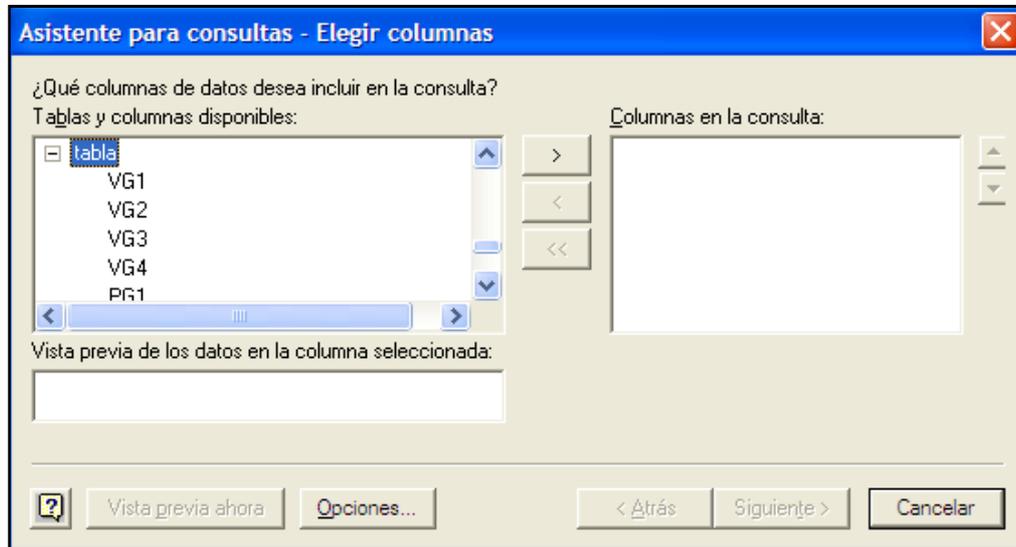


Figura 183: Selección de columnas para la consulta

Ingresando los campos que deseamos que aparezcan en la consulta debemos definir la condición de filtrado de datos para que nos aparezca solo los que deseamos, es decir en nuestro caso debemos filtrar los datos de acuerdo a la fecha que nosotros ingresemos, figura 184.

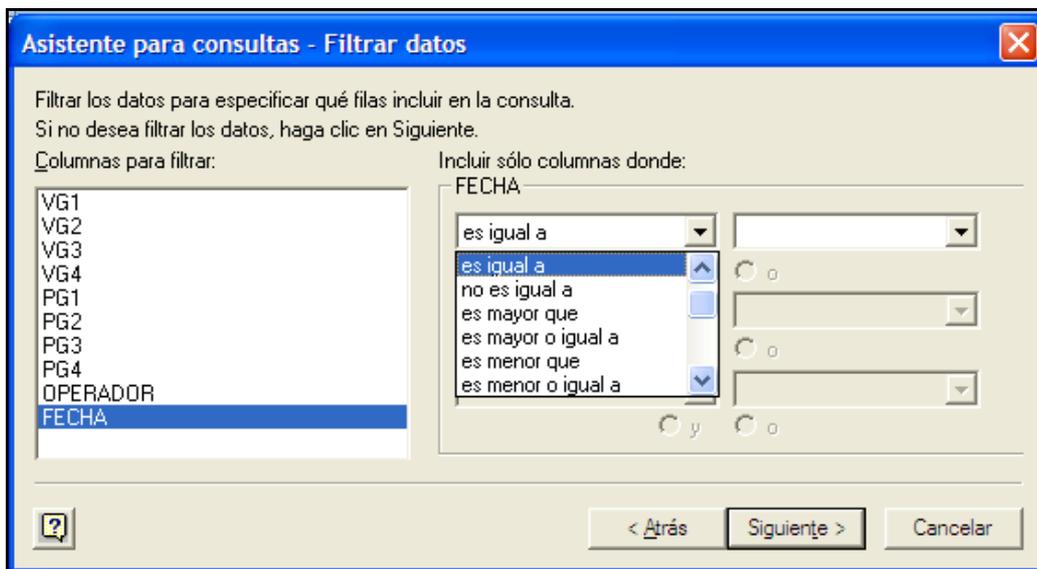


Figura 184: Definición de las condiciones de filtrado

Para filtrar datos se utiliza una condición de igualdad que nos devolverá únicamente las filas almacenadas que sean iguales. Pero como no queremos que siempre nos devuelva los mismos datos, en lugar de ello el usuario será el que ingrese el dato para ser comparado. Para hacer posible esto en lugar de un dato constante ingresaremos en la condición de igualdad entre corchetes el dato, es decir la fecha ([dato]), figura 185.

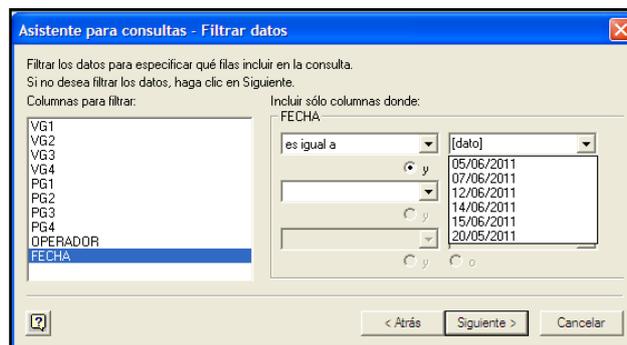


Figura 185: Definición del filtro de datos

Esto indica que el usuario puede ingresar el parámetro para filtrar los datos y realizar la consulta, damos click en siguiente hasta llegar a donde nos dice **Ver Datos o Editar Consulta**, ingresaremos a editar la consulta como se muestra en la figura 186.

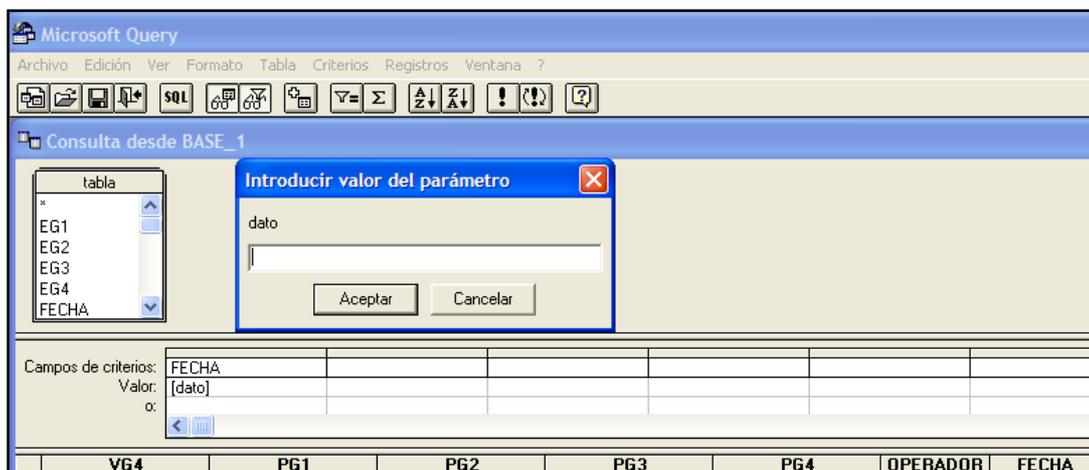


Figura 186: Consulta Microsoft Query

Nuestro resultado serán todos los datos almacenados en la base de datos que su fecha sea igual al dato ingresado como se muestra en la figura 187.

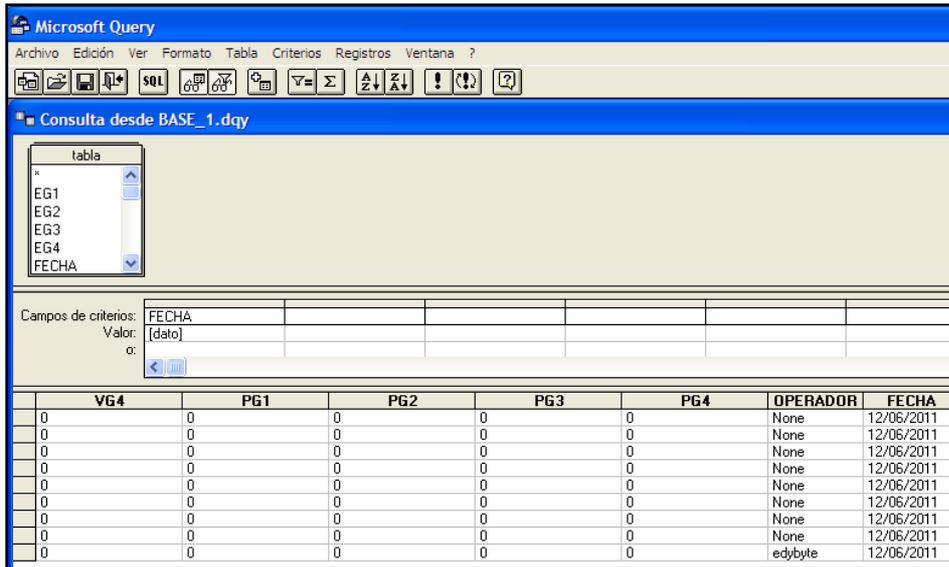


Figura 187: Respuesta de una consulta Microsoft query

La respuesta de la consulta anterior cuyo parámetro de filtrado sea igual a la columna **FECHA** que se ingresó 12/06/2011, devolviéndonos todas las filas que son iguales a dicha fecha. Una vez concluida la consulta de Microsoft Query cerramos el editor de consultas y finalmente la tabla de datos la tenemos en Excel lista para nuestra utilidad, cada vez que queramos ingresar un nuevo parámetro de consulta debemos actualizar para ingresarlo como muestra la figura 188.

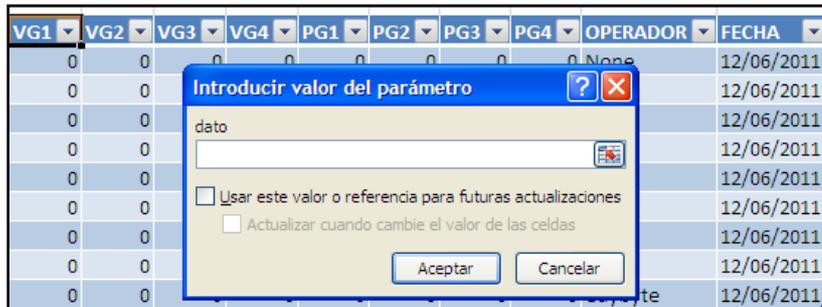


Figura 188: Consulta de datos en Excel

Nota : En el editor de consulta Microsoft Query podemos cambiar los parámetros de consulta y las columnas que se pueden mostrar en el resultado de la consulta en el menú **SQL** , donde nos da la opción de modificar la consulta en el lenguaje SQL de base de datos que básicamente se manejan **SELECT**.

Para una mejor funcionalidad de los datos direccionaremos el parámetro de consulta a una celda cualquiera ,yéndonos a Propiedades de conexión/Parametros como se muestra en la figura 189.

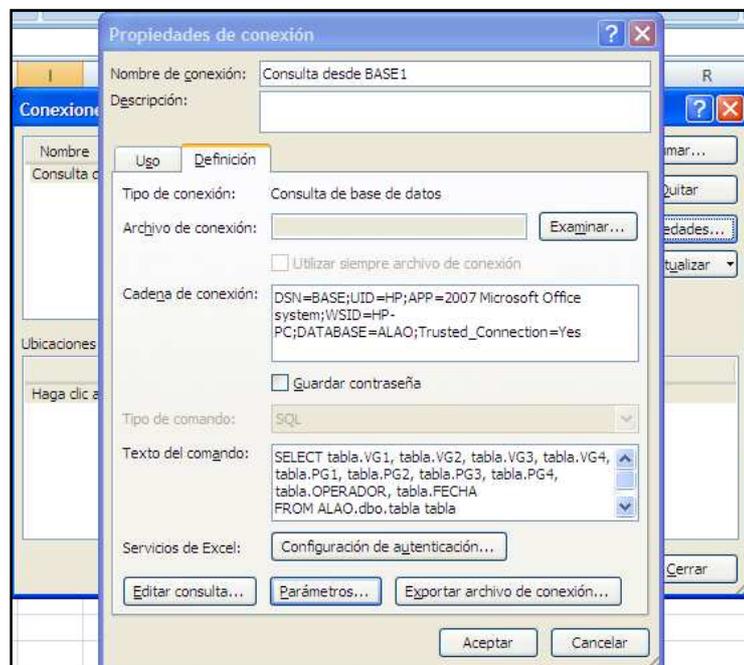


Figura 189: Configuración de parámetros de la consulta Microsoft Query

Para direccionar los datos a una celda cualquiera seleccionamos Tomar el valor de la siguiente celda e ingresamos la celda que queramos y seleccionamos Actualizar automáticamente cuando cambie el valor como se muestra en la figura 190.

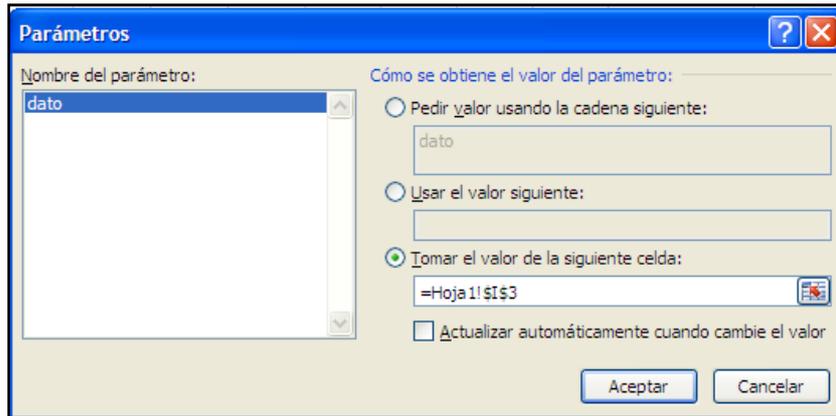


Figura 190: Configuración para tomar el dato desde una celda

Finalmente, podemos trabajar haciendo consultas a la base de datos solo con ingresar un valor (en nuestro caso una fecha) en la celda seleccionada para que nos devuelva los datos almacenados armando nuestro reporte de datos histórico.

Para evitar errores de digitación al ingresar podemos realizar una validación de datos en nuestro caso para las fechas utilizando un objeto ACTIVE X de calendario que nos proporcione las fechas y direccionando la fecha del objeto hacia la celda.

5.3. CONFIGURACIÓN DEL ESCRITORIO REMOTO

Un escritorio remoto es una tecnología que permite a un usuario trabajar en una computadora a través de su escritorio desde otro terminal ubicado en otro lugar, porque estamos dentro de una intranet, podemos utilizar el escritorio remoto de Windows.

Para ello debemos ir a Inicio/Todos Los Programas/Accesorios/Conexión A Escritorio Remoto como se muestra en la figura 191.



Figura 191: Conexión a escritorio remoto

En donde desplegamos Opciones que nos permitirán configurar con más detalle la manera de comunicarnos a la PC remota en nuestro caso a la HMI desde las oficinas de generación. Bastará con ingresar la clave y el usuario de la máquina a la que nos queramos comunicar para ingresar a ella y a todas sus funciones.

Cabe resaltar que existe un sistema de radio enlace como canal de comunicación instalado que une las redes Ethernet de la central hidroeléctrica ALAO con las de la EERSA formando una intranet, de la cual hacemos uso para acceder remotamente al sistema de la central. En anexos se encontrará el diagrama del sistema de comunicaciones de radio enlaces de la EERSA.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. SIMULACIÓN GENERACIÓN DE REPORTE

Los reportes diarios son una herramienta muy útil para determinar el comportamiento de generación, pero sobre todo nos indica la cantidad de energía suministrada al sistema nacional interconectado, por esta razón la generación de informes se hizo con la ayuda de una herramienta multifuncional de Microsoft como lo es el Excel en el cual, al momento de necesitar el reporte diario se lo abre desde el INTOUCH generando automáticamente el reporte en Excel, debiéndose actualizar datos para obtener el reporte de las 24 horas de generación.

Este reporte generado en el Excel podrá ser almacenado con otro nombre para cualquier fin que se le quiera dar ya sea como respaldo, análisis, etc.

A continuación se observa en la figura 192, como se abre en reporte al generarlo desde el INTOUCH.

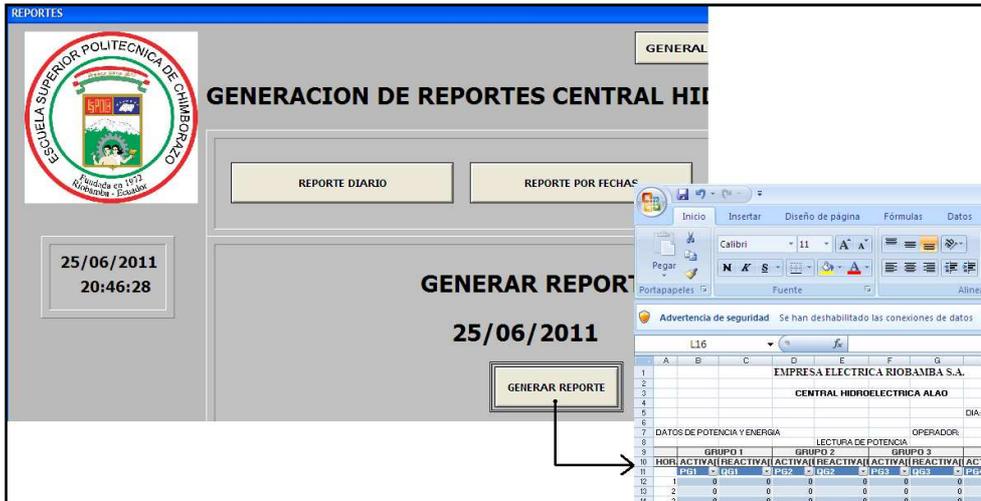


Figura 192: Generación de reportes en Excel

En el reporte consta un registro de potencias, además de las energías activas y reactivas desde 00h00-24h00.

EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.											
CENTRAL HIDROELECTRICA ALAO											
DIA: MES: AÑO:											
OPERADOR: TURNO:											
LECTURA DE POTENCIA											
GRUPO 1 GRUPO 2 GRUPO 3 GRUPO 4 TOTAL											
HORA	ACTIVA	REACTIVA	ACTIVA	REACTIVA	ACTIVA	REACTIVA	ACTIVA	REACTIVA	ACTIVA	REACTIVA	
	PG1	PG2	PG3	PG4	PG1	PG2	PG3	PG4	TOTAL	TOTAL	
12	1	2664	853	2655	840	2273	780	2624	846	10216	3319
13	2	2661	840	2653	821	2270	765	2624	803	10206	3229
14	3	2662	867	2655	915	2266	793	2626	859	10213	3554
15	4	2662	847	2654	831	2273	633	2626	907	10215	3478
16	5	2660	829	2653	901	2273	666	2621	877	10207	3373
17	6	0	0	2566	390	2267	653	2626	1013	7459	2616
18	7	0	0	3600	288	0	0	0	0	3600	268
19	8	0	0	380	288	0	0	0	0	960	288
20	9	2611	903	2644	823	2413	820	2529	732	10197	3378
21	10	2609	954	2714	781	2420	836	2445	830	10186	3403
22	11	2608	876	2693	1053	2425	787	2431	813	10147	3269
23	12	2613	878	2700	932	2203	817	2634	855	10150	3482
24	13	2611	863	2638	837	2202	692	2629	932	10140	3524
25	14	2613	801	2721	825	2200	691	2630	914	10164	3231
26	15	2636	885	2395	884	2230	379	2630	846	9541	2378
27	16										
28	17										
29	18										
30	19										
31	20										
32	21										
33	22										
34	23										
35	24										
36											
37											
38											
39											
40	24HOC	3841983	3369960	1968253	651908	6616738	2767707	3633868	3231638	30061942	10016818
41	00HOC	3911434	3316683	2003444	650034	6640168	2776374	3661444	3241942	30191550	10058639
42	DIFER	-32511	-10729	-34091	-1126	-28430	-9267	-33576	-10604	-123608	-41726

Figura 193: Informe diario de potencias y energía

La opción de reportes por fechas muestra la opción de visualizar toda la base de datos, es decir todos los datos críticos de generación en Excel.



Figura 194: Visualización por fechas

El reporte de fechas cuenta con un control en el que podemos escoger la fecha de cualquier reporte que se haya almacenado con anterioridad.

EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.													
CENTRAL HIDROELECTRICA ALAO													
										07/03/2011	GENERAR REPORTE		
										DD/MM/AA			
										INGRESE LA FECHA:			
DATOS DE POTENCIA Y ENERGIA													
LECTURA DE POTENCIA													
GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3			GRUPO 4			TOTAL	
HOR.	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	TOTAL	TOTAL[KV]	
	PG1	QG1	PG2	QG2	PG3	QG3	PG4	QG4	TOTAL	TOTAL			
12	1	2194	761	2640	928	2460	681	2587	729	9881	3099		
13	2	2451	874	2669	939	2463	798	2578	996	10167	3507		
14	3	2291	772	2683	929	2466	863	2589	1050	10029	3620		
15	4	2321	824	2684	940	2467	876	2587	802	10059	3442		
16	5	2327	872	2688	1004	2469	756	2592	966	10076	3588		
17	6	2320	920	2679	907	2466	830	2587	639	10052	3296		
18	7	2329	822	2681	793	2465	716	2589	763	10064	3094		
19	8	2220	791	2673	996	2458	853	2575	818	9926	3458		
20	9	2523	855	2638	830	2470	741	2589	814	10220	3240		
21	10	2258	756	2684	944	2464	885	2581	1027	9987	3612		
22	11	2326	779	2679	746	2478	853	2580	885	10063	3263		
23	12	2346	697	2682	698	2473	492	2582	666	10083	2553		
24	13	2447	873	2675	966	2462	819	2584	944	10168	3602		
25	14	2317	725	2684	904	2460	820	2581	802	10042	3251		
26	15	2315	811	2684	987	2462	939	2587	805	10048	3542		
27	16	2323	812	2692	916	2465	893	2585	926	10065	3547		
28	17	2322	806	2684	958	2464	674	2581	910	10051	3348		
29	18	2224	759	2687	916	2467	869	2584	920	9962	3464		
30	19	2331	756	2693	726	2473	381	2596	842	10092	2705		
31	20	2327	872	2685	984	2469	756	2592	966	10073	3568		
32	21	2429	702	2663	808	2468	499	2581	763	10141	2778		
33	22	2327	872	2685	942	2469	756	2592	966	10073	3526		
34	23	2345	728	2671	856	2470	779	2582	706	10068	3071		
35	24	2349	696	2674	862	2471	535	2581	780	10075	2873		
36													
37	LECTURAS DIARIAS												
38													
	KVHG1	KVARHG1	KVHG2	KVARHG2	KVHG3	KVARHG3	KVHG4	KVARHG4	TOTAL	TOTAL			
40	24HOC	9269720	3172711	1373659	454133	8075009	2602677	9048291	3043012	27766679	9272533		
41	00HOC	9325553	3191760	1437844	475742	8134183	2620870	9110279	3063258	28007859	9351630		
42	DIFEF	55833	19049	64185	21609	59174	18193	61988	20246	241180	79097		

Figura 195: Visualización en Excel por fechas

La figura 195 muestra un reporte generado en la fecha 07/03/2011 en Excel, podemos generar cualquier reporte solo con seleccionar la fecha y pulsar el botón de reporte como se muestra en la figura 196.

EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.									
CENTRAL HIDROELECTRICA ALAO									
07/03/2011									
GENERAR REPORTE									
Marzo 2011									
Dom Lun Mar Mié Jue Vie Sáb									
27	28	1	2	3	4	5			
6	7	8	9	10	11	12			
13	14	15	16	17	18	19			
20	21	22	23	24	25	26			
27	28	29	30	31	1	2			
3	4	5	6	7	8	9			
Today: 05/06/2011									

DATOS DE POTENCIA Y ENERGIA									
LECTURA DE POTENCIA									
GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3		GRUPO 4		GRUPO 5	
HOR	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]	REACTIVA[K]	ACTIVA[K]
	PG1	QG1	PG2	QG2	PG3	QG3	PG4	QG4	PG5
1	2194	761	2640	928	2460	681	2587		
2	2451	874	2669	839	2469	798	2578		
3	2291	772	2683	929	2466	869	2589		
4	2321	824	2684	940	2467	876	2587		
5	2327	872	2688	1004	2469	756	2592		
6	2320	920	2679	907	2466	830	2587		
7	2329	822	2681	793	2485	716	2589		
8	2220	791	2673	996	2458	853	2575		
9	2523	855	2638	830	2470	741	2589		

Figura 196: Selección de fechas para reporte

Cada vez que se realiza una apertura de seccionadores o disyuntores nos genera una alarma de apertura que a su vez e inmediatamente se registra en la base de datos Si abrimos el resumen de alarmas del sistema eléctrico de potencia SEP, se puede observar las aperturas realizadas en Excel.

ALARMAS

27/07/2011 10:54:16

HISTORIAL DE ALARMAS

INICIO UNIFILAR

ALARMAS:

SECCIONADOR DEL GRUPO 1: ABIERTO!!!

ACK

NUEVA ALARMA!!!!!!

ALARMAS SEP

Date	Time	Operator	Name	Limit	Value	Type
27 Jul 2011	10:54	HF-PC:edybyte	SEC-G1	ABIERTO	ABIERTO	DSC
27 Jul 2011	10:54	HF-PC:None	SEC-G1	ABIERTO	CERRADO	DSC
27 Jul 2011	10:53	HF-PC:edybyte	SAccessLevel	0	9999	SYSTEM
27 Jul 2011	10:53	HF-PC:edybyte	SOperatorName	None	edybyte	SYSTEM
27 Jul 2011	10:53	HF-PC:None	SOperator	None	edybyte	SYSTEM

EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.



CENTRAL HIDROELECTRICA ALAO

ACTUALIZAR ALARMAS

ALARMAS DE SECCIONADORES Y DISYUNTORES

POTENCIA ACTIVA [KW]				POTENCIA REACTIVA [KVAR]				FACTOR DE POTENCIA			
PG2	PG3	PG4	QG1	QG2	QG3	QG4	FPG1	FPG2	FPG3	FPG4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 197: Alarmas de apertura y cierre de seccionadores y disyuntores

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de monitoreo **si** sirve para la monitorización local o remota de de los generadores, disyuntores y seccionadores de la Central Hidroeléctrica ALAO, así se lo ha demostrado mediante la implementación del presente proyecto en la por medio del desarrollo de la HMI se logró realizar el monitoreo y visualización local/remoto de la Central ALAO.
- La red industrial MODBUS RS485 fue convertida a MODBUS TCP/IP gracias a las prestaciones dadas por el Gateway de conversión EGX100.
- La programación en lenguaje FBD fue realizada en el PLCM340 de forma que se logró obtener los estados de los disyuntores y seccionadores de cada grupo.
- La interfaz HMI realizada en INTOUCH cumple con los requerimientos solicitados por ingeniería y operadores siendo una interfaz amigable y de fácil navegación para el monitoreo de la central hidroeléctrica.
- La base de datos fue realizada en Microsoft SQL Server almacenando los datos de generación y mediante EXCEL generando reportes diarios e históricos de potencia y energía que entrega la central hidroeléctrica.
- La configuración de un acceso remoto de Windows permitió la visualización remota desde las oficinas de generación dentro de una intranet.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda no apagar el computador usado para el monitoreo, ya que si se lo hace dejará de almacenar los datos.
- Para el usuario del HMI se recomienda hacer solo lo estrictamente necesario para evitar el mal funcionamiento del HMI o la obtención de reportes de generación eléctrica erróneos.
- Se debe definir de forma correcta las conexiones ODBC entre INTOUCH y la base de datos Microsoft SQL Server, de no definir los parámetros correctamente la comunicación de los datos no se guardarán en la base de datos.
- Tener mucho cuidado en la adquisición de los estados de los disyuntores y seccionadores ya que funcionan con 125 Vdc.
- Se recomienda tener cuidado en la parte de comunicación con las tablas de base de datos, de no utilizarse bien la sintaxis, las funciones del INTOUCH devolverán un error de guardado.
- Se debe ocultar la aplicación de IOSERVER, ya que si esta a la vista de cualquiera puede ocurrir borrados de los tópicos definidos de la comunicación.

- Se recomienda tener cuidado con la parte de distribución del tablero de control para evitar que cualquier corto circuito accionara los fusibles desconectando la parte afectada.
- Para los medidores de energía eléctrica se recomienda alimentarlos por medio de una red eléctrica continua o alterna propia, de esta manera se asegura que el medidor estará siempre trabajando sin que afecte el paro de los generadores.
- Se recomienda ampliar a futuro este proyecto para que sea tomado como un sistema SCADA, en el cual se pueda realizar el monitoreo y el control de la central hidroeléctrica, logrando desde este sistema realizar la apertura y cierre de seccionadores y disyuntores.

RESUMEN

Se implementó el sistema de monitoreo local o remoto para la Central Hidroeléctrica ALAO basado en INTOUCH, en la Empresa Eléctrica Riobamba S. A. (EERSA).

Utilizando el método analítico de investigación para el análisis de los requerimientos tanto de la central como de ingeniería y por método inductivo que la HMI diseñada en INTOUCH adquiere los datos desde la red Ethernet mediante los I/O SERVER que nos proporcionarían los datos provenientes de los medidores y del PLC, además la visualización remota con el escritorio remoto de Windows ya que el sistema se conecta a la intranet de la EERSA. Utilizando medidores de energía ION6200 de Schneider Electric proporcionarnos las mediciones de todas las variables de generación en cada generador en la red mediante protocolo MODBUS-RS485 que poseen los medidores y utilizando un Gateway EGX100 de conversión a protocolo MODBUS-TCP/IP para unirse a la red Ethernet, posteriormente llevar dichos datos a una HMI que almacena y genera reportes diarios e históricos.

Como resultados tenemos el monitoreo de la central y almacenamiento de datos para los reportes en SQL SERVER que comunicándose a través de ODBC con EXCEL se genera el reporte diario de potencias, energías activas y reactivas de cada grupo.

Concluimos con el proyecto de implementación determinando que la implementación de sistemas de monitoreo y control mediante WONDERWARE INTOUCH es muy eficiente y robusto. Se recomienda que el sistema sea implementado en una máquina de escritorio que cumpla con los requerimientos mínimos para que soporte el sistema.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF A LOCAL OR REMOTE MONITORING SYSTEM FOR HYDROELECTRIC PLANT ALAO BASED IN INTOUCH, IN “EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.” (EERSA)

A remote visualization and the report generation by supporting them in a data bases is pretended to be resolved.

This present paper objectives are to implement a HMI in INTOUCH for local/remote visualization, an industrial net which joins the parts of the electric meters to Ethernet net and a remote –access point by means of system IP.

Analytic method for the requirement analysis of power plant and engineering and deductive method to get data coming from the electric meters and PLC were used in this research. In addition, remote visualization with the remote desktop of windows since system is connected to intranet of EERSA. By using electric meters ION6200 of Schneider Electric will be possible give the measurements of all variables of generation in each generator in the net by protocol MODBUS-RS485 that electric meters have and using a Gateway EGX100 of conversion to protocol MODBUS TCP/IP to join Ethernet net, after these data are carried to a HMI that storages and generates current and historic reports. He results were local/remote visualization by means of Ethernet net, generation of reports in excel of potencies and energy, data storage in Microsoft SQL Server. It is concluded that implementation of monitoring and control systems by WONDERWARE INTOUCH is very efficient and solid.

It is recommended that this system be implemented in a desktop which has all the basic requirements to support it.

GLOSARIO

ACTIVEX:	Tecnología de Microsoft para el desarrollo de páginas dinámicas
DISYUNTOR:	Interruptor automático
DUPLEX:	Es utilizado en las telecomunicaciones para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.
FIELDBUS:	Bus de Campo.
GATEWAY:	Puerta de enlace – Informática. Concentrador de información para enviarla - redes Industriales
GRAFNET:	Gráfica de Control de Etapas de Transición.
INTERFAZ:	INTERFAZ: Una conexión e interacción entre hardware, software y usuario, es decir como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa.
INTOUCH:	Programa para implementación de sistema de control.
INTRANET:	Es una red de ordenadores privados que utiliza tecnología Internet para compartir dentro de una organización parte de sus sistemas de información y sistemas operacionales.
MODBUS:	Protocolo de comunicación industrial.
MULTIPLEXACIÓN:	La combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor.

- PEER TO PEER:** Red punto punto.
- PROTOCOLO:** Es un conjunto de reglas usadas por dispositivos que tienen la capacidad de comunicarse unas con otras a través de una red.
- PROFINET:** Sistema en tiempo real.
- SECCIONADOR:** Es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma
- TOKEN BUS:** Red de datos en topología de BUS.
- TOKEN PASSING:** Es una combinación entre cliente/servidor.
- TOPOLOGÍA DE RED:** Se define como la cadena de comunicación usada por los nodos que conforman una red para comunicarse.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDE SAN MIGUEL, P. Electrotecnia. 3ra. ed. Madrid-España, Paraninfo, 1997, Pp. 230-231.
2. RODRIGUEZ PENIN, A. Sistemas SCADA, 2da. ed. Barcelona-España, Marcombo, 2007, Pp. 23 - 456.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

3. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>

2011/02/23

4. GENERADORES SÍNCRONOS

<http://www.monografias.com/trabajos82/generadores-sincronos>

2011/02/23

5. MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

<http://empresas.micodensa.com/BancoMedios>

2011/02/23

6. MEDIDORES DE ENERGÍA POWER LOGIC ION6200

http://www.abampere.com.ar/pdf/108_ion6200.pdf

2011/02/23

7. GATEWAY DE COMUNICACIÓN EGX100

<http://repositorio.eppetroecuador.ec/bitstream/20000/43/1/T-EPN-030.pdf>

2011/02/23

8. ETHERNET INDUSTRIAL

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2362/1/CD-3101.pdf>

2011/02/23

9. PLC MODICOM M340

<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=MODICON>

10. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

<http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia>

2011/02/23

11. WODERWARE INTOUCH

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2458/1/CD-0169.pdf>

2011/02/23

ANEXOS

CONFIGURACIÓN DEL MEDIDOR CON EL PANEL FRONTAL

Los valores siguientes se pueden configurar mediante el panel frontal del Medidor, de acuerdo con el manual como se indicara a continuación.



Configurando los parámetros del medidor de energía ION 6200

PARÁMETROS CONFIGURABLES

En el primer parámetro como podemos observar vamos a configurar el tipo de conexión seleccionando en el medidor. Para los siguientes parámetros se indicara de la misma manera, es decir indicando las posibles configuraciones de los parámetros del manual con los configurados para el proyecto.

	Cadena	Descripción	Intervalo (valores)	Predeter- minado
Modo	EYPE	Modo de tensión (tipo)	4W (estrella de 4 hilos) dELt (triángulo) 2W (una sola fase) dEM (demo) 3W (estrella de 3 hilos) dELd (triángulo directo)	Triángulo directo



Configuración del tipo de conexión

CONFIGURACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

Para la configuración del transformador de tensión debemos identificar las relaciones de voltaje primario y secundario para introducirlos en el medidor como se muestra a continuación.

E	PT 1	TT (primario)	1 a (65,53 x 1.000 LED)	480
	PT 5	TT (escalado) ¹	1 (x 1); 1.000 (x 1.000)	x1
	PT 2	TT2 (secundario)	1 a (65,53 x 1.000 LED)	480



Configuración entradas de voltaje del TT primario, escalamiento, TT secundario (respectivamente).

CONFIGURACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

De la misma forma que para el transformador tensión identificamos la relación de los transformadores de corriente e introducimos estos en la configuración del medidor como se muestra en las siguientes figuras.

=	CT1	T11 (primario)	1 α (65,53 x 1.000 LED)	400
	CT2	T12 (secundario)	1 α (65,53 x 1.000 LED)	5



Configuraciones entradas de corriente (transformadores de intensidad)

CONFIGURACIÓN DE LA POLARIDAD DE FASES DE LOS TT y TI

Para la configuración de estos parámetros se identifico las polaridades de los TT y los TI si es aditiva o sustractiva. La configuración en un inicio se la ingreso por defecto, entonces se pudo visualizar valores negativos en las mediciones del factor de potencia, es por eso que para que las medidas sean todas positivas basto con ingresar en la configuración una de las fases invertidas como se indica a continuación.

Polaridad	UPL 1	Polaridad de V1 (polaridad de tensión de fase 1)	nor (normal); inv (invertida)	Normal
	UPL 2	Polaridad de V2 (polaridad de tensión de fase 2)	nor (normal); inv (invertida)	Normal
	UPL 3	Polaridad de V3 (polaridad de tensión de fase 3)	nor (normal); inv (invertida)	Normal
	CPL 1	Polaridad de I1 (polaridad de intensidad de fase 1)	nor (normal); inv (invertida)	Normal
	CPL 2	Polaridad de I2 (polaridad de intensidad de fase 2)	nor (normal); inv (invertida)	Normal
	CPL 3	Polaridad de I3 (polaridad de intensidad de fase 3)	nor (normal); inv (invertida)	Normal



Configuración polaridad fases de voltaje y corriente provenientes de los TT y TI

NOTA: La configuración de fases de voltaje son todas normales, mientras que para las fases de corriente solo una de las fases se invirtió, para las dos restantes es polaridad normal.

CONFIGURACIÓN DE DEMANDA

Demanda	dPr	Subintervalo de demanda	1 – 60 minutos	15
	$ndPr$	Número de períodos de demanda	1 – 5	1

Configuración de la demanda

NOTA: estas configuraciones se las dejaron por defecto.

CONFIGURACIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Esta configuración nos indica todos los parámetros para establecer comunicación con otros dispositivos maestros ya que es el caso del presente proyecto utilizando un protocolo industrial como lo es MODBUS sobre un medio físico RS485, aquí definiremos velocidad, identificador de unidad para cada medidor, TIME OUT y protocolo.

	Cadena	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado
Comunicaciones	$Prot$	Protocolo ²	PML ³ ; Mod (Modbus RTU)	Modbus
	$bAud$	Velocidad en baudios	1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200	9.600
	$unid$	ID de la unidad	1 – 247	Basado en el número de serie ⁴
	$rT5$	Retardo de RTS	0 – 1.000 ms	20



Configuración identificador de dispositivo para la comunicación MODBUS

NOTA: Las configuraciones de protocolo, velocidad y retardo se dejaron por defecto a excepción del identificado de dispositivo que para el proyecto varía entre 1 y 4 para los medidores de energía.

CONFIGURACIÓN DEL ESCALA EN MODBUS

En esta configuración básicamente introducimos el factor de escala con el que vemos los datos en las comunicaciones con protocolo MODBUS.

Escala de Modbus	<i>PUS</i>	Escala de tensión ⁵	0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100, 1000	10
	<i>PCS</i>	Escala de intensidad ⁵	0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100, 1000	10
	<i>PPS</i>	Escala de energía ⁵	0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100, 1000	1
	<i>PnS</i>	Escala de neutro ⁵	0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100, 1000	10

NOTA: Estos valores se los dejo por defecto tensión, intensidad, energía y potencia.

CONFIGURACIÓN DE LAS SALIDAS DIGITALES

Esta configuración para las salidas digitales para nuestro proyecto no la utilizamos, pero cabe resaltar que de ser necesarias las utilizaríamos en aplicaciones impulso de energía y/o control.

Salidas digitales	<i>out1</i>	Modo de salida digital núm. 1	(k)Wh Del., (k)VAh, (k)VARh Del., (k)Wh Rec., (k)VARh Rec. Consulte la nota ⁶ Ext 1 ⁷ , Ext 2 ⁷	(k)Wh ⁶
	<i>tc1</i>	Constante de tiempo 1 (kT) ⁸	0,1 – 999,9 (sólo se permite un dígito tras el separador decimal)	1,0
	<i>out2</i>	Modo de salida digital núm. 2	(k)Wh Del., (k)VAh, (k)VARh Del., (k)Wh Rec., (k)VARh Rec. Consulte la nota ⁶ Ext 1 ⁷ , Ext 2 ⁷	(k)VARh ⁶
	<i>tc2</i>	Constante de tiempo 2 (kT) ⁸	0,1 – 999,9 (sólo se permite un dígito tras el separador decimal)	1,0

CONFIGURACIÓN DE LAS SALIDAS DIGITALES

Finalmente las configuraciones de pantalla y seguridad en las cuales habilitamos o deshabilitamos el paso cíclico de las pantallas de medición con un tiempo determinado, y en seguridad si lo deseamos configuramos una clave de acceso para evitar ingresos a la configuración de los parámetros.

	Cadena	Descripción	Intervalo (valores)	Predeter- minado
Pantalla	<i>dScr</i>	Tiempo de desplazamiento de pantalla	0 – 30 s (0 = deshabilitar)	0
	<i>dUPd</i>	Período de actualización de pantalla	1 – 6 s	2
Seguridad	<i>PSEt</i>	Contraseña	0 – 9.999	0

NOTA: La configuración de pantalla se dejó deshabilitada y seguridad la clave por defecto.

PROGRAMACIÓN EN INTOUCH

APPLICATION SCRIPTS

Application Script:

Last Modified Date/Time : Vie May 20 10:30:58 2011

Script On Application Startup:

Show "MENU";

Show "MENU";

band = 1;

fecha = \$DateString;

Script While application running, every 1000 msec:

IF \$System.Alarm ==1 AND \$System.Ack == 0 THEN

Show "ALARMAS";

PlaySound("c:\sound
otify.wav", 1);

ENDIF;

FP-G1=P-G1/S-G1;

FP-G2=P-G2/S-G2;

FP-G3=P-G3/S-G3;

FP-G4=P-G4/S-G4;

Data change script:\$Hour

Last Modified Date/Time : Mar Jun 07 01:24:02 2011

Script On Changes to \$Hour:

KWH-G1=E-G1+HPG1*65536;

KWH-G2=E-G2+HPG2*65536;

KWH-G3=E-G3+HPG3*65536;

KWH-G4=E-G4+HPG4*65536;

KVARH-G1=VARH-G1+HRG1*65536;

KVARH-G2=VARH-G2+HRG2*65536;

KVARH-G3=VARH-G3+HRG3*65536;

KVARH-G4=VARH-G4+HRG4*65536;

IF \$Hour >= 1 AND band == 1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla1", "lista1");

b=SQLInsert(con,"tablap", "listap");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

IF \$Hour >= 1 AND band ==-1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla11", "lista11");

b=SQLInsert(con,"tablap", "listap");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

Data Change Scripts

Data change script:\$Day

Last Modified Date/Time : Sáb Jun 04 12:08:45 2011

Script On Changes to \$Day:

band =band* (- 1);

IF \$Hour == 0 AND band ==-1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla1", "lista1");

b=SQLInsert(con,"tablap", "listap");

b=SQLClearTable(con,"tabla11");

b=SQLClearTable(con,"tabla22");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

IF \$Hour == 0 AND band ==1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla11", "lista11");

b=SQLInsert(con,"tablap", "listap");

b=SQLClearTable(con,"tabla1");

b=SQLClearTable(con,"tabla2");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

IF \$Hour == 0 AND band == 1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla22", "lista22");

b=SQLInsert(con,"tabla2", "lista2");

b=SQLInsert(con,"tablar", "listar");

b=SQLInsert(con,"tablar", "listaz");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

IF \$Hour == 0 AND band ==-1 THEN

a=SQLConnect(con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");

b=SQLInsert(con,"tabla2", "lista2");

b=SQLInsert(con,"tabla22", "lista22");

b=SQLInsert(con,"tablar", "listar");

b=SQLInsert(con,"tablar", "listaz");

c=SQLDisconnect(con);

ENDIF;

Data Change Scripts

Data change script:\$Minute

Last Modified Date/Time : Mar Jun 07 01:42:15 2011

Script On Changes to \$Minute:

IF \$Minute== 0 OR \$Minute== 30 THEN

KWH-G1=E-G1+HPG1*65536;

KWH-G2=E-G2+HPG2*65536;

KWH-G3=E-G3+HPG3*65536;

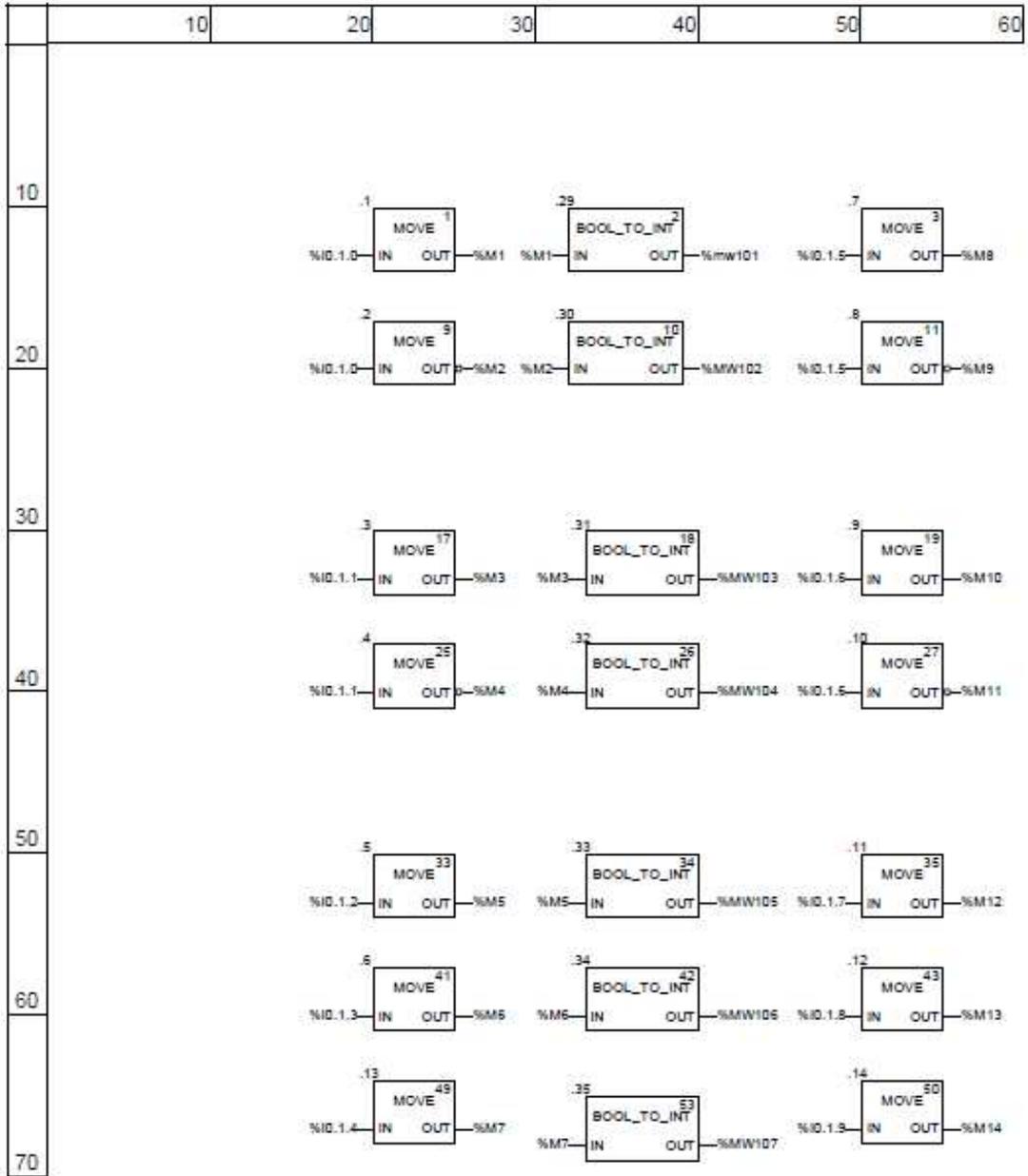
KWH-G4=E-G4+HPG4*65536;

KVARH-G1=VARH-G1+HRG1*65536;

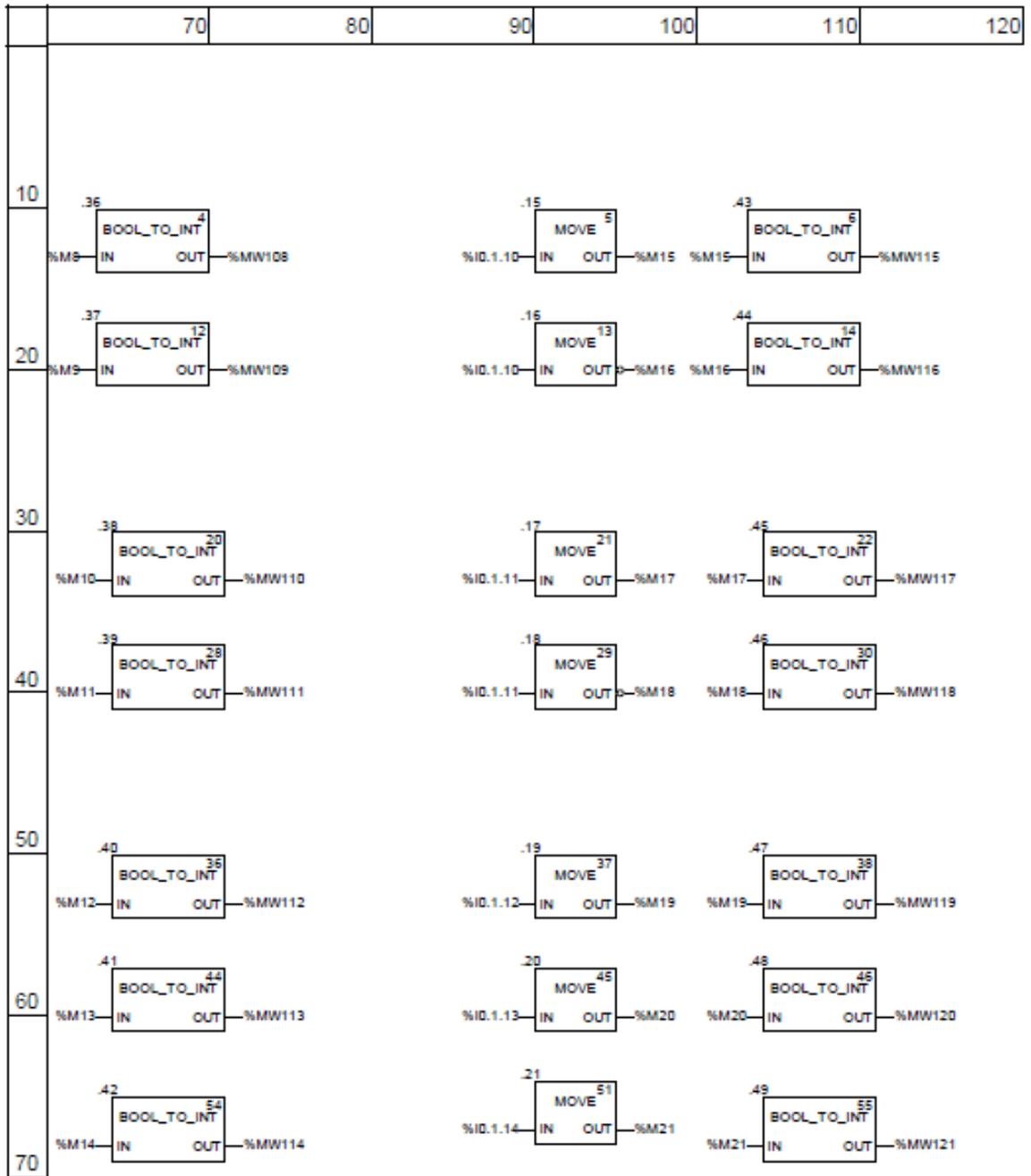
KVARH-G2=VARH-G2+HRG2*65536;

```
KVARH-G3=VARH-G3+HRG3*65536;
KVARH-G4=VARH-G4+HRG4*65536;
d=SQLConnect( con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");
e=SQLInsert( con,"tabla", "lista");
f=SQLDisconnect( con );
ENDIF;
IF $Hour ==0 AND $Minute ==59 THEN
fecha = $DateString;
ENDIF;
Data change script:$System
Last Modified Date/Time : Mar Jun 07 01:44:23 2011
Script On Changes to $System.Ack:
KWH-G1=E-G1+HPG1*65536;
KWH-G2=E-G2+HPG2*65536;
KWH-G3=E-G3+HPG3*65536;
KWH-G4=E-G4+HPG4*65536;
KVARH-G1=VARH-G1+HRG1*65536;
KVARH-G2=VARH-G2+HRG2*65536;
KVARH-G3=VARH-G3+HRG3*65536;
KVARH-G4=VARH-G4+HRG4*65536;
d=SQLConnect( con, "DSN=BASE;UID=HP;PWD=;DB=ALAO");
e=SQLInsert( con,"tabla", "lista");
f=SQLDisconnect( con );
```

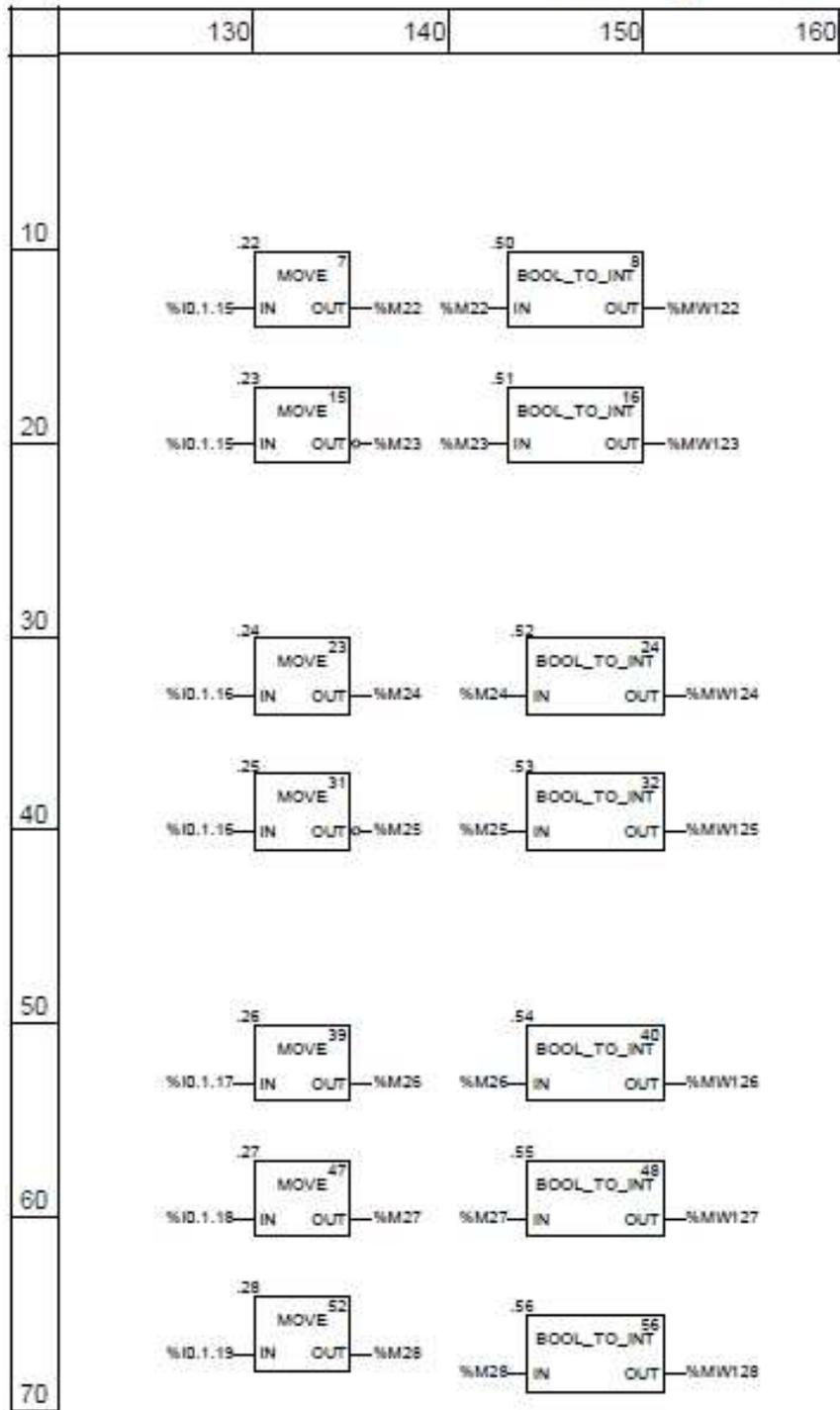
EERSA_ALAO



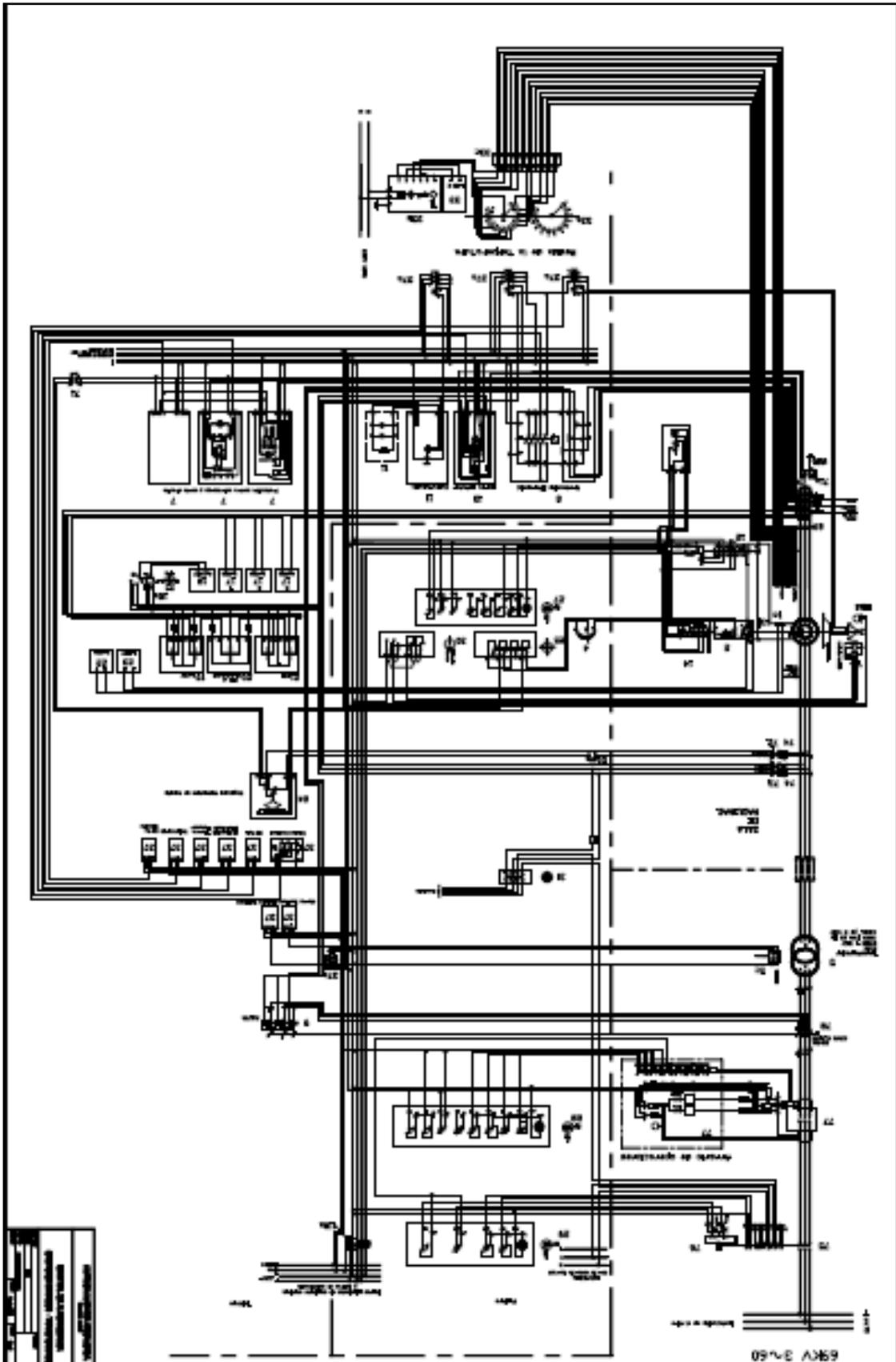
EERSA_ALAO



EERSA_ALAO



PLANOS CENTRAL ALAO



0974-E A369

ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y VOLTAJE HACIA LOS MEDIDORES

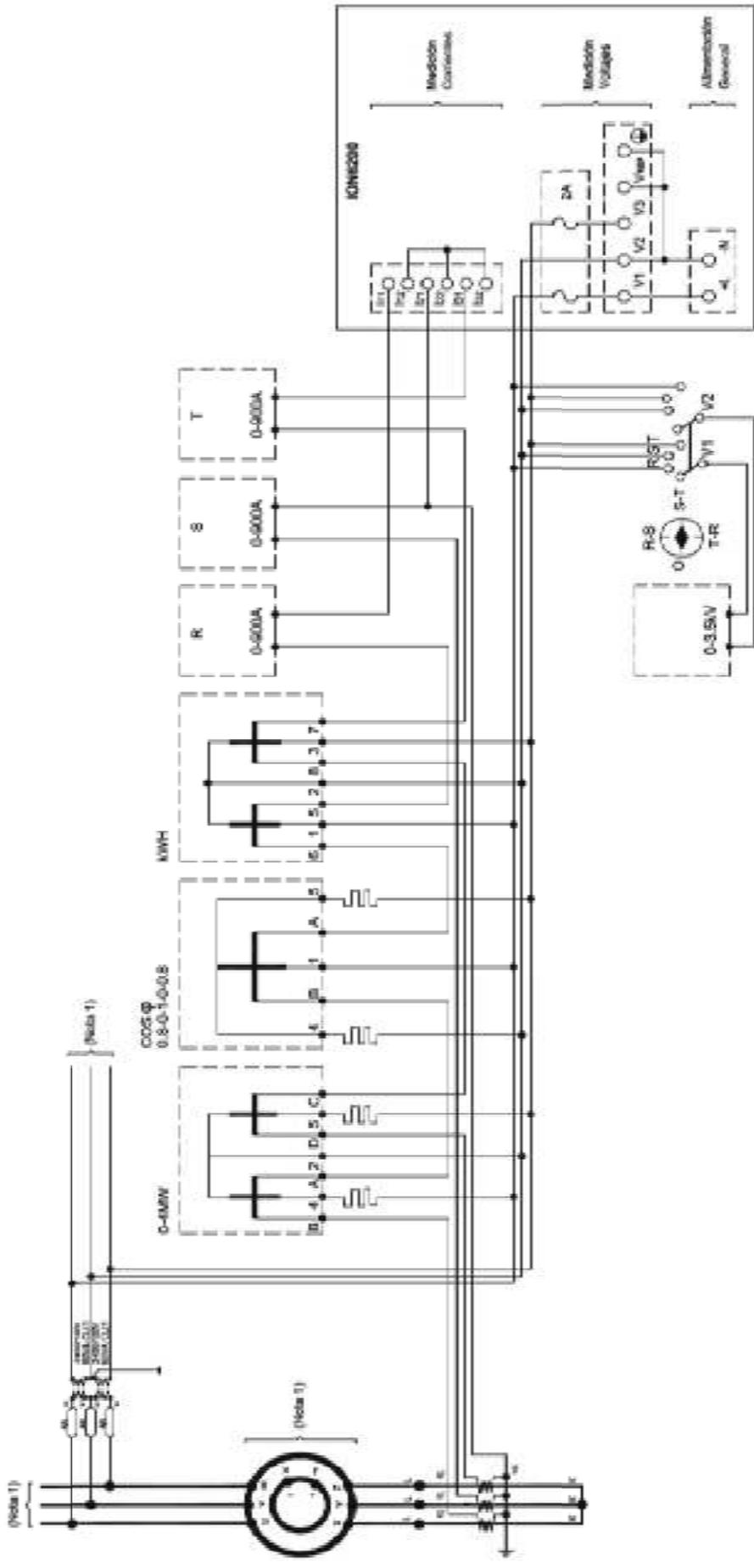
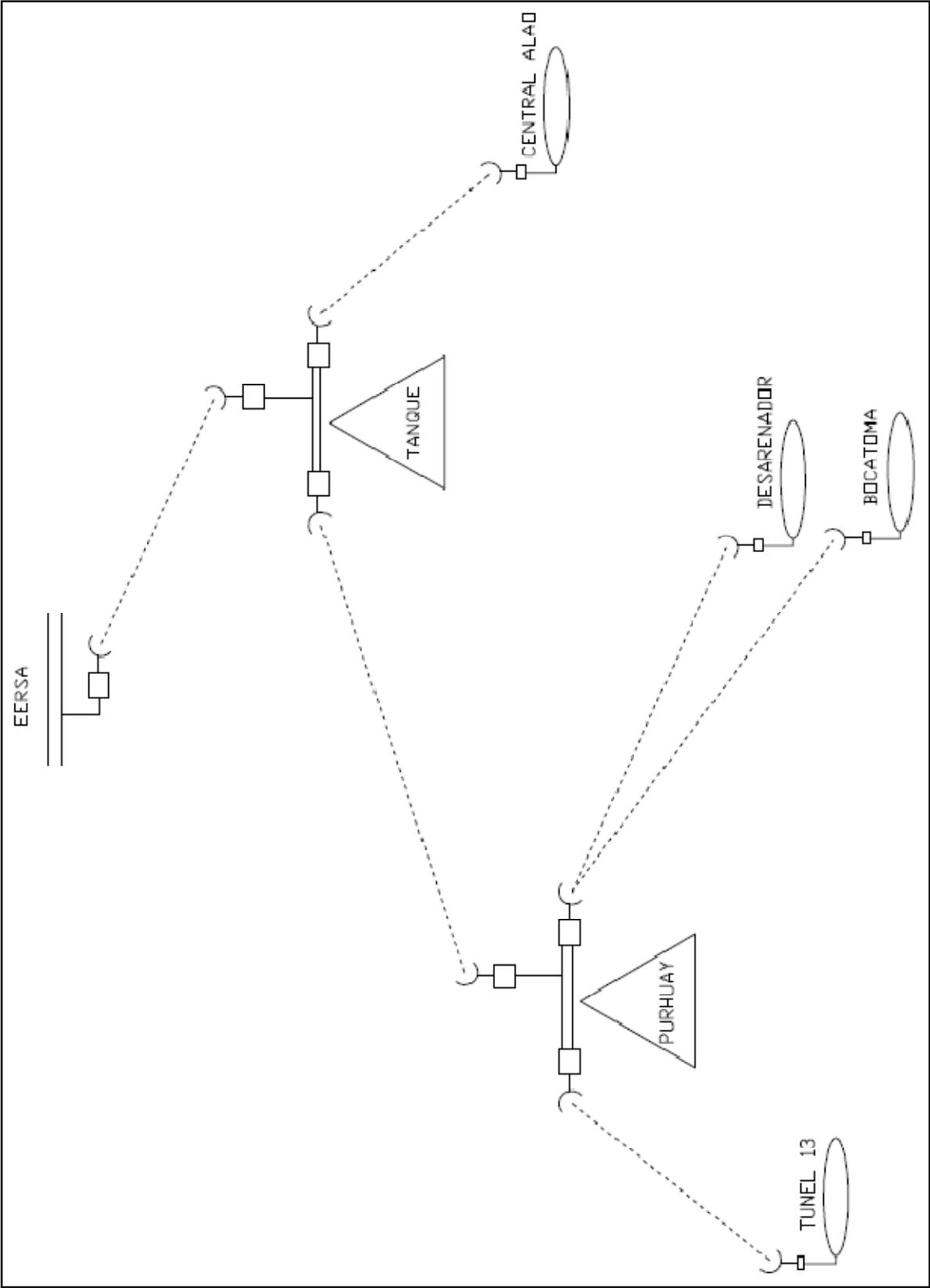


DIAGRAMA DE COMUNICACIONES A TRAVÉS DE RADIOENLACES



ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL ALAD

