



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**“DOCUMENTACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIDRIVE ABB DE LA
MÁQUINA DE PAPEL MP5 DE LA EMPRESA PRODUCTOS
FAMILIA SANCELTA DEL ECUADOR S.A.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

**Ávila Villacís Jorge Xavier
Lascano Peñaloza Marco Daniel**

Latacunga, Agosto 2008

CERTIFICACIÓN

Se certifica, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores: JORGE XAVIER ÁVILA VILLACÍS y MARCO DANIEL LASCANO PEÑALOZA, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación, bajo nuestra supervisión.

Ing. Fausto Tapia M.
DIRECTOR

Ing. Galo Ávila R.
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento, al Ingeniero Ángel Cárdenas, Jefe del Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales de la Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A., quien brindó total apertura para el desarrollo del presente proyecto; y a todo el personal del Departamento Eléctrico por su generosa disposición a solventar inquietudes durante la implementación del sistema.

A la Escuela Politécnica del Ejército por los conocimientos adquiridos en nuestra formación personal, y a los Ingenieros Fausto Tapia y Galo Ávila por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

El presente trabajo que marca el final de mi carrera, lo dedico a mi familia en especial a mi Padre y hermanos. A todas aquellas personas que causalmente fueron aporte y motivación durante la consecución de mi título profesional.

Jorge Xavier

De manera especial a Dios, a mi querida Madrecita Aída Elena por su apoyo y esfuerzo incansable, a mis hermanas Liliana, Tatiana, Marisol y Karina por todo el apoyo brindado en el transcurso y culminación de mi carrera de Ingeniería.

Marco Daniel

La preparación y la constancia son el secreto del éxito...

Hilda Pedraza

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I FUNDAMENTOS

1.1	Descripción del problema.....	1
1.2	Descripción del proceso de la máquina papelera MP5.....	2
1.2.1	Descripción del proceso de la MP5.....	2
1.2.1.1	Historia de las máquinas papeleras y su desarrollo.....	2
1.2.1.2	Elementos que conforman a la MP5.....	5
1.2.1.3	Etapas de la máquina.....	6
1.2.2	Descripción del Sistema Multidrive instalado en la MP5.....	8
1.3	Motores de corriente alterna.....	10
1.3.1	Especificación y Clasificación.....	10
1.3.2	Principios.....	11
1.3.2.1	Campo magnético giratorio.....	11
1.3.3	Motores sincrónicos.....	13
1.3.3.1	Principio de funcionamiento.....	13
1.3.4	Motores de inducción.....	14
1.3.4.1	Símil del motor síncrono y asíncrono.....	15
1.3.4.2	Construcción del motor de inducción.....	15
1.3.4.3	Motor de rotor jaula de ardilla.....	16
1.3.4.4	Motor de rotor devanado.....	17
1.3.4.5	Relación de la velocidad del motor con la frecuencia eléctrica.....	18
1.4	Cargas en motores.....	19
1.4.1	Característica par motor-velocidad de cargas mecánicas.....	19
1.4.2	Característica par-velocidad de motores eléctricos.....	22
1.4.2.1	Motores sincrónicos.....	24
1.4.2.2	Motores asincronos.....	24
1.5	Autómatas programables (PLC'S).....	26

1.5.1	Estructura modular del autómata programable.....	27
1.5.2	Arquitectura.....	28
1.5.2.1	Fuente de alimentación.....	29
1.5.2.2	Unidad de control.....	29
1.5.2.3	Unidad de memoria.....	30
1.5.2.4	Módulo de entradas.....	31
1.5.2.5	Módulo de salidas.....	32
1.5.2.6	Terminal de programación.....	35
1.5.2.7	Periféricos.....	35
1.5.3	Estructura de la memoria del autómata.....	36
1.5.3.1	Área de datos.....	36
1.5.3.2	Área del programa de usuario.....	38
1.5.3.3	Área de configuración y sistema.....	38
1.5.4	Lenguajes de programación de autómatas.....	38
1.5.4.1	Lista de instrucciones.....	39
1.5.4.2	Lenguaje de contactos.....	39
1.5.4.3	Grafcet.....	40
1.5.4.4	Texto estructurado.....	41
1.5.4.5	Diagrama de funciones.....	41
1.5.5	Norma IEC 61131-3.....	42
1.5.5.1	Vista general.....	43
1.5.5.2	Hardware.....	44
1.5.5.3	Lenguajes de programación.....	44
1.5.5.4	Guías de usuario.....	44
1.5.5.5	Comunicación.....	44
1.5.5.6	Programación en lógica difusa.....	45
1.5.5.7	Guías para implementación de lenguajes de programación.....	45
1.6	Variador de frecuencia.....	45
1.6.1	Principio de funcionamiento.....	45
1.6.2	Composición.....	47
1.6.2.1	Rectificador.....	47
1.6.2.2	Circuito Intermedio.....	48

1.6.2.3	Inversor.....	48
1.6.2.4	Control.....	49
1.6.3	Prestaciones.....	51
1.6.3.1	Limitación de corriente.....	51
1.6.3.2	Marcha atrás.....	52
1.6.3.3	Frenado.....	52
1.6.4	Protecciones.....	52
1.6.4.1	Protecciones ante Temperatura.....	52
1.6.4.2	Otras protecciones.....	53
1.7	Panel de operador.....	54
1.7.1	Especificación del panel de operador.....	54
1.7.2	Funciones.....	55
1.7.3	Tipos de paneles.....	55
1.7.3.1	Alfanuméricos.....	56
1.7.3.2	Gráficos.....	56
1.7.4	Software de programación.....	56
1.7.5	Criterios de Selección.....	57
1.8	Fibra óptica.....	58
1.8.1	Composición de las Fibras.....	58
1.8.1.1	Composición.....	58
1.8.1.2	Diámetros Usuales.....	58
1.8.2	Tipos de fibras.....	59
1.8.2.1	Fibra Monomodo.....	59
1.8.2.2	Fibra Multimodo.....	59
1.8.3	Composición del Cable.....	60
1.8.3.1	Cable de estructura holgada.....	60
1.8.3.2	Cable de estructura ajustada.....	61
1.8.3.3	Composición del cable.....	62
1.8.4	Conectores.....	62
1.8.4.1	Tipos de conectores.....	62
1.8.5	Transmisión.....	63
1.8.5.1	Transmisión Básica.....	63

1.8.5.2	Propagación de la luz.....	63
1.8.5.3	Transmisión de luz en una fibra.....	64
1.8.5.4	Pérdidas de potencia óptica.....	66
1.8.6	Ventajas y Desventajas.	67
1.8.6.1	Ventajas.....	67
1.8.6.2	Desventajas.....	69
1.9	Comunicaciones industriales.....	70
1.9.1	La comunicación en la industria.	70
1.9.2	Redes industriales.	71
1.9.2.1	Niveles de comunicación en una red industrial moderna.....	71
1.9.2.2	Tipos de redes industriales.....	72
1.9.3	Redes digitales.....	73
1.9.3.1	Modelo OSI.....	73
1.9.3.2	Técnicas de transmisión.	76
1.9.4	Redes de campo.	79
1.9.4.1	Bus de dispositivos.....	80
1.9.4.2	Bus de proceso.....	86
1.10	Normas industriales en el montaje y diseño de tableros.....	92
1.10.1	Normas de niveles de protección y aislamiento en un cuadro eléctrico.....	92
1.10.1.1	Características constructivas. Índices de protección IP. Según UNE 20024, DIN 40050 y CEI 144.....	93
1.10.1.2	Características de protección IP. Según normas ICE 529, DIN 400050, NF C20-010, UNE 20.324.78.....	94
1.10.1.3	Grados de aislamiento.....	94
1.10.2	Características constructivas del cuadro eléctrico.....	96
1.10.3	Características a considerarse en el diseño del cuadro eléctrico.....	96
1.10.3.1	Dimensiones.....	97
1.10.3.2	Formas.....	97
1.10.3.3	Materiales constructivos.....	98
1.10.3.4	Tipos de puerta y de cierres.....	99
1.10.3.5	Grados de protección.....	99

1.10.3.6	Lugar de emplazamiento.....	103
1.10.3.7	Formas de sujeción.....	103
1.10.3.8	Acondicionamiento interior.....	103
1.10.3.9	Otras características.....	104
1.10.4	Distribución de los elementos en el cuadro.....	104
1.10.5	Cableado del armario.....	106

CAPITULO II ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1	Especificación de requisitos del sistema de aprendizaje.....	107
2.2	Diagramas de bloques.....	109
2.3	Selección de componentes.....	111
2.3.1	Selección de tableros.....	112
2.3.2	Selección del motor eléctrico y encoder.....	113
2.3.3	Selección de las fuentes de alimentación.....	115
2.3.3.1	Fuente de alimentación para la etapa de control.....	115
2.3.3.2	Fuente de alimentación para el inversor.....	116
2.3.4	Selección del variador de frecuencia.....	117
2.3.5	Selección de relés, contactores, fusibles, breaker, interruptores termomagnéticos y resistencia de precarga.....	118
2.3.6	Selección de botoneras y luces piloto.....	123
2.4	Diseño, configuración y puesta en marcha del PLC.....	124
2.4.1	Diseño de la CPU.....	125
2.4.2	Diseño de los módulos de entradas digitales.....	125
2.4.3	Diseño de los módulos de salidas digitales.....	126
2.4.4	Diseño de la fuente de alimentación del PLC.....	127
2.5	Diseño de la pantalla.....	128
2.6	Diseño de los módulos adicionales	128
2.6.1	Diseño del módulo interfaz del encoder.....	129
2.6.2	Diseño del módulo de comunicación DDCS.....	129
2.6.3	Diseño de la tarjeta interfaz DDCS/ISA.....	130

2.6.4	Diseño de la tarjeta terminal de comunicación.....	131
2.6.5	Diseño del convertor de interfaz RS485/RS232.....	131
2.7	Diseño de los tableros de control y potencia.....	132
2.7.1	Disposición de los componentes.....	134
2.7.2	Cableado.....	135
2.7.3	Puesta a tierra.....	136
2.7.4	Circuitos de seguridad.....	136
2.7.5	Alimentación.....	137
2.8	Diseño de los planos eléctricos.....	137
2.9	Diseño del software de control.....	139
2.9.1	Configuración de la comunicación con el panel del operador.....	140
2.9.2	Evaluación de las entradas digitales.....	141
2.9.3	Gestión e identificación de alarmas y habilitaciones.....	141
2.9.4	Acondicionamiento de datos del inversor.....	142
2.9.5	Enlace con el inversor.....	143
2.9.6	Acondicionamiento de datos del panel del operador.....	143
2.9.7	Enlace con el panel del operador.....	143
2.9.8	Accionamientos de salidas digitales.....	144
2.10	Parametrización del variador de frecuencia.....	144
2.11	Diseño de las interfaces HMI.....	147
2.11.1	Página principal.....	149
2.11.2	Página de valores actuales.....	149
2.11.3	Página de accionamientos.....	150
2.11.4	Páginas de diagnóstico.....	151
2.11.5	Página de configuración.....	153
2.11.6	Página de autores.....	154

CAPITULO III RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	Descripción física del Sistema.....	155
3.2	Detalle de la Construcción del Sistema.....	155
3.2.1	Hardware.....	160

3.2.1.1	Cableado de control.....	160
3.2.1.2	Cableado del Inversor.....	162
3.2.2	Software.....	163
3.2.2.1	Software del PLC.....	163
3.2.2.2	Inversor.....	166
3.2.2.3	Software del panel de operador.....	168
3.3	Pruebas experimentales.....	169
3.3.1	Megado.....	169
3.3.2	Parámetros eléctricos del motor.....	169
3.3.3	Parámetros de velocidad.....	170
3.3.4	Ergonomía.....	175
3.4	Análisis de pruebas experimentales.....	176
3.4.1	Parámetros eléctricos del motor.....	176
3.4.2	Parámetros de velocidad.....	176
3.4.3	Instructivos para mantenimiento eléctrico.....	179
3.4.3.1	Sistema Pruebas.....	179
3.4.3.2	Procedimientos en el manejo del software.....	179
3.5	Alcances y Limitaciones.....	179
3.6	Análisis Técnico-Económico.....	181

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	184
4.2	Recomendaciones.....	187

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES	189
-------------------------------------	------------

ANEXOS

- A) Glosario de Términos
- B) Hojas de Especificaciones Técnicas
- C) Planos Eléctricos
- D) Listado del programa de PLC
- E) Manual de operación del Sistema de Pruebas
- F) Manual de Procedimientos de Acciones Correctivas de Programación y Parámetros en el Software de Aplicación

INTRODUCCIÓN

El diseño de sistemas comprende el empleo de varias técnicas y principios con el propósito de controlar, monitorear o supervisar un proceso, con suficientes detalles como para permitir su interpretación y construcción. Uno de los sistemas comúnmente implementados son los sistemas de pruebas que se han convertido en una herramienta de gran importancia en el sector industrial. Un sistema de pruebas busca por lo tanto encontrar un modelo que satisfaga las características de su sistema patrón, con fines didácticos y proporcionando a la vez un criterio concreto del funcionamiento del sistema original. Un sistema de pruebas debe lograr que sus usuarios comprendan las filosofías de control aplicadas a maquinarias y procesos. Este tipo de sistemas a la vez identifica las fortalezas y debilidades del sistema original, midiendo los beneficios operacionales del mismo, ofreciendo a las Empresas mejorar sus áreas técnicas y aplicar soluciones frente a pérdidas. Es importante mencionar que estos sistemas deben ofrecer facilidad en cuanto a su maniobrabilidad y un nivel de seguridad adecuado frente al área en el que se apliquen.

El presente proyecto de grado, se enmarca bajo esta visión y trata de solucionar un problema real de la industria papelera, en el área de molinos de la EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A., motivo por el cual se tomó como objetivo puntual la “Documentación, Diseño e Implementación de un Sistema de Pruebas del Sistema Multidrive ABB de la Máquina de papel MP5”.

El Sistema MultiDrive ABB controla la velocidad de los tendidos y rodillo Yankee de la máquina de papel MP5, es controlado por un PLC ABB específico para este tipo de proceso y a la vez monitoreado por un panel de operador (OP) para la visualización de las variables involucradas en el proceso de elaboración de papel tissue en la máquina antes mencionada.

Para el efecto el presente proyecto se ha dividido en los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta el marco teórico referente a principios, leyes, definiciones y nomenclaturas relacionadas con la máquina de papel MP5 y demás aspectos relacionados con el Sistema Multidrive.

En el capítulo II se detalla el aporte propiamente dicho de los autores, correspondiente a las fases de análisis y diseño, acogiendo la teoría de ingeniería de software, que se caracteriza por la evaluación, ajuste y ampliación. Dado que el Sistema Multidrive ABB, implica el desarrollo de software, ha permitido organizar de mejor manera el proyecto. La parte física se diseña a partir de la plataforma del PLC ABB AC80.

En el capítulo III se detallan los resultados obtenidos y las pruebas experimentales a las que fue sometido el Sistema de Pruebas para ratificar su óptimo funcionamiento y la consecución de los requerimientos planteados por el Departamento de Mantenimiento Eléctrico y de Servicios Especiales.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones recopiladas durante el desarrollo del proyecto, que podrán aportar con trabajos futuros de similares requerimientos

CAPITULO I

FUNDAMENTOS

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A. en busca del mejoramiento continuo, reemplazó el sistema destinado al manejo de los tendidos y rodillo Yankee de la máquina de papel MP5, por un moderno sistema denominado: Multidrive y diseñado por ABB, el mismo que se puso en operación el 27 de Diciembre del 2002.

Este nuevo sistema desde su instalación y puesta en marcha no presentó inconvenientes por lo que el personal del Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales, no tuvo que intervenir justificando así la falta de manipulación en el mismo y por lo tanto el nivel de conocimiento en la parte técnica es básica.

En el 2006 la saturación en una línea de alimentación influyó sobre el sistema Multidrive afectando su normal desempeño deteriorando un puerto de comunicación del OP (Panel del Operador) y módulos de entradas digitales del PLC que maneja dicho sistema. Este hecho requirió la atención inmediata del Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales, lo que comprobó la inexperiencia frente al sistema. Aunque se logró reparar dicho inconveniente surgió una gran preocupación frente a los inconvenientes que se presentaron y pudieren presentarse frente al nivel de conocimiento del Sistema Multidrive ABB.

Frente a este problema la Empresa requiere implementar una herramienta que permita familiarizarse con el sistema ABB; considerando que la MP5 es una máquina de vital importancia, de la cual depende el Área de Conversión¹ y comercialización del producto semielaborado. Además este requerimiento se entiende ya que cualquier intento de manipulación directa sobre el Sistema Multidrive ABB, con fines de aprendizaje, podrían generar tiempos perdidos² y reflejar esto en costos.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA MÁQUINA PAPELERA MP5

1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA MP5

1.2.1.1 Historia de las máquinas papeleras y su desarrollo

La Planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A. se dedica en el Ecuador al procesamiento de papel reciclado y pulpa de madera convirtiéndolo en papel, posteriormente realiza el proceso de conversión del mismo obteniendo un sin número de presentaciones de tissue³. El papel, material en forma de hojas delgadas se fabrica entretejiendo fibras de celulosa vegetal.

La preparación de la madera para la fabricación de papel se efectúa de dos formas diferentes. En el proceso de trituración, los bloques de madera se aprietan contra una muela abrasiva giratoria que va arrancando fibras. Las fibras obtenidas son cortas y sólo se emplean para producir papel prensa barato o para mezclarlas con otro tipo de fibras de madera en la fabricación de papel de alta calidad.

¹ Corresponde físicamente al lugar donde se elabora el producto terminado: papel higiénico y servilletas.

² Tiempo que una máquina no produce lo cual reflejaría pérdidas económicas para la Empresa.

³ Papel suave, papel higiénico.

En los procesos de tipo químico, las astillas de madera se tratan con disolventes que eliminan la materia resinosa y la lignina y dejan fibras puras de celulosa. El proceso químico más antiguo fue introducido en 1851, y emplea una disolución de sosa cáustica (hidróxido de sodio) como disolvente. La madera se cuece o digiere en esta solución en una caldera a presión. Las fibras producidas con este proceso no son muy resistentes, pero se utilizan mezcladas con otras fibras de madera. Un proceso empleado con frecuencia en la actualidad utiliza como disolvente sulfato de sodio o de magnesio.

Hoy, la mayoría del papel se fabrica en máquinas Fourdrinier⁴, similares a la primera máquina eficaz para fabricar papel, desarrollada en los primeros años del siglo XIX. La primera máquina de papel fue inventada en Holanda en 1680.

En 1774 este proceso fue una etapa más lejos al descubrir que las fibras se podían blanquear con cloro. Desde entonces, las fibras coloreadas eran también utilizadas para producir papel blanco. Esto impulsó a nuevas invenciones, incluyendo la de Louis Robert, un vendedor de Didot Freres en Essonnes en Francia en 1799. Un modelo de su máquina de papel puede ser visto en el Museo de la Ciencia de Londres. Aunque el esfuerzo no tuvo éxito, la idea pasó a través de un inglés, John Gamble, a Londres, a los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier que contrataron al ingeniero Bryan Donkin de Donkin&Hall of Dartford. Después de muchos intentos y gastos, una máquina fue desarrollada en Frogmore, Hertfordshire, en 1803. Aunque fue hecha a partir de las ideas de Robert, muchos cambios se hicieron en el diseño, por lo que el crédito es para Donkin. Desafortunadamente los gastos eran demasiado altos, se dice que los Fourdriniers perdieron una fortuna, pero su nombre sigue siendo familiar entre los fabricantes de papel por haber participado en el desarrollo de una máquina cuyos principios están aún vigentes.

⁴ Los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier crearon en 1803 la primera máquina papelera que lleva su nombre.

cilindros calentados a vapor. En 1827 la primera máquina fue exportada. Hacia fines del siglo XIX los métodos de producción de papel usando tecnología de control digital y pulpa de madera fueron desarrollados. Por 1900 una máquina en Alemania producía papel a 150 m/min⁵ y un ancho de casi 3 m. El 2005 la máquina de hacer papel más rápida registrada en Lontar Papyrus, Indonesia, funcionaba a 2110 m/min (126.6 km/h). En promedio la mayoría de las máquinas modernas funcionan a una velocidad de alrededor 1500 metros por minuto.



FIGURA 1.1.- Máquina Papelera MP5

1.2.1.2 Elementos que conforman a la MP5

En la sección de Molinos de la Planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A., se cuenta con dos máquinas papeleras Fourdriniers denominadas MP2 y MP5, esta última es de fabricación holandesa y es en la cual se implementará el sistema de aprendizaje. Esta a la vez se encuentra constituida por una serie de componentes que trabajan en unión y coordinación, y transforma la pasta de

⁵ Unidad de velocidad metros por minuto usado en la industria papeleras.

papel⁶, generada en una etapa anterior denominada PPP5⁷, en bobinas de papel semielaborado que servirá como materia prima para el Área de Conversión de la planta de Familia Sancela del Ecuador y para ser distribuida hacia otras plantas de Productos Familia. Entre estos componentes se pueden mencionar:

Reel.- Es un Rodillo metálico rotatorio de grandes proporciones que permite envolver el papel en bobinas.

Zaranda.- Es un vibrador que realiza la última limpieza del papel, previo a su ingreso a la malla.

Malla, Filtro.- Como su nombre lo indica son mallas que transportan la pasta del papel hasta el Yankee, trayecto en el cual se le retira casi la totalidad del agua y se forma el papel.

Rodillos.- Son los que permiten el cambio de dirección, ajuste de la malla y además ayudan a succionar el agua de la pasta.

Quemador.- Es el que produce el aire caliente el cual permite el secado del papel.

Campana o Capota.- Pieza de metal hueca ubicada sobre el Yankee y que transfiere el vapor resultante de los quemadores hacia él.

Yankee.- Es un cilindro metálico rotatorio mucho más grande que el Reel, que por su interior circula el vapor y por su exterior aire caliente, todo esto con el objetivo

⁶ Sustancia resultante de la mezcla de: pulpa virgen y pulpa de papel reciclado.

⁷ Planta de preparación de pasta 5.

de secar el papel. La diferencia de velocidad entre el Yankee y el Reel establece el crepado⁸ del papel.

Cuchillas.- Tienen como función principal desprender el papel del Yankee después del secado.

1.2.1.3 Etapas de la máquina

Esta máquina elabora papel tissue dándole las características que lo definen gracias a varias etapas consecutivas y simultáneas que son:

- Etapa de formación
- Etapa de succión
- Etapa de secado
- Etapa de enrollamiento

La primera etapa de la máquina (**Etapa de formación**) consiste en inyectar la pasta de papel sobre una malla en movimiento donde gran parte del agua es retirada, obteniéndose así una trama de fibras que forman una hoja continua la cual luego pasará y adherirá al fieltro. Para que esta transferencia se logre se necesita que la velocidad a la cual se mueve la malla y el fieltro, acopladas al movimiento de motores independientes, sean iguales.

⁸ Proceso que genera en la hoja de papel una onda tipo acordeón que le confiere elasticidad, y que mejora su suavidad y su absorción respecto de los papeles lisos.

Cuando el material resultante de la etapa anterior se encuentra en el fieltro se transporta hacia las prensas (**Etapa de succión**) que son rodillos perforados los cuales lo presionan contra un cilindro extrayéndole una gran cantidad de agua.

Después de que la hoja continua cumple con la etapa de succión, necesita adherirse al Yankee para lo cual también se necesita que exista un equilibrio de velocidad con el fieltro. Una vez que el material se encuentra en el Yankee y se pone en contacto con su superficie que se encuentra a una temperatura superior a los 100°C (el Yankee es calentado internamente con vapor a presión) es expuesto a una capa de aire caliente que se encuentra a una temperatura de 500° C suministrada por una campana o capota envolvente que rodea al Yankee. Todo este proceso (**Etapa de Secado**) dura sólo un par de segundos ya que el papel viaja sobre el Yankee a una velocidad cercana a los 1200 m/min.

Finalmente el material resultante de la Etapa de Secado es retirado del Yankee por medio de una cuchilla obteniéndose así láminas de papel tissue que son enrolladas (**Etapa de enrollamiento**) con la ayuda del Reel para producir bobinas de grandes dimensiones (típicamente de 2,5 metros de largo, 1,2 metros de diámetro y 2 toneladas de peso) a la que se le denomina “Bobina semielaborada”. En esta etapa se requiere que exista una diferencia de velocidad entre el Yankee y el Reel para obtener ciertos niveles de crepado en el papel.

1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MULTIDRIVE INSTALADO EN LA MP5

En la sección de producto semielaborado⁹, se cuenta con la máquina de papel cinco “MP5¹⁰”, de fabricación Holandesa con fecha 01 de julio de 1981, la misma que se encuentra en funcionamiento desde el mes de Enero de 1995.

⁹ Bobinas de papel de gran tamaño que sirven de materia prima para el área de conversión.

La MP5 es una máquina de gran tamaño cuyo objetivo o función principal es la de transformar la pasta de papel¹¹ en bobinas de papel de grandes dimensiones. Dicha máquina es controlada por un conjunto de sistemas electromecánicos y electrónicos ubicados en dos cuartos denominados subestación de DC y subestación de AC¹². La MP5 es controlada manualmente desde otro cuarto denominado del operador donde también se monitorean algunas de las variables que inciden en el proceso.

El Sistema Multidrive ABB destinado al manejo de los tendidos y rodillo Yankee de la máquina de papel MP5 es controlado por un PLC ABB de la serie AC 80, cuyo diseño fue orientado a la manipulación de dicho tipo de sistema; en este caso controla a un conjunto de 4 drives de la serie ACS 600.

El Sistema Multidrive controla a tres motores eléctricos de 287,5KW y a uno de 34,5KW acoplados a: Rodillo Yankee, Rodillo de Succión, Rodillo de Formación y Rodillo de Enrollamiento, respectivamente.

¹⁰ Máquina de papel 5.

¹¹ Sustancia resultante de la mezcla de: pulpa virgen de papel y pulpa de papel reciclado.

¹² Cuartos donde se encuentran los elementos de protección y de maniobra para los distintos actuadores de la máquina además del suministro de energía para la misma; toman su nombre de acuerdo al tipo de corriente eléctrica que manejan que son: corriente alterna o corriente continua.



FIGURA 1.2.- Subestación de DC (Sistema Multidrive).

El PLC ABB AC 80 modifica la velocidad de la máquina y ciertas de sus variables así como también maneja sistemas de seguridad, de señalización y de mando del sistema multidrive. La configuración del PLC se encuentra formada de: CPU AC 80, módulos de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, además emplea fibra óptica para desacoplar la etapa de control y de potencia en lo que al manejo de Drives se refiere.

Adicionalmente se comunica mediante un puerto de comunicaciones con una OP (panel de operación) de la marca ABB y de la serie G2000 que posee dos puertos de comunicación el primero que utiliza la interfaz RS485 pudiendo manejar Modbus¹³ o Profibus DP¹⁴ como protocolo y el otro que usa la interfaz RS232 pudiendo manejar Modbus. Dado que el puerto que maneja la interfaz RS485 se deterioró el AC 80 se comunica con la pantalla a través del otro puerto ya descrito.

¹³ Red Industrial de Comunicación.

¹⁴ Red Industrial de Comunicación.

En el cuarto del operador existe un tablero de botoneras que permite interactuar con los distintos actuadores de la máquina, es decir se puede arrancar o detener las funciones de la MP5 desde el mismo. En el cuarto antes mencionado también se encuentra residente la GOP¹⁵ donde existe la posibilidad de transferir el control mediante un selector para que la GOP también tenga la posibilidad de arrancar y detener la máquina. Además la GOP despliega alarmas en tiempo real y supervisa ciertas variables como por ejemplo la velocidad de la máquina. La pantalla tiene la potencialidad de desplegar una mezcla de gráficos y caracteres lo cual permite hacer amigable la interfaz con el usuario y/u operador.

1.3 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

1.3.1 ESPECIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los motores de corriente alterna (AC) son máquinas eléctricas que convierten energía eléctrica de AC en energía mecánica. Hay dos clases principales de motores de corriente alterna y son:

- Motores sincrónicos
- Motores de inducción.

Los motores sincrónicos son aquellos cuya corriente de campo la suministra una fuente externa de potencia de corriente continua (CC), mientras que en los motores de inducción la corriente de campo se suministra mediante inducción

¹⁵ Graphical Operator Panel (Panel gráfico del operador)

magnética dentro de sus bobinados de campo. Las máquinas de AC difieren de las de CC en que los bobinados del inducido están siempre localizados en el estator mientras que los bobinados de campo están localizados en el rotor.

El campo magnético giratorio originado en los bobinados de campo de una máquina de AC induce un sistema trifásico de voltajes de AC en los bobinados del inducido localizados en el estator. A la inversa, un conjunto trifásico de corrientes en los bobinados del inducido en el estator produce un campo magnético giratorio que interactúa con el campo magnético del rotor, produciendo un momento de torsión en la máquina. Estos dos efectos son la versión de la máquina de AC de la acción como generador y de la acción como motor, y deben comprenderse cabalmente en cualquier estudio de las máquinas de AC.

1.3.2 PRINCIPIOS

1.3.2.1 Campo magnético giratorio

Un principio básico del funcionamiento de las máquinas de AC consiste en que si un sistema trifásico de corrientes, todas de igual magnitud y desfasadas 120° , fluye en un embobinado trifásico, se producirá un campo magnético giratorio de magnitud constante. El bobinado trifásico consta de tres bobinados separados que se hallan espaciados 120 grados eléctricos.

El concepto de campo magnético giratorio se ilustra, en el caso más sencillo, mediante un estator vacío que contiene tres bobinas, separadas 120° (figura 1.3). Ya que tal embobinado produce solamente un polo magnético norte y uno sur, es un embobinado bipolar.

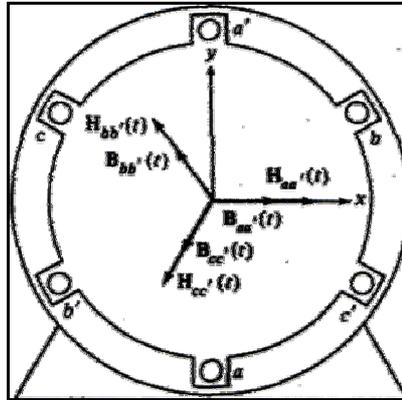


FIGURA 1.3.- Vector de la intensidad magnetizante $H_{aa'}(t)$ producida por una corriente que fluye en la bobina aa'

Para comprender el concepto de campo magnético giratorio, aplicaremos un sistema de corrientes al estator de la figura 1.3 para ver qué ocurre en determinados instantes de tiempo. Suponemos que las corrientes en las tres bobinas están dadas por las ecuaciones.

$$i_{aa'}(t) = I_M \text{ sen } \omega t \quad [\text{A}] \quad (1.1)$$

$$i_{bb'}(t) = I_M \text{ sen } (\omega t - 120^\circ) \quad [\text{A}] \quad (1.2)$$

$$i_{cc'}(t) = I_M \text{ sen } (\omega t - 240^\circ) \quad [\text{A}] \quad (1.3)$$

La corriente en la bobina aa' fluye hacia el extremo a de la bobina y sale por el extremo a' de la misma. Esto produce un campo magnético definido por:

$$H_{cc'}(t) = H_M \text{ sen } \omega t < 0^\circ \quad [\text{A} \times \text{vueltas/m}] \quad (1.4)$$

Donde 0° es el ángulo espacial del vector de intensidad del campo magnético. La dirección del vector de intensidad del campo magnético $H_{cc'}(t)$ está dada por la llamada regla de la mano derecha: si los dedos de la mano derecha giran en la dirección del flujo de corriente en la bobina, entonces el campo magnético resultante está en la dirección que apunta el pulgar.

1.3.3 MOTORES SINCRÓNICOS

1.3.3.1 Principio de funcionamiento

Los motores sincrónicos son máquinas sincrónicas que se usan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica. Para entender el concepto básico de un motor sincrónico, véase la figura 1.4 que muestra un motor sincrónico de dos polos. La corriente de campo I_f del motor, produce un campo magnético B_R de estado estable. Un sistema de voltajes trifásico se aplica al estator de la máquina, el cual producirá un flujo de corriente trifásica en los embobinados.

Un sistema de corrientes trifásicas en un embobinado de inducido produce un campo magnético rotatorio uniforme B_s . Por tanto, hay dos campos magnéticos en la máquina y el campo del rotor tenderá a alinearse con el campo del estator, tal como dos barras imanadas tratarán de alinearse si se encuentran una cerca de la otra. Puesto que el campo magnético del estator está girando, el campo magnético del rotor (y el rotor mismo) constantemente tratarán de alcanzarlo. Cuanto más grande el ángulo entre los dos campos magnéticos (hasta un cierto máximo), mayor el momento de torsión sobre el rotor de la máquina. El principio básico del funcionamiento de un motor sincrónico es que el rotor de la máquina "cace" al campo magnético giratorio del estator alrededor de un círculo, sin que lo llegue a alcanzar.

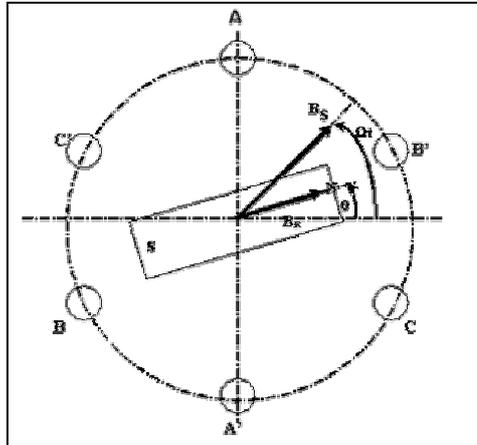


FIGURA 1.4.- Motor síncrono de dos polos.

1.3.4 MOTORES DE INDUCCIÓN

Una máquina que sólo tiene bobinados amortiguadores se denomina máquina de inducción. Tales máquinas se llaman así porque el voltaje del rotor (que produce tanto la corriente como el campo magnético del rotor) es inducido en el embobinado del rotor, en lugar de conectarse físicamente por medio de conductores. La característica que distingue un motor de inducción es que no se necesita corriente de campo de CC para poner a funcionar la máquina. Aunque es posible usar una máquina de inducción bien como motor o bien como generador, tiene muchas desventajas como generador y por ello se usan raramente como tales. Por esta razón, generalmente se hace referencia a las máquinas de inducción como motores de inducción.

1.3.4.1 Símil del motor síncrono y asíncrono

Tomando como referencia al motor síncrono, si se hace girar un imán en forma de U a la velocidad n_s alrededor de una aguja imantada, esta girará a una velocidad $n_1 = n_s$.

En cambio para emular al motor asíncrono se puede hacer girar un imán en forma de U a la velocidad n_s alrededor de una aguja imantada, obteniendo como resultado que esta girará a una velocidad $n_1 < n_s$.

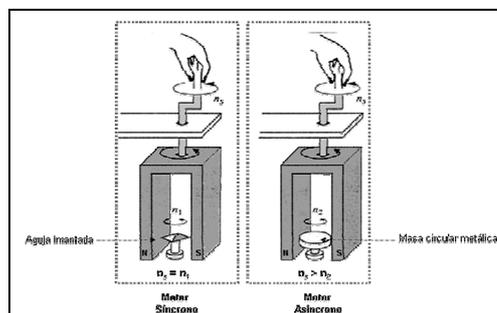


FIGURA 1.5.- Rotor de jaula de ardilla.

1.3.4.2 Construcción del motor de inducción

Un motor de inducción tiene físicamente el mismo estator que una máquina sincrónica, con diferente construcción de rotor. A continuación se muestran las partes constructivas de un motor de inducción que es también conocido como asíncrono.

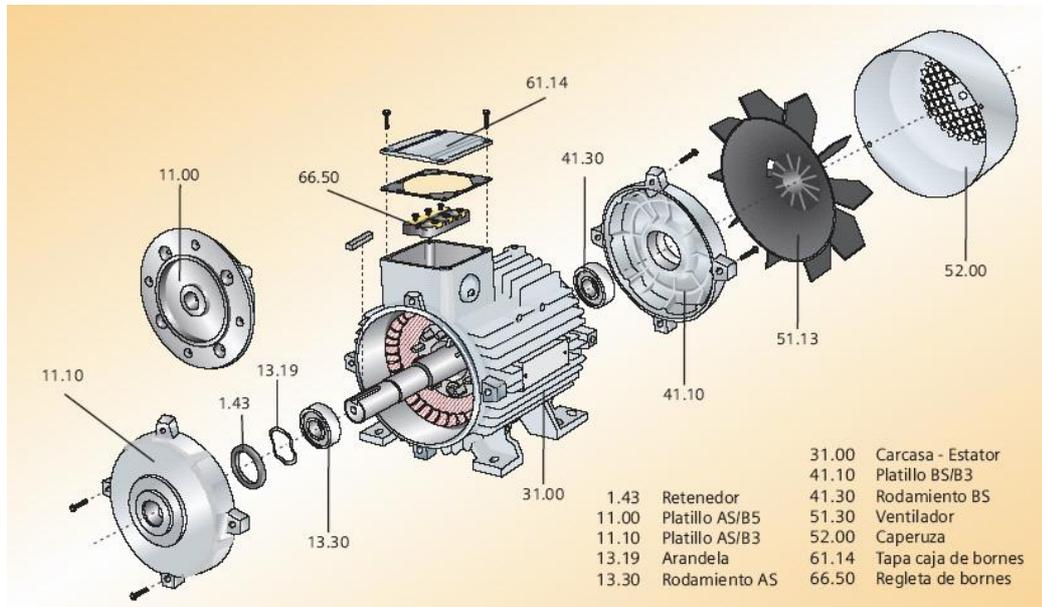


FIGURA 1.6.- Despiece de un motor de inducción.

Hay dos tipos diferentes de rotores de motor de inducción, que se pueden colocar dentro del estator. A uno se le llama rotor de jaula de ardilla o simplemente rotor de jaula, mientras que el otro se llama rotor devanado.

1.3.4.3 Motor de rotor jaula de ardilla

Las figura 1.7 muestra rotores de motor de inducción de jaula de ardilla. Un rotor de este tipo, consiste en una serie de barras conductoras, colocadas en ranuras talladas en la cara del rotor y con sus extremos puestos en corto, por medio de anillos de cortocircuito lo que no permite el acceso al mismo externamente.

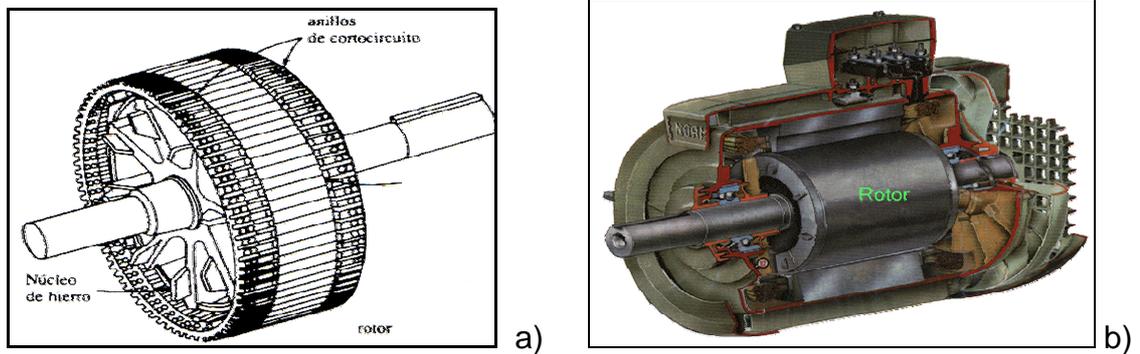


FIGURA 1.7.- a) Rotor de jaula de ardilla; b) Corte de un motor jaula de ardilla.

1.3.4.4 Motor de rotor devanado

El rotor devanado, tiene un juego completo de bobinados trifásicos que son la imagen reflejada de los bobinados del estator. Las tres fases de los bobinados del rotor, están conectados generalmente en Y y los extremos de los tres conductores del rotor están conectados a los anillos de rozamiento sobre el eje del rotor. Los bobinados del rotor están colocados en cortocircuito por medio de escobillas montadas sobre los anillos de rozamiento. Los rotores devanados de los motores de inducción, tienen, por lo tanto, sus corrientes del rotor con acceso por las escobillas del estator, donde pueden examinarse y donde se puede insertar una resistencia extra en el circuito del rotor. Es posible aprovechar estos rasgos especiales, para modificar la característica momento de torsión-velocidad, del motor. Una imagen completa de este tipo de motor se muestra en la figura 1.8.

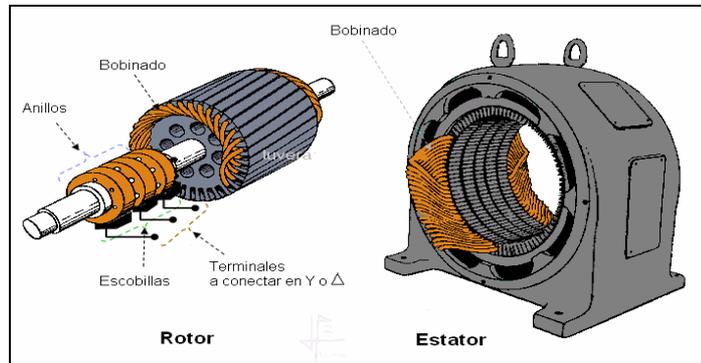


FIGURA 1.8.- Rotor y estator de un motor de inducción de rotor devanado.

1.3.4.5 Relación de la velocidad del motor con la frecuencia eléctrica

Cuando un sistema de voltajes trifásicos se aplica al estator entonces un conjunto de corrientes trifásicas del estator circula en sus bobinados. Estas corrientes producen un campo magnético B_s , el cual gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj. La velocidad de rotación del campo magnético se expresa por:

$$n_{\text{sin } c} = \frac{120f_e}{P} \quad (1.5)$$

En donde f_e es la frecuencia del sistema en hertzios y P es el número de polos de la máquina.

Este campo magnético rotatorio B_s , pasa sobre las barras del rotor y les induce un voltaje. El voltaje inducido en una barra de rotor dada se obtiene por medio de la ecuación

$$E_{ind} = (v \otimes B) \cdot l \quad (1.6)$$

Donde: B = densidad de flujo magnético del estator

v = velocidad de las barras del rotor con relación al campo magnético

l = longitud de la barra del rotor

1.4 CARGAS EN MOTORES

1.4.1 Característica par motor-velocidad de cargas mecánicas

Para un sistema dotado de movimiento de rotación hay que tener en cuenta la siguiente relación:

$$P = C * \omega \quad (1.7)$$

Donde: P = Potencia desarrollada

C = Par motor¹⁶ desarrollado

ω = Velocidad angular del movimiento

¹⁶ Muchas veces llamado <<torque>, lo que es un anglicismo.

Decir que la carga mecánica¹⁷ requiere una determinada potencia P es equivalente a afirmar que tal carga necesita de un par dado C a una velocidad dada de rotación.

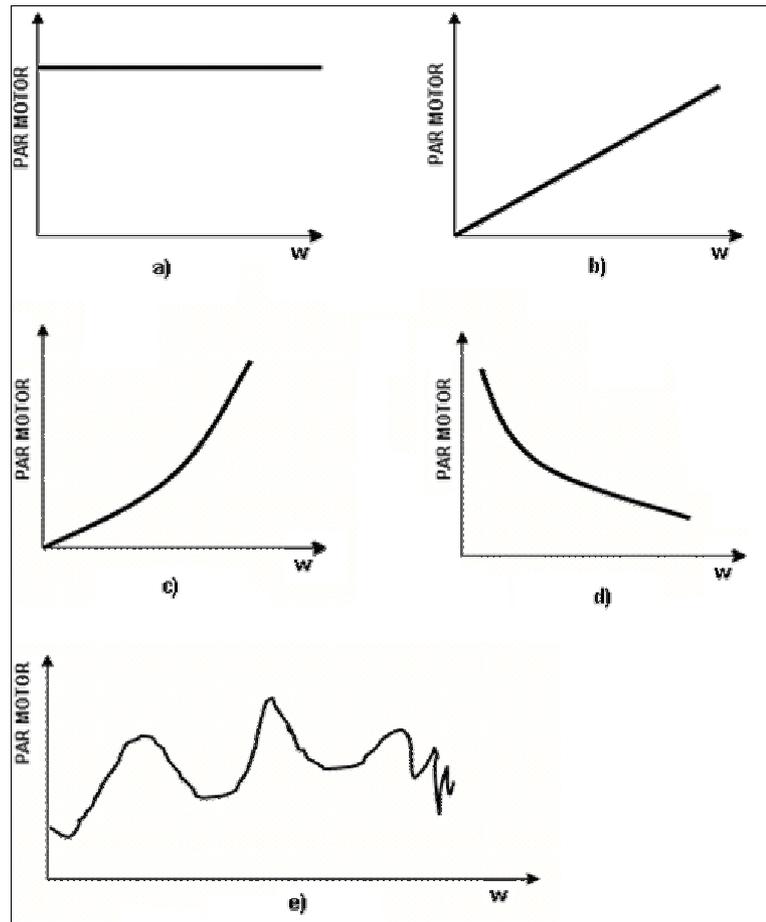


Figura 1.9.- Curva par motor en función de ω .

Matemáticamente existen infinitas combinaciones de C y ω de modo que den el mismo valor de P , físicamente, sin embargo, una carga mecánica específica asocia a un único par (C, ω) la carga de la potencia P .

¹⁷ Equipamiento físico que está siendo accionado; en la MP5 serían: Yankee, Reel, Malla y Filtro.

La curva en C, en función de ω expuesta en la figura 1.9, muestra tal dependencia, y es una característica fundamental para el proceso de selección del motor adecuado al accionamiento, con vistas a un funcionamiento estable, económico y satisfactorio. En función de sus características de par – velocidad, se pueden dividir las cargas mecánicas en seis grandes grupos:

- 1) Par constante, prácticamente independiente de la rotación. Ejemplos: grúas, cabrestantes, guindastes, transportadores de correas bajo carga constante. Fig. 1.9 a).
- 2) Par que varía lealmente con la rotación. Ejemplos: Molinos de rodillos, bombas de pistón, cepillos y sierras para madera. Fig. 1.9 b).
- 3) Par que varía con el cuadrado de la velocidad de rotación (variación parabólica). Ejemplos: ventiladores, mezcladoras, centrifugadoras, bombas centrífugas, bombas de vacío, compresores. Fig. 1.9 c).
- 4) Par que varía inversamente con la rotación, resultando potencia constante. Ejemplos: máquinas – herramientas como: fresadoras y mandrinadoras. Fig. 1.9 d).
- 5) Par que varía de forma no uniforme con la rotación, no siendo suficientemente exactas las aproximaciones por funciones matemáticas. Ejemplos: un horno rotativo de altas presiones. Fig. 1.9 e).

6) Cargas que no solicitan pares (volantes). El propósito del volante es liberar partes de la energía cinética en él almacenada para los picos de demanda de energía por parte de la máquina accionada. El motor accionado debe, por lo tanto, dejar de actuar, esto es, de transferir energía, en condiciones de altos pares, pero teniendo la misión de restaurar el volante su velocidad original, lo cual se lleva a cabo entre los picos de carga. Las prensas de perforación o de estampado profundo, no hidráulicas, constituyen ejemplos de cargas que utilizan volantes según este principio.

Hay que tener en cuenta que los casos presentados constituyen una aproximación a las condiciones reales; por ejemplo, la existencia de una fricción estática no puede ser omitida en la gran mayoría de las máquinas, lo que lleva, en los casos (1) a (3), a la aparición de un valor más alto de par resistente para $w=0$ (caso 1), y $C \neq 0$ para $w=0$ (casos 2 y 3). En los casos (2) y (3), es usual que el par parta de un cierto valor cayendo en la gama inicial de velocidad angular, volviendo a subir en seguida, tomando su evolución típica respectiva. En el caso (4), evidentemente para $w=0$, el par no es infinito, pero tiende a un valor finito relativamente alto, de la misma forma que ocurre para altas velocidades. En el caso (6) se puede decir que hay una situación análoga al caso (1), sólo que con valores de par resistente extremadamente bajos.

1.4.2 Característica par-velocidad de motores eléctricos

Es la curva que muestra la dependencia entre el par desarrollado por un motor eléctrico y su velocidad angular; en general, el comportamiento de esta curva característica de los motores eléctricos es distinto del de las cargas, pues, al revés de las cargas adicionales, los motores eléctricos tienden a presentar un decrecimiento del par motor para velocidades crecientes.

Se define como «regulación de velocidad» de un motor eléctrico, que proporciona a la carga mecánica un valor dado de potencia, la relación:

$$R \equiv \frac{n_0 - n}{n} \quad (1.8)$$

Donde: R: regulación de velocidad

$n_0 \equiv \frac{W_0}{2\pi}$: es la rotación del motor eléctrico en vacío

$n \equiv \frac{W}{2\pi}$: es la velocidad del motor accionando la carga

La regulación de la velocidad es un parámetro para la caracterización de los distintos tipos de motores eléctricos, en función de los valores asumidos (por la regulación de velocidad) para cada velocidad, como se puede deducir de los tipos de motores que se presentan en la figura 1.10.

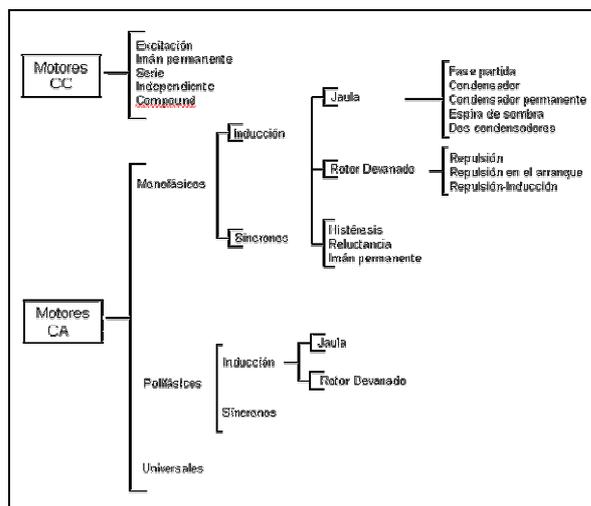


FIGURA 1.10.- Árbol Genealógico de los motores eléctricos.

1.4.2.1 Motores síncronos

Son motores en los que la velocidad es absolutamente constante sincrónicamente con la frecuencia de la red de alimentación e independientemente de la potencia que lo solicita (figura 1.11).

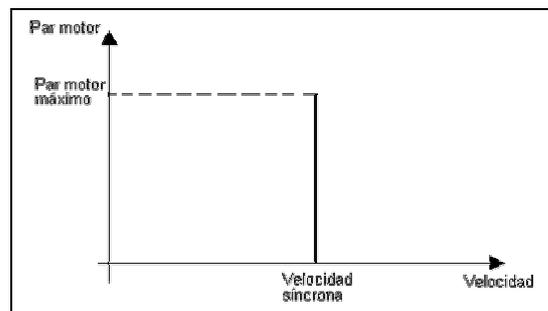


FIGURA 1.11.- Curva característica de un motor síncrono.

Analizando desde el punto de vista del accionamiento, se puede decir que, fijada la frecuencia de la red, el motor sincrónico acciona una carga dada en la rotación síncrona, o no la acciona. La utilización de motores sincrónicos está más vinculada al ajuste del factor de potencia de la red donde se está instalando el motor que a los casos en que es necesaria una regulación nula de la velocidad, en función de los requisitos de operación de la máquina accionada.

1.4.2.2 Motores asíncronos

Más frecuentemente denominados de inducción, son motores cuyo par disponible disminuye en la medida en que la velocidad aumenta, a partir de una cierta velocidad. La figura 1.12 presenta una curva típica con indicación de los valores relevantes.

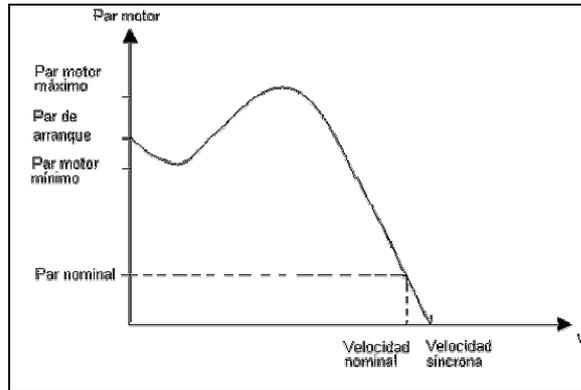


FIGURA 1.12.- Curva par-velocidad para motores de inducción de rotor de jaula.

En el caso de motores de inducción con rotor devanado, el formato de la curva par-velocidad puede ser alterado por la inserción de una resistencia externa en el arrollamiento rotórico; en la medida en que la resistencia intercalada crece, la velocidad angular con que se desarrolla el par máximo se hace menor sin que éste se altere significativamente, hasta que el par máximo pasa a producirse en la condición de arranque(velocidad angular nula), a partir de donde, por la inserción de mayor resistencia en el rotor, hay un decrecimiento en el par de arranque (figura 1.13).

Es usual la introducción del concepto <<par básico>> o en p.u. (por unidad), para expresar los diversos valores de par del motor como porcentajes de este par básico. Se define como par básico la relación entre la potencia nominal y la velocidad sincrónica; en el caso del motor de inducción, por lo tanto, un valor numérico consecuente de una situación físicamente imposible, pues este tipo de motor, en realidad, no desarrolla par a la velocidad angular sincrónica.

$$C_b \equiv \frac{\text{potencia nominal}}{\text{velocidad angular sincrónica}} \quad (1.9)$$

Para máquinas de inducción se utiliza además el concepto de «deslizamiento» en una velocidad i , siendo:

$$S_i \equiv \frac{\text{velocidad síncrona} - \text{velocidad } i}{\text{velocidad síncrona}} \quad (1.10)$$

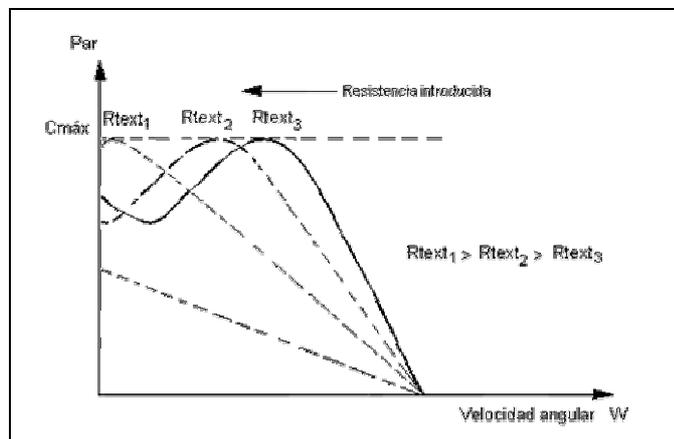


FIGURA 1.13.- Curva par-velocidad para motores de inducción de rotor devanado, para diferentes valores de resistencias externas introducidas.

1.5 AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC'S)

Un autómata programable o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

1.5.1 Estructura

El elemento central de los autómatas programables es la Unidad Central de Proceso. En la unidad central del autómatas se encuentran el procesador o procesadores, las memorias RAM, ROM y también la memoria de seguridad que se graba eléctricamente. El autómatas programable se organiza alrededor de la unidad central y la comunicación con los módulos se establece mediante un bus interno. La configuración física de un autómatas se puede presentar en tres formas principales:

- Autómatas compactos
- Autómatas semimodulares
- Autómatas modulares

Los autómatas de gama baja o nanoautómatas suelen tener una estructura compacta. Incorporan en la unidad central los módulos de entrada-salida e incluso el acoplador de comunicaciones. Su potencia de proceso suele ser muy limitada, dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

Los autómatas semimodulares se dedican a automatizaciones de gama media. Están limitados en sus posibilidades de ampliación y en su potencia de proceso, aunque son superiores a los compactos.

En cambio las posibilidades que ofrecen los autómatas modulares son infinitas (figura 1.14), ya que evolucionan día a día y permiten abordar cualquier tipo de automatización.

Esta organización modular permite una gran flexibilidad de configuración para las necesidades del usuario, así como un diagnóstico y un mantenimiento fáciles. Si algún módulo falla, puede ser rápidamente sustituido.



FIGURA 1.14.- Autómata programable modular

1.5.2 ARQUITECTURA

Los Autómatas programables en su parte de hardware se constituyen de:

- Fuente de alimentación
- Unidad control
- Unidad de memoria
- Módulos de entradas
- Módulos de salidas
- Terminal de programación
- Periféricos

1.5.2.1 Fuente de alimentación

Es la encargada de convertir la tensión de la red a baja tensión de DC, normalmente 24VDC. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forman el autómata.

1.5.2.2 Unidad de control

La unidad de control, también llamada CPU (unidad central de proceso) es la parte inteligente del autómata. Su función es ejecutar las instrucciones del programa. También se encarga de las comunicaciones con los equipos de programación y de la gestión de los estados de error.

Su elemento base es el microprocesador. La capacidad de cálculo y la velocidad de procesamiento dependen del número y tipo de procesadores que tenga. La mayor parte de los autómatas tienen una CPU con un solo procesador pero cada vez hay más que tienen las funciones descentralizadas entre diversos procesadores a menudo diferentes. Contiene las siguientes partes:

- Unidad central de proceso.
- Temporizadores y Contadores.
- Memoria de programas
- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada
- Memoria de salida
- Periféricos

1.5.2.3 Unidad de memoria

Los autómatas pueden tener una asignación de memoria fija, es decir, que la parte destinada a programa y la parte destinada a datos de tipo volátil (incluso el número de temporizadores, contadores) viene fijada de fábrica o con asignación dinámica de la memoria de forma que a medida que se va haciendo el programa se asigna a cada necesidad la parte requerida. Hay dos tipos básicos de memoria.

a) Memoria de datos RAM

La memoria RAM (Memoria de acceso aleatorio) son volátiles se pueden leer, escribir y borrar fácilmente por el propio programa. En esta memoria de datos se copia los operandos y/o el resultado de las instrucciones, así como ciertas configuraciones del PLC. Tienen el inconveniente de que pierden la información grabada cuando se desconecta la alimentación. El microprocesador del PLC utiliza esta memoria para escribir los datos y recurre a ella para leer el programa. La memoria RAM no necesita borrar los datos que contiene, se puede escribir directamente los nuevos datos sobre los que ya tiene grabados.

b) Memoria de programas ROM

La memoria ROM (Memoria de solo lectura) es una memoria que se programa en el momento de fabricación y que puede ser leída pero no escrita ni borrada. En esta memoria no volátil reside el programa y el sistema operativo del PLC, más conocido como firmware¹⁸. Tecnológicamente los PLCs están implementando esta

¹⁸ **Firmware** o *Programación en Firme*, es un bloque de instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria tipo [ROM](#), que establece la lógica de más bajo nivel que controla los [circuitos electrónicos](#) de un dispositivo de cualquier tipo.

área, a través de memorias EEPROM o tipo FLASH. También existen unos pequeños módulos de memoria, llamados memory card¹⁹, que son de tipo Flash, garantizando la permanencia fija de su contenido y la facilidad de reprogramación.

Este tipo de memoria tiene la particularidad de que mantiene la información aunque no esté alimentada. En este módulo, reside el programa que va a ejecutar el PLC. Previo a la ejecución del programa, la CPU realiza una copia del programa en la memoria RAM.

1.5.2.4 Módulos de Entradas

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores, etc.). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación residente. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores que se conectan comúnmente al módulo de entradas del PLC: los captadores pasivos y los captadores activos.

Los captadores pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

Los captadores activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos).

¹⁹ Tarjeta de memoria. Son dispositivos de [almacenamiento de datos](#) que permiten conseguir un medio de almacenamiento pequeño, rápido y resistente.

Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómeta. Existen dos tipos de módulos de entradas que dependen de la naturaleza de la señal que van a tratar y son:

- Módulos de entradas digitales.- Estos módulos permiten conectar a los autómetas captadores de tipo todo o nada. Cada ciclo de autómeta, la unidad central lee los bits de los módulos y vuelca su valor en la memoria imagen de las entradas del autómeta conocidas como entradas digitales. Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0. Los módulos de entradas digitales se caracterizan por el nivel de tensión que interpretan como "uno". Los niveles de tensión estándar son 24 VDC, 110 VCA, 220 VCA.
- Módulos de entradas análogas.- Permiten que los autómetas trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico de tensión o de intensidad. Estos módulos son la interfaz para que el autómeta pueda controlar procesos continuos como son temperatura, presión, caudal. Los rangos más comunes de señal que ofrecen son: ± 10 V, 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA.

1.5.2.5 Módulos de Salidas

El módulo de salidas del autómeta es el encargado de controlar la activación y desactivación de los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, válvulas, etc). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, envía

órdenes al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas.

- Un módulo de salidas digitales permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan órdenes del tipo todo o nada, periódicamente el autómata escribe el valor en la memoria imagen de las salidas digitales en estos módulos. En los módulos estáticos el elemento que conmuta es un componente electrónico como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.
- Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o en intensidad. Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico, como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, reguladores de caudal, permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

Existen tres tipos de módulos de acuerdo al dispositivo que usan para la conmutación que son:

- A relés.- Son usados en circuitos de corriente continua y alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto. Fig. 1.15.

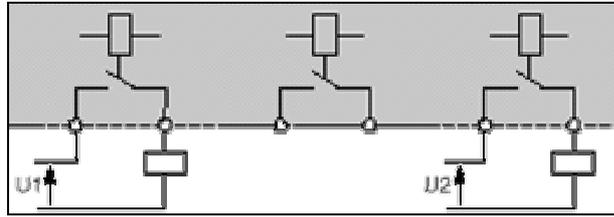


FIGURA 1.15.- Módulo de salidas que usa relés para la conmutación.

- A triac's.- Se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesiten maniobras de conmutación muy rápidas. Fig. 1.16.

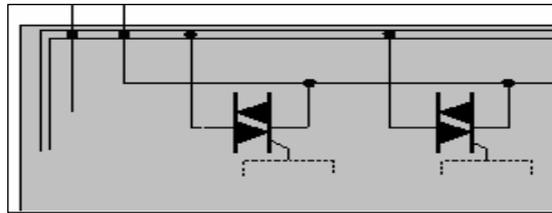


FIGURA 1.16.- Módulo de salidas que usa triac's para la conmutación.

- A transistores.- El uso del este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua. Igualmente que en los de Triacs, es utilizado en circuitos que necesiten maniobras de conexión/desconexión muy rápidas. Fig. 1.17.

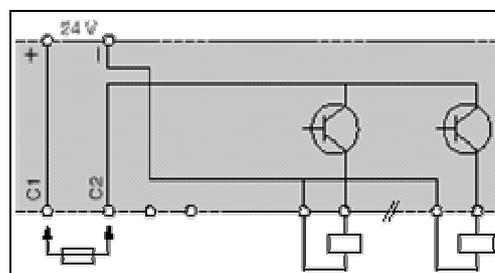


FIGURA 1.17.- Módulo de salidas que usan transistores para la conmutación.

1.5.2.6 Terminal de programación.

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas
- Verificación de la programación
- Información del funcionamiento de los procesos

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

1.5.2.7 Periféricos

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario (figura 1.18). Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes
- Impresoras
- Cartuchos de memoria EEPROM
- Visualizadores y paneles de operación (OP)

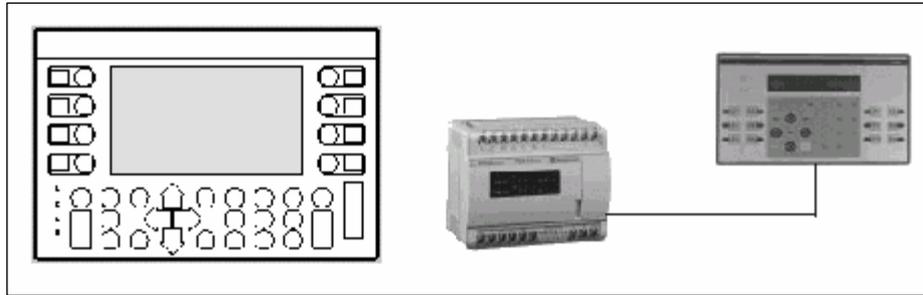


FIGURA 1.18.- Periféricos de un autómata.

1.5.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA DEL AUTÓMATA

La memoria del autómata se divide en diferentes áreas:

- Área de datos
- Área de programa
- Área de configuración y de sistema

1.5.3.1 Área de datos

Esta área reúne los objetos vinculados a los datos de la configuración software.

- Bits y Bits E/S:

- Bits de memoria.- Objetos de tipo binario, para almacenar estados o informaciones de tipo todo o nada.
 - Bits de sistema.- Objetos de tipo binario, realizan funciones especiales, relacionadas con el sistema operativo del autómata, con fallos, gestión de arranques en frío y arranques en caliente.
 - Bits de entradas/salidas.- Objetos de tipo binario, asociados a los módulos de entradas-salidas configurados en el autómata.
- Palabras:
- Palabras.- Objetos de tipo palabra de 16 bits. Utilizados para almacenar estados o informaciones de tipo numérico. Permiten su lectura y escritura desde el programa del usuario.
 - Palabras sistema.- Objetos de tipo palabra de 16 bits, realizan funciones especiales, relacionadas con el sistema operativo del autómata, con fallos, gestión de arranques en frío y arranques en caliente.
 - Palabras asociadas a los bloques funcionales. Objetos de tipo palabra de 16 bits
- Constantes.- Son palabras de 16 bits que solamente se pueden leer desde el programa de aplicación. La introducción de sus valores se realiza desde el software de programación.
- Datos de E/S.- Datos vinculados a la gestión de los módulos E/S y de las palabras.

1.5.3.2 Área del Programa de Usuario

- Código ejecutable.- Contiene el código del programa de aplicación.
- Comentarios e información gráfica.- Comentarios añadidos al programa. No se debe abusar, dado que ocupan memoria del autómata.

1.5.3.3 Área de configuración y de sistema

En esta área se almacenan los datos de configuración y de estructura de la aplicación, así como la memoria utilizada por el sistema operativo del autómata en operaciones.

- Configuración.- Configuración hardware del autómata con los módulos de E/S configurados. Configuración software de temporizadores, registros, contadores, bloques funcionales predefinidos.
- Sistema.- Pila de tareas, catálogos, datos utilizados para ejecución del programa.

1.5.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS

Junto con la evolución hardware de los autómatas se ha producido una evolución paralela de sus sistemas de programación. Los lenguajes desarrollados son los mostrados a continuación:

1.5.4.1 Lista de instrucciones

El lenguaje de lista de instrucciones (figura 1.19) se puede considerar una herencia de la arcaica programación en ensamblador a la que se le añadieron paulatinamente instrucciones de lectura de entradas y escritura de salidas digitales, instrucciones de manejo de bloques funcionales. La lista de instrucciones (IL o AWL) es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Solo se permite programar una operación en cada línea. Este lenguaje es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación.

000	LD	%I0.1	Bp. inicio ciclo
	AND	%I0.0	Dp. presencia vehículo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%I0.5	Fc. alto rodillo
	AND	%I0.4	Fc. detrás pórtico
005	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%I0.5	
	OR	%I0.2	Bp. parada ciclo
	R	%M0	
010	LD	%M0	
	ST	%Q0.0	Piloto ciclo

FIGURA 1.19.- Programación en lista de instrucciones

1.5.4.2 Lenguaje de contactos

El lenguaje de contactos imita el funcionamiento de los circuitos basados en relés eléctricos. Tiene la ventaja de que es un lenguaje fácil de asimilar por el técnico en planta, además de que resulta muy fácil depurar el funcionamiento de los programas. Sin embargo, no resulta adecuado para el desarrollo de grandes

aplicaciones. El lenguaje de contactos (figura 1.20) se debe considerar el más universal de todos, dado que lo incorporan prácticamente todos los fabricantes de autómatas.

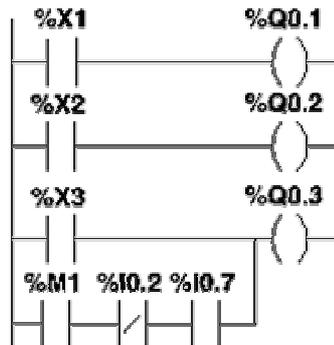


FIGURA 1.20.- Programa en lenguaje de contactos

1.5.4.3 Grafcet

Grafcet es un diagrama funcional cuyo objetivo es describir de forma gráfica el comportamiento de un automatismo secuencial. Un Grafcet está definido por una serie de elementos gráficos (etapas y transiciones) y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema. El Grafcet se desarrolló en las décadas de los setenta y ochenta siendo en esta última cuando se incorpora el concepto de macroetapa figura 1.21.

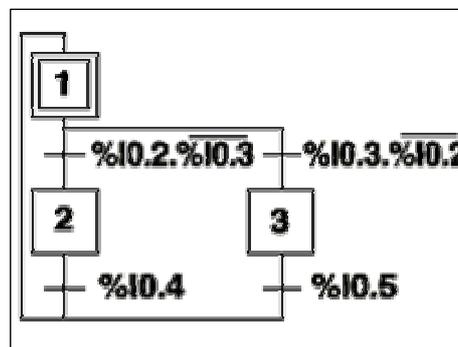


FIGURA 1.21.- Programa en lenguaje Grafcet

1.5.4.4 Texto estructurado

El texto estructurado (structured text o ST, figura 1.22) es un lenguaje de alto nivel que posee una sintaxis parecida al Pascal. El ST puede ser empleado para realizar rápidamente sentencias complejas que manejen variables con un amplio rango de diferentes tipos de datos, incluyendo valores analógicos y digitales. También se especifica tipos de datos para el manejo de horas, fechas y temporizaciones, algo importante en procesos industriales.

```
!(* start main door timer *)
  START Main_dqor_timer;
(> compute speed #)
  SR16;
!(* compute down duration *)
  Auto_mode := (General_node=Auto_mode_code) AND
               NOT Pre_processing;
IF Auto_mode THEN
  Down_duration:=Down_speed*Step_length*
                (Current_step-1);
  Step_array[Current_step]=Down_duration;
IF Current_step=Last_step THEN
  (* compute step access number *)
  INC Last_step_access_number;
END_IF;
ELSE
  SR6;
END_IF;
```

FIGURA 1.22.- Programa en lenguaje texto estructurado

1.5.4.5 Diagrama de funciones

El diagrama de funciones (function block diagram o FBD) es un lenguaje gráfico que permite programar elementos que aparecen como bloques para ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito además es adecuado para aplicaciones que involucren el flujo de información o datos entre componentes de control.

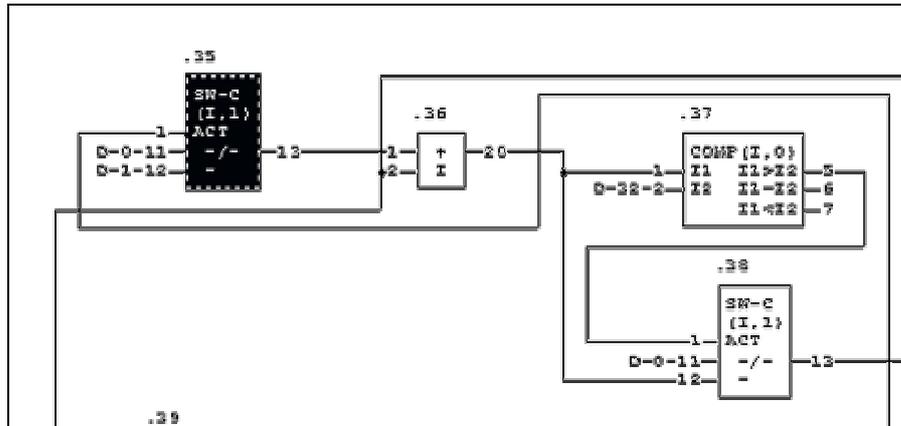


FIGURA 1.23.- Programa en lenguaje diagrama de bloques

1.5.5 NORMA IEC 61131-3

En la actualidad aún siguen persistiendo sistemas de control específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja entre distintos sistemas de control. Esto significa para el usuario costos elevados, escasa flexibilidad y falta de normalización en las soluciones al control industrial. IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes:

- Parte 1: Vista general
- Parte 2: Hardware
- Parte 3: Lenguaje de programación
- Parte 4: Guías de usuario
- Parte 5: Comunicación
- Parte 6: Programación en lógica difusa
- Parte 7: Guías para implementación de lenguajes de programación

IEC 61131-3 pretende ser la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier compañía. La finalidad de esta norma es:

- Definir e identificar las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC's y sus periféricos.
- Especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC's y sus periféricos.
- Definir los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos.
- Dar a los usuarios una información de carácter general y unas directrices de aplicación.
- Definir las comunicaciones entre los PLC's y otros sistemas.

1.5.5.1 Vista General

Establece las definiciones e identifica las principales características significativas a la selección y aplicación de los controladores programables y sus periféricos asociados.

1.5.5.2 Hardware

Especifica los requisitos del equipo y pruebas relacionadas para los controladores programables (PLC) y sus periféricos asociados.

1.5.5.3 Lenguajes de Programación

Define como un conjunto mínimo, los elementos básicos de programación. Reglas sintácticas y semánticas para los lenguajes de programación usados mas comúnmente, incluyendo los lenguajes gráficos de Diagrama de Escalera y Diagrama de Bloques de Funciones y los lenguajes textuales de Lista de Instrucciones y Texto estructurado. Así como sus principales campos de aplicación, pruebas aplicables y los medios por los cuales los fabricantes pueden expandir o adaptar esos conjuntos básicos a sus propias implementaciones de controlador programable.

1.5.5.4 Guías de Usuario

Es un reporte técnico que proporciona una vista general y guías de aplicación del estándar para los usuarios finales de los controladores programables.

1.5.5.5 Comunicación

Define la comunicación de datos entre controladores programables y otros sistemas electrónicos.

1.5.5.6 Programación en lógica difusa

Define los elementos básicos de programación de “lógica difusa” para su uso en Controladores programables.

1.5.5.7 Guías para implementación de lenguajes de programación

Proporciona una guía para los desarrolladores de software para los lenguajes de programación definidos en la parte 3.

1.6 VARIADOR DE FRECUENCIA

1.6.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los variadores de frecuencia (VFD Variable Frequency Drive) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción asíncronos de jaula de ardilla y de rotor bobinado, como también de motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (1.11)$$

Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$n_m = \frac{120 \cdot f(1 - s)}{P} \quad (1.12)$$

Donde:

n_s = velocidad síncrona ([rpm](#))

n_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación ([Hz](#))

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos

Como puede verse en las expresiones (1) y (2), la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la [saturación magnética](#)²⁰ del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

²⁰ Condición por la cual se alcanza el límite máximo de magnetización permitida en el material.

Los variadores de frecuencia más empleados son los PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) que emplean en el circuito de entrada puente de diodos o tiristores rectificadores. En el circuito intermedio poseen condensadores y bobinas para disminuir el rizado del voltaje rectificado, además las bobinas ayudan a disminuir el contenido armónico de la corriente generada por el variador de frecuencia y por ende a mejorar el factor de potencia.

La sección del inversor utiliza los IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) para convertir la tensión continua del circuito intermedio en una tensión de salida con frecuencia variable. Los IGBT envían pulsos de duración variable hacia el motor y como respuesta se obtiene una corriente casi senoidal.

1.6.2 COMPOSICIÓN

Todos los variadores de frecuencia modernos cuentan con las siguientes partes principales (figura 1.24):

1.6.2.1 Circuito Rectificador

Recibe la tensión alterna y la convierte en continua por medio de un puente rectificador de diodos o tiristores.

1.6.2.2 Circuito intermedio

Consiste en un circuito LC cuya función principal es suavizar el rizado de la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos hacia la red. La etapa central es el denominado circuito intermedio de continua y que puede funcionar como fuente de tensión o intensidad para la etapa final del inversor, según la disposición que se adopte.

1.6.2.3 Inversor

A veces al inversor se le llama ondulator, y es el encargado de convertir el voltaje continuo del circuito intermedio en uno de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Los variadores modernos emplean IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) para generar los pulsos de voltaje de manera controlada.

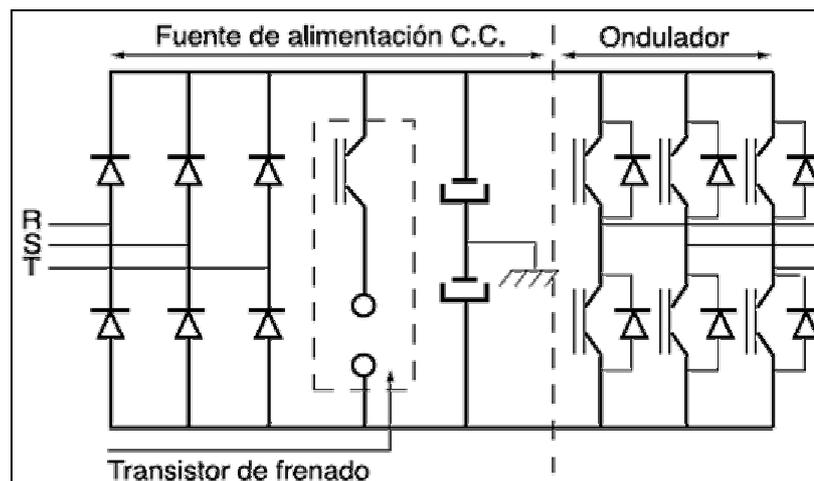


FIGURA 1.24.- Esquema del principio de funcionamiento de un convertidor de frecuencia.

1.6.2.4 Control

El circuito de control enciende y apaga los IGBT para generar los pulsos de tensión y frecuencia variables. Además, realiza las funciones de supervisión de funcionamiento monitoreando la corriente, voltaje, temperatura. Con teclados e interfaces amigables de fácil empleo.

a) Variación de velocidad

La generación de la tensión de salida se obtiene por corte de la tensión rectificada por medio de impulsos cuya duración, por tanto anchura, se modula de manera que la corriente alterna resultante sea lo más senoidal posible (figura 1.25).

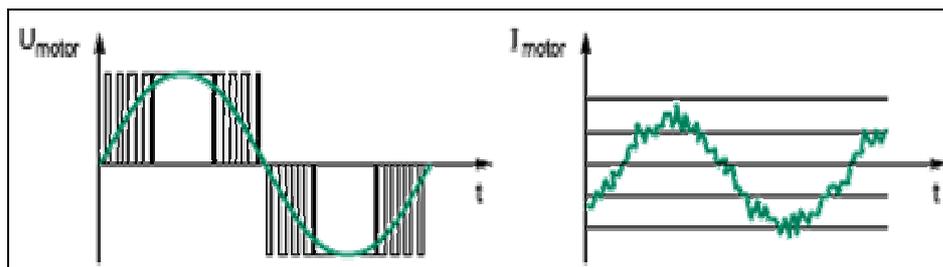


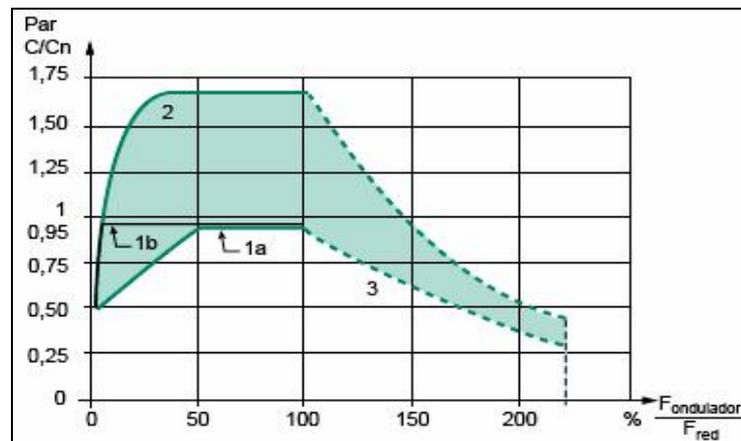
FIGURA 1.25.- La modulación de ancho de pulso.

Esta técnica, conocida bajo el nombre de PWM, condiciona la rotación regular a baja velocidad y limita los calentamientos. La frecuencia de modulación que se aplica debe ser suficientemente elevada para reducir el rizado de corriente y el ruido acústico en el motor, pero sin que aumenten sensiblemente las pérdidas en el puente ondulator y en los semiconductores. En aquellos inversores con circuito intermedio de tensión, para el control del par electromagnético se emplean los siguientes métodos:

- Regular la tensión del estator en función de la frecuencia (Control V/f).
- Regulación mediante la descomposición vectorial de la intensidad del estator sobre unos ejes orientados con el flujo magnético. (Control vectorial).

a.1) Control V/f

En este tipo de funcionamiento, la referencia “velocidad” impone una frecuencia al ondulator, y por tanto al motor, que es la que determina la velocidad de rotación. La tensión de alimentación está en razón directa con la frecuencia (figura 1.26).



- 1.- Par útil permanente: (a) motor autoventilado, (b) motor moto-ventilado
- 2.- Sobre par transitorio (< 1,7C_n durante 60 s). (C_n = par nominal)
- 3.- Par con sobre velocidad a potencia constante.

FIGURA 1.26.- Características de par de un variador

Con este método la tensión de alimentación evoluciona proporcionalmente a la frecuencia. Cuando V/f es constante el motor funciona de forma aproximada con flujo constante en los regímenes permanentes. Este tipo de control es más fácil de llevar a la práctica en un convertidor y se suele emplear cuando los requisitos de regulación son de baja velocidad.

a.2) Control vectorial

Mediante diversos sistemas electrónicos, utilizando el denominado control vectorial de flujo, se mejoran mucho las prestaciones. La mayor parte de los variadores de velocidad modernos tienen integrada esta función.

En la mayor parte de aplicaciones, el conocimiento o valoración de los parámetros de la máquina permite omitir el captador de velocidad. En este caso, se puede utilizar un motor estándar con la única condición de evitar su funcionamiento prolongado a baja velocidad. El variador elabora las informaciones necesarias a partir de las medidas de las magnitudes presentes en los bornes de la máquina (tensión y corriente).

1.6.3 PRESTACIONES

1.6.3.1 Limitación de corriente

Una posibilidad de los variadores de alta gama es la de contar con limitación de corriente, que suele aparecer en la caja de instrucciones con el nombre de "torque". Lo que hace es limitar la intensidad de corriente que llega al motor, es decir la cantidad de amperios. La limitación de corriente reduce la aceleración, pero no la velocidad punta. Las ventajas de este dispositivo son dos:

- Ahorro de energía, ya que limita la corriente que llega al motor que es difícilmente utilizable por encima de ciertos valores.

- Limitar la corriente que llega al motor hace más fácil la conducción, ya que no habrá aceleraciones brutales difícilmente controlables.

1.6.3.2 Marcha atrás

Los variadores consiguen que los motores puedan ir marcha atrás cambiando la polaridad de la corriente. Para evitar que se dañe el motor la marcha atrás no entra inmediatamente después del freno, sino que hay un intervalo de tiempo para lograrlo y muchas veces este intervalo es regulable en el variador.

1.6.3.3 Frenado

De la función de freno se encargan uno o dos transistores del variador. Algunos variadores disponen de la posibilidad de frenado regenerativo donde se aprovecha la energía almacenada en el motor cuando se frena.

1.6.4 PROTECCIONES

1.6.4.1 Protecciones ante temperatura

Otras características que poseen algunos variadores de alta gama es la protección frente al calor. Si éste es excesivo por una mala refrigeración, una relación corona/piñón inapropiada o un problema en la transmisión, podrían

destruir al variador. Por ello algunos incorporan los denominados TEMPFET, o transistores protegidos frente a las temperaturas elevadas, y llevan una sonda que hace que cuando la temperatura sea excesiva se corte el paso de corriente en la etapa de excitación, dejando de funcionar.

1.6.4.2 Otras Protecciones

Los variadores de frecuencia están dotados de protecciones contra:

- Cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra
- Sobretensiones y caídas de tensión
- Desequilibrios de fases
- Funcionamiento en monofásico

Dichas protecciones actúan una vez que los captadores, integrados en un variador de frecuencia, entregan información anómala de ciertas variables. Entre ellas se encuentran: temperatura, voltaje y corriente, éstas últimas son monitoreadas constantemente en cada fase. Dicho nivel de seguridad se da con el objeto de evitar deterioros en el sistema o proceso cuyo desempeño dependa de un variador de velocidad.

1.7 PANEL DE OPERADOR

1.7.1 ESPECIFICACIÓN DEL PANEL DE OPERADOR

En el mundo de la industria actual, es necesario disponer de interfaces de comunicación entre el hombre y la máquina, siendo además imprescindible, que éstos aparatos estén a pie de máquina, para así permitir al operario controlar en todo momento el estado actual de la misma y además, poder emitir órdenes a la misma en función de las necesidades de cada momento.



FIGURA 1.27.- Paneles de operador.

Los elementos utilizados para ésta comunicación son los llamados paneles de operador, los cuales, según sus prestaciones los podremos dividir en varios grupos, desde los simple visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla, pasando por los provistos de visualizador grafico (a color o blanco y negro) con pulsadores, hasta los paneles programables táctiles de última generación dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones.

Estos paneles permitirán obtener todo tipo de información sobre las condiciones de trabajo de la máquina, elementos discretos (pulsadores, pilotos), valores de temperatura, velocidad, presión, gráficas, mensajes de texto, alarmas. Además, en función de dicha información, permitirán al usuario un nivel de acceso, dar órdenes a la máquina, realizando modificaciones en los parámetros manejados por el PLC tales como, modificación de los valores de temporizadores y contadores, cambios de niveles de prensado, puestas en marcha y parada de motores y electroválvulas. Incluso los hay que en el mismo panel incorporan un PLC con entradas y salidas.

1.7.2 FUNCIONES

Entre las funciones que pueden desarrollar estos paneles de operador están las siguientes:

- Visualizar y parametrizar datos del proceso (lectura y escritura de variables)
- Gestión de alarmas del proceso, con textos de ayuda al operario para la resolución de las mismas
- Recopilación de alarmas sucedidas en el tiempo (histórico de alarmas)
- Impresión de las citadas alarmas.

1.7.3 TIPOS DE PANELES

Los paneles de operador pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Alfanuméricos
- Gráficos

1.7.3.1 Alfanuméricos

Pueden mostrar en pantalla solo caracteres alfanuméricos (letras y números). El criterio de selección depende de la cantidad de líneas de texto y de la cantidad de caracteres por línea. Existen en este grupo dos tipos de iluminación de pantalla distintos: backlight (Iluminación posterior de un display LCD²¹) o bien fluorescente (caracteres con luz propia).

1.7.3.2 Gráficos

Pueden visualizarse en pantalla gráficos descriptivos (relojes, indicadores de barra, mnemónicos del sistema, etc.). El criterio de selección depende del tamaño de la pantalla, si es o no color, definición en pixels, etc.

1.7.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Los paneles de operador se programan con un software propio, al igual que los PLCs, y diferente a estos aunque sean del mismo fabricante. Dicho software se enlaza con el OP a través de un puerto de comunicación, que varía de unos a otros, pero siendo lo más frecuente una comunicación RS232 a 19.2 Kbaudios para la descarga de aplicaciones.

Como se mencionó anteriormente para la programación se utilizan softwares específicos de cada fabricante que por lo general suelen servir para la mayoría de sus paneles fabricados. Al estar basados en Windows, suelen ser muy intuitivos y fáciles de programar.

²¹ Acrónimo del inglés: liquid crystal display (pantalla de cristal líquido).

El software utilizado para la programación y configuración de los paneles de operador, debe reunir las siguientes características:

- Entorno gráfico basado en Windows para facilidad de manejo de forma intuitiva.
- Completas barras de herramientas
- Amplia biblioteca de objetos parametrizables.
- Elementos preconfigurados para avisos, alarmas, recetas.
- Vectores gráficos.
- Simulación de funcionamiento en el propio PC.
- Utilización del mismo software para todos los modelos de paneles (del mismo fabricante).
- Fácil conversión de un proyecto realizado en un modelo a otro modelo (distinto tamaño de pantalla).

1.7.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Al momento de seleccionar un panel de operador debe tenerse en cuenta:

- Cantidad de datos a visualizar.- De acuerdo al número de datos a visualizar puede ser relevante o no la capacidad de memoria de programación del panel.
- Necesidad de visualizar datos de manera gráfica.
- Protocolo de comunicación del panel.- Debe tenerse en cuenta que la mayoría de los paneles de operador intercambian datos con el PLC u otro automatismo a través de algún protocolo de comunicación, por lo tanto debe tenerse en cuenta la compatibilidad de protocolos.

1.8 FIBRA ÓPTICA

1.8.1 COMPOSICIÓN DE LAS FIBRAS

1.8.1.1 Composición

Una fibra óptica consiste en un material transparente cilíndrico y largo que confina y propaga ondas luminosas. Está compuesta de tres capas diferentes: el núcleo central que lleva la luz, el revestimiento que cubre el núcleo y que confina la luz dentro del núcleo, y el recubrimiento que dota de protección al revestimiento. El núcleo y el revestimiento están formados frecuentemente por vidrio de sílice, y el recubrimiento de plástico o una cubierta acrílica.

1.8.1.2 Diámetros usuales

Las fibras ópticas que se usan en comunicaciones se fabrican en cinco grupos principales que se ilustran en la siguiente tabla:

Clase	Núcleo (μm)	Revestimiento (μm)	Recubrimiento (μm)	Protección (μm)
I	8 a 10	125 m	250 o 500	900 o 2.000
II	50	125	250 o 500	900 o 2.000
III	62,5	125	250 o 500	900 o 2.000
IV	85	125	250 o 500	900 o 2.000
V	100	140	250 o 500	900 o 2.000

Tabla 1.1.- Diámetros usuales de la fibra óptica

Nota: El tamaño de la fibra se especifica en el formato núcleo/revestimiento. Ejm: 62,5/125 μm .

1.8.2 TIPOS DE FIBRAS

1.8.2.1 Fibra monomodo

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz (trayectoria, un camino para los rayos de luz por el centro de la fibra). Esto se logra reduciendo del diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño que sólo permite un modo de propagación. El tamaño del núcleo de la fibra monomodo está comprendido entre 8 y 10 μm .

1.8.2.2 Fibra multimodo

Una fibra multimodo es una fibra que puede propagar más de un modo de luz. El número máximo de modos de luz que pueden existir en el núcleo de una fibra se puede determinar matemáticamente por la siguiente expresión:

$$M = 1 + 2D (n_1^2 - n_2^2)^{0.5} / \lambda \quad (1.13)$$

Donde:

D = diámetro del núcleo

n_1 = índice de refracción del núcleo

n_2 = índice de refracción del revestimiento

λ = longitud de onda de la luz

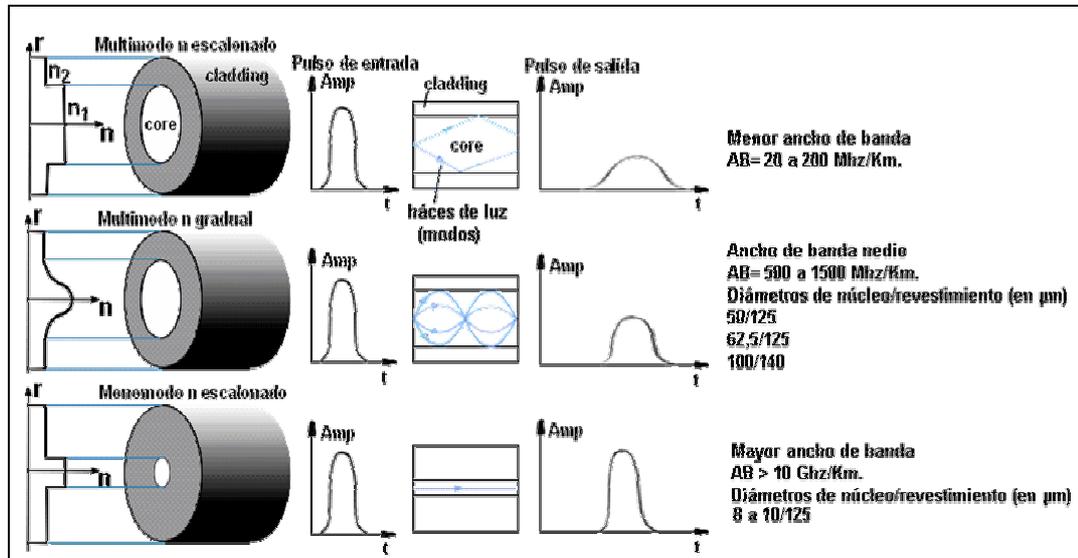


FIGURA 1.28.- Propagación de la luz en una fibra en los distintos tipos de fibras.

1.8.3 COMPOSICIÓN DEL CABLE

Un cable de fibra óptica se encuentra disponible en dos construcciones básicas:

1.8.3.1 Cable de estructura holgada

Consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora. El rasgo distintivo de este tipo de cable son los tubos de fibra. Cada tubo lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable. Su miembro central proporciona al cable refuerzo y soporte durante el tendido del conductor.

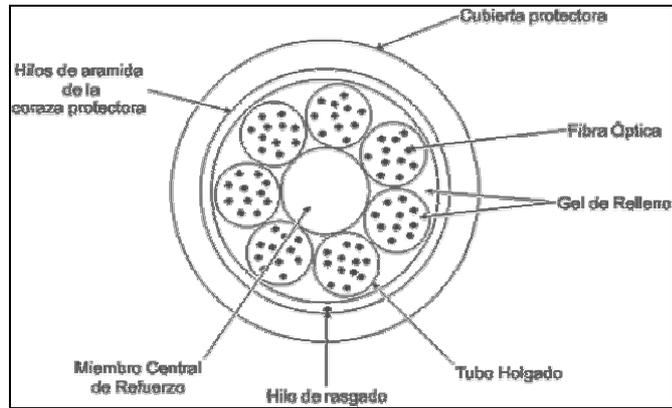


FIGURA 1.29.- Cable de tubo holgado.

1.8.3.2 Cable de estructura ajustada

Un cable de fibras ópticas de estructura ajustada contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. Ver figura 1.30.

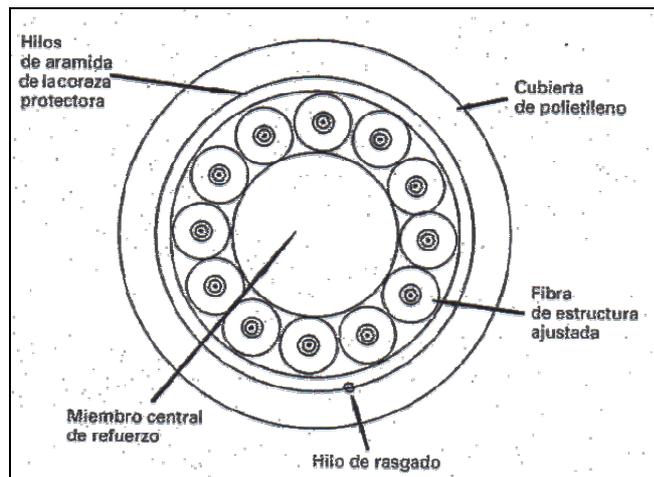


FIGURA 1.30.- Cable de estructura ajustada.

1.8.3.3 Composición del cable

Los cables de fibra óptica se fabrican con varios materiales (polietileno, cloruro de polivinilo, poliuretano, hidrocarburos polifluorados, cabos de aramida, etc) para adecuarse al entorno de la instalación.

Para prolongar la vida del cable es esencial una consideración cuidadosa de su composición. Por ejemplo: los cables de exteriores deben ser fuertes, a prueba de intemperie y resistentes al ultravioleta (UV). El cable debe resistir las variaciones máximas de temperatura que se pueden dar durante el proceso de instalación y a lo largo de su vida. Los cables de interiores deberán ser fuertes y flexibles y con el grado requerido de resistencia al fuego o de emisión de humos.

1.8.4 CONECTORES

1.8.4.1 Tipos de conectores

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, los que podemos encontrar se muestran en la figura 1.31:

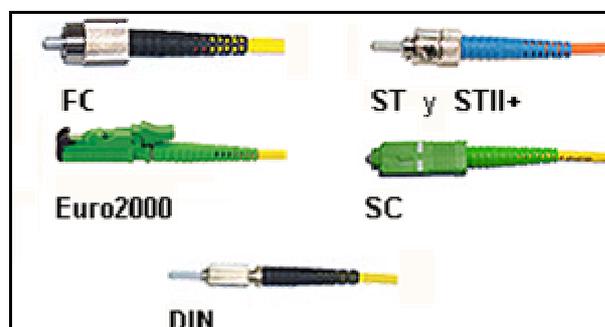


Figura 1.31.- Tipos de Conectores

1.8.5 TRANSMISIÓN

1.8.5.1 Transmisión Básica

Las fibras ópticas involucran la transmisión de información mediante luz a lo largo de fibras transparentes hechas de vidrio o plástico. Una fuente de luz modula un diodo emisor de luz (LED) o un láser, que se enciende, apaga o varía su intensidad, de tal manera que representa la señal eléctrica de entrada que contiene la información. La luz modulada se acopla a una fibra óptica a través de la cual se propaga la luz. Un detector óptico en el lado opuesto de la fibra recibe la señal modulada y la convierte en una señal eléctrica idéntica a la señal de entrada.

1.8.5.2 Propagación de la luz

En el espacio libre, la luz viaja en línea recta. La dirección a lo largo de la cual se propagan las ondas de luz se denomina rayo de luz y se usa en fibra óptica para explicar muchas características de la fibra.

Cuando un rayo de luz pasa de un material a otro diferente, cambia su velocidad y dirección en la frontera que separa ambos materiales. Este cambio de dirección se denomina refracción.

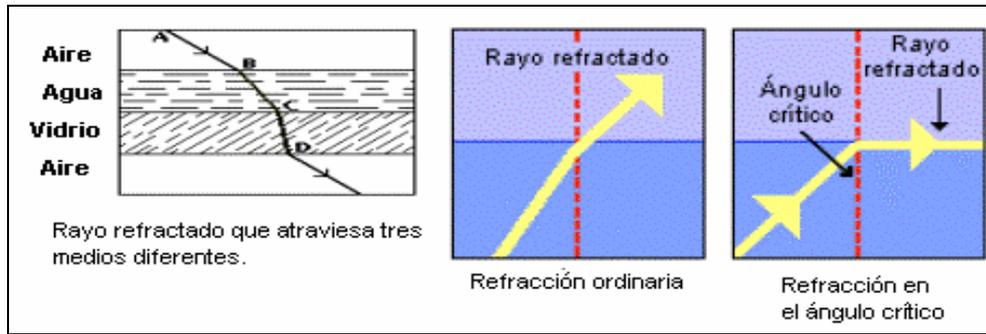


FIGURA 1.32.- Refracción.

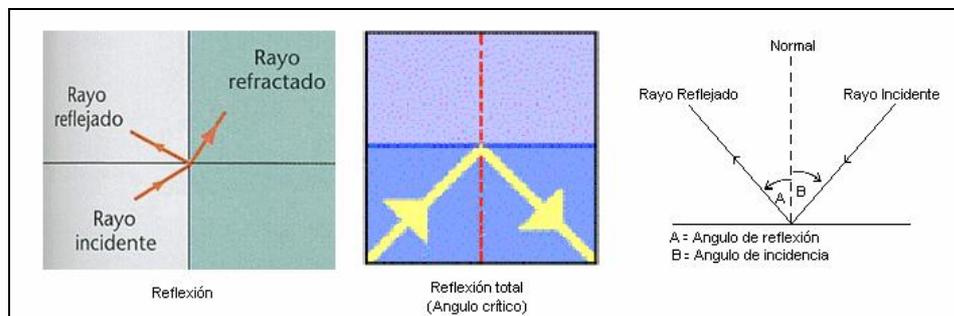


FIGURA 1.33.- Reflexión.

Cuando la luz pasa de un material a otro diferente, parte de la luz no entra en el segundo material, sino que es reflejada de vuelta al primero. La luz se refleja en la superficie aire-agua pero no completamente (ver Fig. 1.33). Para un cierto ángulo, todos los rayos que golpean una superficie se reflejan de vuelta al medio de donde provino. Este fenómeno, también conocido como reflexión total, es la base del confinamiento de la luz en una fibra óptica.

1.8.5.3 Transmisión de luz en una fibra

Cuando un rayo de luz se propaga de un medio a otro, se refracta en la frontera que separa ambos medios. El ángulo con el cual se refracta se denomina ángulo de refracción. El ángulo con el cual el rayo de luz choca con la frontera del medio se denomina ángulo de incidencia.

El ángulo de incidencia está relacionado matemáticamente con el ángulo de refracción de acuerdo con la ley de Snell mostrada a continuación.

$$n_1 \times \text{sen } a = n_2 \times \text{sen } b \quad (1.14)$$

Donde: n_1, n_2 = índice de refracción del primero y segundo material.

a = ángulo de incidencia en el primer material

b = ángulo de refracción en el segundo material

Los ángulos de refracción y de incidencia se miden respecto al eje perpendicular a la superficie de separación aire-fibra. Sólo los rayos de luz que inciden en la superficie aire-fibra con ángulos menores que el máximo ángulo de acoplamiento²² son refractados al núcleo de la fibra y capturados por ella caso contrario no son capturados por la fibra (ver Fig. 1.32).

La reflexión total en el interior se muestra en la figura 1.33. El ángulo necesario para que se dé el fenómeno anterior se denomina ángulo crítico y se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo crítico} = \text{arcsen } (n_2 - n_1) \quad (1.15)$$

Donde: n_1 = índice de refracción del primer material

n_2 = índice de refracción del segundo material

²² Algunos autores denominan a este ángulo de aceptación.

Este fenómeno ocurre en la superficie de separación entre el revestimiento y el núcleo de una fibra multimodo y es el responsable del confinamiento de la luz en el núcleo de la fibra.

1.8.5.4 Pérdidas de potencia óptica

La luz que viaja en una fibra óptica pierde potencia con la distancia. Las pérdidas de potencia dependen de la longitud de onda de la luz y del material por el que se propaga. Las pérdidas de luz de una fibra óptica están causadas por varios factores y se pueden clasificar en:

- **Extrínsecas** (Pérdidas por curvatura, Pérdidas por conexión y empalme)
- **Intrínsecas** (Pérdidas inherentes a la fibra, Pérdidas que resultan de la fabricación de la fibra, Reflexión de Fresnel)

Pérdidas por curvatura.- Ocurren en todas las curvas de una fibra óptica debido al cambio del ángulo de incidencia en la frontera núcleo-revestimiento.

Pérdidas por conexión y empalme.- Se pueden atribuir a un gran número de factores, como: mal corte, contaminación, mal alineamiento de los núcleos, etc.

Pérdidas inherentes a la fibra.- Son pérdidas que no se pueden eliminar durante el proceso de fabricación y se deben a las impurezas en el vidrio y a la absorción de la luz a nivel molecular.

Pérdidas resultantes de la fabricación de la fibra.- Las irregularidades durante el proceso de fabricación pueden dar lugar a pérdidas de rayos luminosos.

Reflexión de Fresnel.- La reflexión de Fresnel ocurre en cualquier frontera de un medio donde cambie el índice de refracción, causando que una parte de los rayos incidentes sean reflejados al primer medio.

1.8.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La fibra óptica se ha convertido en un medio popular para muchos requerimientos de comunicaciones. Su atractivo se puede atribuir a las muchas ventajas que presenta la fibra óptica sobre otros métodos de transmisión eléctricos convencionales. Este medio de transmisión luminoso tiene también, sin embargo, impedimentos que deberían examinarse antes de proceder a su instalación.

1.8.6.1 Ventajas

Frente al uso de otros medios de transmisión podemos mencionar las siguientes ventajas que ofrece la fibra óptica:

- **Gran capacidad.-** Tiene la capacidad de transmitir grandes cantidades de información. Un cable de fibra óptica podría transmitir 6.000.000 de conversaciones telefónicas simultáneas lo que comparado con 10.000 conversaciones que pudiese transmitir otro medio lo hace incomparable.

- **Tamaño y peso.-** Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más ligero que un cable de cobre de capacidad similar.

- **Interferencia eléctrica.-** La fibra óptica no se ve afectada por la interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radiofrecuencia (RFI), y no genera por sí misma interferencia. Puede suministrar un camino para una comunicación limpia en el más hostil de los entornos EMI.

- **Aislamiento.** - La fibra óptica es un dieléctrico. Las fibras de vidrio eliminan la necesidad del flujo de corrientes eléctricas por el medio de comunicación.

- **Seguridad.-** La fibra óptica ofrece un alto grado de seguridad. Una fibra óptica no se puede intervenir por mecanismos eléctricos convencionales como conducción superficial o inducción electromagnética.

- **Fiabilidad y mantenimiento.-** La fibra óptica es un medio constante y no envejece. Los enlaces de fibra óptica bien son inmunes a condiciones adversas de humedad y temperatura y se pueden utilizar incluso para cables subacuáticos. El mantenimiento que se requiere para un sistema de fibra óptica es menor que el requerido para un sistema convencional.

- **Versatilidad.-** Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica son los adecuados para la mayoría de los formatos de comunicaciones de datos, voz y vídeo. Estos sistemas son adecuados para RS232, RS422, Ethernet, Arcnet etc.

- **Expansión.**- Los sistemas de fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente.
- **Regeneración de la señal.**- La tecnología presente puede suministrar comunicaciones por fibra óptica más allá de los 70 Km antes de que se requiera regenerar la señal, la cual puede extenderse a 150 Km usando amplificadores láser.

1.8.6.2 Desventajas

Podemos mencionar las siguientes desventajas frente al uso de la fibra óptica:

- **Conversión electro-óptica.**- Antes de conectar una señal eléctrica de comunicación a una fibra óptica, la señal debe convertirse al espectro luminoso [850, 1.310 o 1.550 nanómetros (nm)]. El coste de conversión asociado a la electrónica debería ser considerado.
- **Caminos homogéneos.**- Se necesita un camino físico recto para el cable de fibra óptica. El cable se puede enterrar directamente, situar en tubos o disponer en cables aéreos a lo largo de caminos homogéneos.
- **Instalación especial.**- Debido a que la fibra óptica es predominantemente vidrio de sílice, son necesarias técnicas especiales para la ingeniería e instalación de los enlaces. Se requiere un equipamiento adecuado para probar y poner en servicio las fibras ópticas.

- **Reparaciones.** Un cable de fibra óptica que ha resultado dañado no es fácil de reparar se requiere un equipo de técnicos calificados.

1.9 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

1.9.1 LA COMUNICACIÓN EN LA INDUSTRIA

Las comunicaciones digitales son cada día un factor muy importante en las empresas actuales; inicialmente se utilizaban solamente en la intercomunicación de los computadores personales con el fin de facilitar el trabajo en equipo y el uso de recursos informáticos de la empresa; posteriormente con los avances tecnológicos en electrónica y computación, se empezaron a implementar estas redes a nivel de planta de producción, en donde se busca que estén intercomunicados dispositivos tales como: sensores, actuadores, PLCs, microcontroladores, máquinas, computadores, controladores, y en general todos los dispositivos involucrados en un sistema de automatización industrial. Con el fin de sincronizar todo el proceso de producción de la planta.

Sin una red de comunicación industrial es imposible pensar en sistemas flexibles de manufactura, ya que el sistema flexible de manufactura tiene que monitorear todas las actividades involucradas en el proceso de producción y la única forma de hacer esto es por medio de un sistema de intercomunicación que me permita conectar: sensores, actuadores, PLCs, computadores, microcontroladores, etc.

1.9.2 REDES INDUSTRIALES

La necesidad de comunicar distintos dispositivos independientemente de su jerarquía en la industria originó las redes industriales. Las redes industriales, limitadas antes a comunicar los diferentes dispositivos de campo (transductores y transmisores con actuadores) han ido evolucionando para poder procesar los datos que una planta moderna debe generar para ser competitiva, segura, confiable. Así mismo, han tenido que desarrollarse para poder satisfacer las necesidades de información que ahora se tiene no solo a nivel de proceso sino también a nivel de gerencia.

1.9.2.1 Niveles de comunicación en una red industrial moderna

Para poder satisfacer los requerimientos que implican una red industrial moderna donde deban coexistir equipos de todo tipo, es necesario agruparlos en una forma jerárquica como se muestra en la figura 1.34.

Las redes de campo constituyen ahora la infraestructura de los sistemas SCADA (Control supervisorio y adquisición de datos) y DCS (Sistemas de control distribuido), que poco a poco han ganado aceptación como una herramienta confiable y útil en la administración técnico administrativa de una planta industrial.



FIGURA 1. 34.- Representación de un sistema SCADA.

Hasta hace poco, las redes de campo y las administrativo – financieras eran prácticamente dos sistemas de comunicaciones que operaban separadamente. De hecho, si en principio cumplen igual papel: permitir la transmisión rápida, segura y confiable de información, se diferencian por el tipo de protocolos y datos que manejan. Pero, pronto se identificó que cierta información que se genera a nivel de campo puede y debería ser de interés del personal administrativo o gerencial. Para organizaciones de cierto tipo, generalmente dedicadas a la producción industrial, se ha vuelto imprescindible unir de alguna forma los dos tipos de redes.

1.9.2.2 Tipos de redes industriales

No es reciente el interés por centralizar el control y supervisión de un proceso o planta industrial. Desde hace tiempo ya se detectó que la centralización era una alternativa más confiable y eficiente para manejar una planta industrial. Tener a un instrumentista en caminatas periódicas por toda una planta leyendo los valores de los instrumentos era una actividad tediosa y propensa a omisiones y / o errores humanos.

La solución para lograr la centralización empezó buscando vías para llevar de alguna manera la información desde los sensores y transductores hasta el cuarto de control, donde indicadores y registradores darían al operador una vista global del estado de la planta. Todo esto ayudo a la implementación de redes industriales, actualmente conviven dos tipos de redes industriales:

- Redes industriales análogas.- Transmiten información por medio de un par de cables en forma de corriente cuantificando el valor de la misma. Cada dispositivo necesita de una corrida de cables para poder comunicarse con otro y otra para satisfacer su consumo de energía.
- Redes industriales digitales.- Transmiten información en forma de bits, usando técnicas especializadas para ello.

1.9.3 REDES DIGITALES

1.9.3.1 Modelo OSI

En el comienzo de las redes digitales, muchas redes se desarrollaron utilizando hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes resultaron incompatibles y les resultó muy difícil poder comunicarse entre sí.

Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) consideró que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores a implementar redes que pudieran comunicarse

y trabajar en conjunto (interoperabilidad) y que sigan la filosofía de brindar una arquitectura abierta. Del análisis realizado elaboraron el modelo de referencia OSI (Open Systems Internetworking) en 1984.

El modelo OSI resuelve el problema de conectar varios nodos (computadoras, impresoras, PLC's) a un mismo medio físico y lograr que estos intercambien su información sin errores; esto es, lograr que se identifiquen entre sí para que un mensaje o dato que sale de un remitente llegue al destinatario correcto. Para resolver el problema de las redes de medio compartido (Shared Area) se recurrió a dividir el gran problema de conectividad en varios problemas más simples. El resultado fue un modelo de conectividad de siete capas.

Las siete capas del modelo se hacen referencia a continuación:

Aplicación.- Presta servicios al usuario, comprende la interacción directa con los procesos de aplicación, manejando las transferencias de ficheros, base de datos, correo electrónico.

Presentación.- Reformatea los datos en su paso hacia y desde la red, compatibilizando ficheros, impresoras.

Sesión.- Administra las comunicaciones entre dos entidades y comprende: establecimiento, mantenimiento y finalización de sesiones, manejando convenciones de nombres y direcciones de red.

Transporte.- En esta capa, los datos que se envían de una máquina a otra se dividen en segmentos. Esto se hace para optimizar la respuesta de la red a los

usuarios al no permitir que uno de ellos acapare la red, particularmente si el archivo que está transmitiendo es muy grande.

Red.- En esta capa es donde se comienzan a fijar las condiciones para que las estaciones puedan diferenciarse e identificarse entre sí, condición indispensable para que puedan enviar y recibir datos sin equivocación.



FIGURA 1.35.- Capas del nivel OSI

Enlace de datos.- La capa de enlace de datos añade información que procura el tránsito de datos confiable a través del enlace físico. Para hacerlo, esta capa recibe los datos y los pone en tramas (frames) previo a su envío. Dentro de la trama incluye la así denominada dirección física (no es lo mismo que la lógica) tanto del remitente como del destinatario. A las direcciones físicas se les conoce como dirección MAC pues en esta capa se ejecuta la importante tarea denominada: Control de Acceso al Medio (protocolo MAC). Sin estas direcciones no es posible enviar un dato al destinatario correcto, ni identificar al remitente en caso se requiera responderle.

Física.- La capa física es la que convierte los bits lógicos en bits eléctricos o de luz, dependiendo del medio empleado para la conexión. Aquí se define las especificaciones eléctricas, mecánicas, tipos de medio, niveles de voltaje, sincronización, velocidad de transferencia, distancias de transmisión máximas.

1.9.3.2 Técnicas de transmisión

Interfaz Serial

a) Interfaz serial RS-232

Esta fue una de las primeras técnicas para transmitir datos digitales sobre un medio físico. Hasta ahora sigue vigente sobre todo para comunicar dispositivos de tipo industrial como un PLC con una PC o su consola de configuración. Hay dos tipos de comunicaciones digitales seriales: síncronas y asíncronas. En una transmisión síncrona los datos son enviados un bit a continuación de otro por una línea que une la salida del transmisor, TXD, del un lado con la línea de recepción, RXD, del otro lado. El transmisor y el receptor son sincronizados con una línea extra que trasmite pulsos de reloj que básicamente le indican al receptor cuando leer un pulso. La duración del bit es determinada por la duración de los pulsos de sincronismo. Como se puede entender, el uso de esta técnica implica la existencia de un cable extra para llevar la señal de reloj, lo cual resulta en un costo extra.

En la transmisión asíncrona no se emplea una señal de reloj, más bien se utiliza una técnica que recurre a “encapsular” los datos con un bit de inicio y uno o dos bits de parada, y así no es necesaria la línea extra de sincronismo. Como se ve en la siguiente tabla.

DB9	DB25	NOMBRE
3	2	TX
2	3	RX
5	7	SG
4	20	DTR
6	6	DSR
	8	CD
7	4	RTS
8	5	CTS
9	22	RI

Tabla 1.2.- Conexiones para RS232

Por otro lado, antes de iniciar cualquier comunicación con el puerto RS-232 se debe determinar el protocolo a seguir. Esto es decidido por el usuario quien debe discernir sobre:

- El Protocolo serial.- Refiere a: el número de bits de datos, la paridad, el número de bits de parada.
- La velocidad de transmisión.
- El protocolo de control de flujo (RTS/CTS o XON/XOFF).

Con RS232C se puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7, u 8 bits aunque los más usados son 7 y 8 bits. La velocidad de transmisión (normalmente 9600 bits por segundo para aplicaciones industriales) debe ser constante durante la transmisión de una trama para garantizar que los bits lleguen uno tras de otro en el momento correcto. Cualquier retardo provocaría una lectura incorrecta. El propósito de cada uno de estos bits especiales se indica a continuación:

- **Bit de inicio.-** Cuando el receptor detecta el bit de inicio sabe que la transmisión ha comenzado y es a partir de entonces que debe leer las señales de la línea a intervalos concretos de tiempo, en función de la velocidad de transmisión.
- **Bit de paridad.-** Con este bit se pueden descubrir errores en la transmisión Se puede dar paridad par o impar. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits 1 enviados sea par.
- **Bit de parada.-** Indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada. Los voltajes más usados son +12V y -12V. El estado de reposo (idle) se representa con un 1 lógico; es decir, -12V. Dependiendo de la velocidad de transmisión empleada, es posible tener cables de hasta 15 metros.

b) Interfaz RS-485

La norma RS-485 permite enlaces multipunto o multinodo (más de 2 nodos) mediante la conexión de un bus de dos hilos entre todos los nodos para formar una red con topología física en bus. Todos los nodos pueden escuchar el medio, pero sólo uno de ellos puede transmitir en un mismo instante, se trata por tanto de comunicaciones half-duplex.

La señal que se transmite está balanceada, al contrario que en la norma RS-232 donde no lo está. Esto quiere decir que se utiliza la diferencia de potencial entre

los dos hilos para establecer el nivel lógico que hay en la línea; no se trata por tanto de una señal referida a masa.

NORMAS	RS-232	RS-423	RS-422	RS-485
Modo	Simple	Simple	Diferencial	Diferencial
Número de transmisores	1	1	1	32
Número de receptores	1	10	10	32
Longitud máxima	15m	1200m	1200m	1200m
Velocidad máxima	20 Kbps.	100 Kbps.	10 Mbps.	10 Mbps.
Salida transmisor	± 5V min. ± 15V máx.	± 3.6V min. ± 6V máx.	± 2V min.	± 1.5V min.
Carga al transmisor	3K A 7K	450 min.	100 min.	60 min.
R de entrada al receptor	3K A 7K	4K min.	4K min.	12K min.
Sensibilidad del receptor	± 3V	± 200 mV.	± 200 mV.	± 200 mV.

Tabla 1.3.- Comparación entre interfaces seriales.

1.9.4 REDES DE CAMPO

Las redes de campo industriales o, como también se las denomina, el Bus I/O (Entrada/Salida) son las que se encargan de intercambiar datos a nivel de campo, es decir, a nivel de sensores y actuadores. Los buses I/O de redes pueden dividirse en dos diferentes categorías: una que tiene que ver con dispositivos de bajo nivel que son típicos de operación de manufactura discretas y los otros son dispositivos de alto nivel utilizados en procesos industriales.

Las categorías de los buses de red son:

- Buses de dispositivos.
- Buses de proceso.

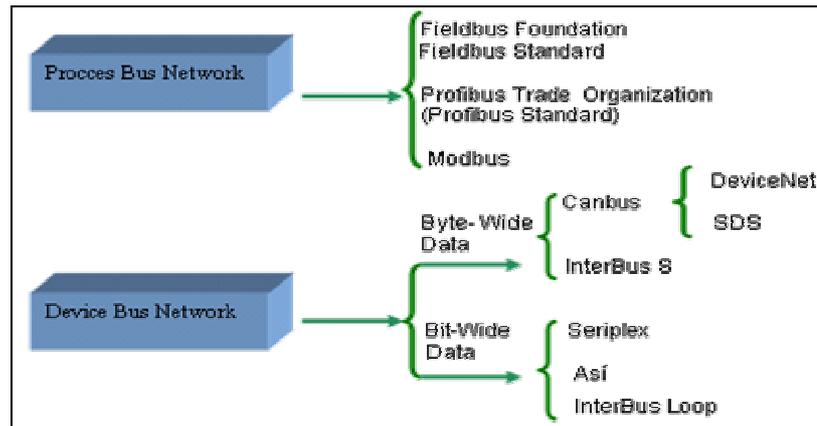


FIGURA 1.36.- Clasificación de buses de campo

1.9.4.1 Bus de Dispositivos

Es la interfaz con los dispositivos de campo de bajo nivel (pulsadores, interruptores de fin de carrera), cuyo fin es proporcionar información respecto al estado de los dispositivos (ON/OFF) o al estado de operación (operación correcta/incorrecta). Estas redes generalmente transmiten solo desde unos pocos bits hasta varios bytes de datos en un determinado tiempo. Este bus se subdivide en:

- Bus de dispositivos de datos de ancho de bits
- Bus de dispositivos de datos de ancho de bytes

a) Redes con buses de dispositivos byte-wide

Los buses de dispositivos byte-wide más comunes están basados en las redes InterBus-S y CANbus.

a.1) InterBus-S

Es una red de sensores y actuadores que conecta estos dispositivos de campo a un PLC o a una computadora (Soft PLC) en una configuración tipo anillo. Tiene incorporadas interfaces I/O en sus 256 nodos posibles, que también incluyen bloques terminales de conexión que posibilitan y facilitan la conexión a más dispositivos I/O.

El PLC se comunica con los dispositivos conectados al bus empleando el método Maestro / Esclavo vía un módulo o controlador de host. Por medio de una interfaz RS-232 es posible conectar una computadora al controlador para propósitos de diagnóstico.

Las direcciones de los dispositivos en la red InterBus-S son automáticamente determinados por su ubicación física y así se elimina la necesidad de asignar manualmente las direcciones. El dispositivo controlador continuamente barre los dispositivos de I/O leyendo todas las entradas en un barrido y escribiendo datos en las salidas. InterBus-S trabaja en las capas Física, Enlace de Datos y Aplicación del modelo OSI. A nivel de capa Física emplea una topología de anillo.

a.2) Red CANbus Byte-Wide

Tienen como base el chip CAN que se usó inicialmente en automóviles para controlar sus partes electrónicas. EL CANbus es abierto y puede manejar datos de longitud variable de hasta 8 bytes. CAN implementa cinco mecanismos de detección de errores.

Existen dos implementaciones hardware básicas, aunque la comunicación en ambas es idéntica y son compatibles entre sí. Esto permite administrar el uso del bus en función de las necesidades de cada nodo.

Basic CAN: hay un vínculo muy fuerte entre el controlador CAN y el microcontrolador asociado. El microcontrolador será interrumpido para tratar con cada uno de los mensajes del CAN. Cada nodo transmitirá tan sólo cuando se produzca un evento en alguna de las señales que le conciernen. Este modo de funcionamiento es adecuado para aquellos nodos encargados de manejar informaciones esporádicas, disminuyendo la ocupación del bus.

Full CAN: contiene dispositivos de hardware adicionales que son proporcionados por un servidor que automáticamente recibe y transmite los mensajes CAN, sin necesidad de interrumpir al microcontrolador asociado, reduciéndose la carga del mismo. Está orientado a nodos encargados del manejo de señales con un alto nivel de exigencia en cuanto a frecuencia de actualización y/o seguridad

La red DeviceNet, que tiene como base a CANBus puede soportar 64 nodos y hasta un máximo de 2048 dispositivos de campo. La red SDS también puede manejar 64 nodos; sin embargo, este número puede subir hasta 126 localidades direccionables si se emplean interfaces I/O multipuerto, figura 1.37.

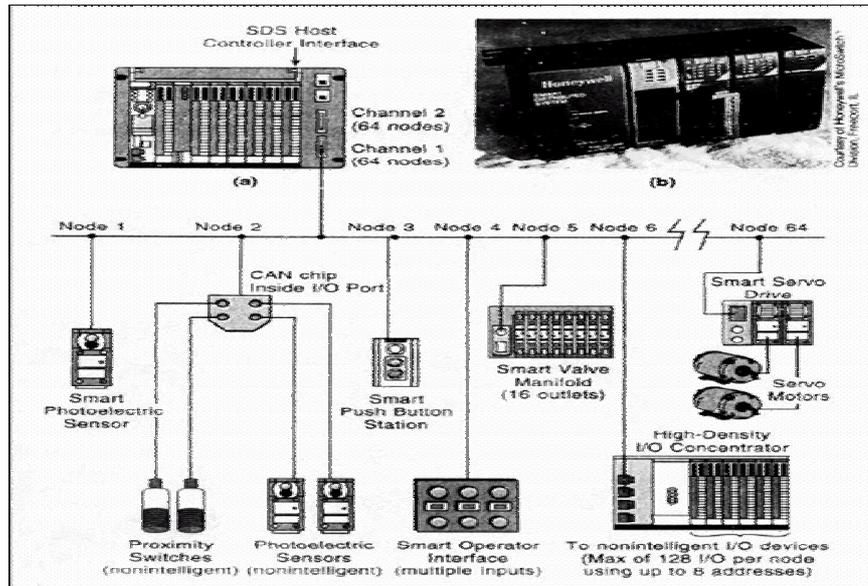


FIGURA 1.37.- a) Una red SDS multiplexada, b) un concentrador de I/O de alta densidad

b) Redes con buses de dispositivos bit-wide

Se usan con simples dispositivos de campo discretos; es decir, sensores y actuadores tipo ON-OFF. Pueden transmitir tan solo 4 bits (un nibble) que es suficiente para transmitir los datos desde estos dispositivos. Los dispositivos más pequeños requieren de solo un bit para operar. Minimizando la cantidad de datos transmitidos, estos buses pueden proveer un rendimiento óptimo a bajos costos. Los buses más comunes son: ASI, InterBus Loop y Seriplex.

b.1) Red ASI

Se usa en redes que no requieren más de 124 dispositivos de Entrada / Salida (I/O). Estos 124 dispositivos de entrada y salida pueden conectarse hasta 31 nodos sea en una topología de anillo, árbol o estrella. Los dispositivos de I/O se conectan al PLC o a una PC por medio de una interfaz controladora (una tarjeta que se conecta al bus). La figura 1.38 ilustra una red bit-wide ASI.

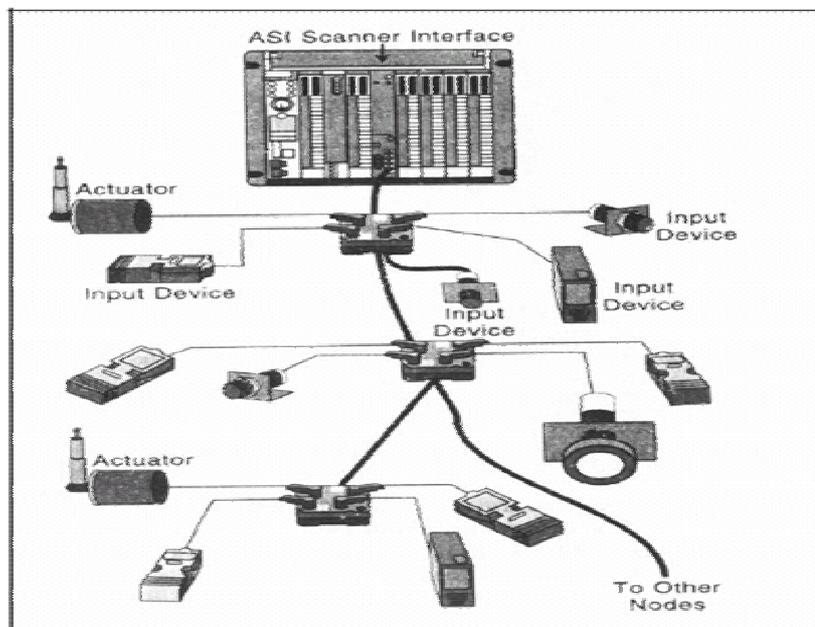


FIGURA 1.38.- Red de dispositivos bit-wide ASI

La red se fundamenta en un chip de protocolo ASI, por lo mismo, los dispositivos que se conecten a esta red deben tener este chip. Los dispositivos compatibles típicos suelen ser interruptores de proximidad, sensores fotoeléctricos, interruptores de fin de carrera y dispositivos estándar, aunque respecto a estos últimos se debe indicar que el chip ASI está ubicado en el nodo; es decir, un nodo inteligente con un chip ASI esclavo.

b.2) InterBus Loop

La red bit-wide InterBus loop fue desarrollada por la compañía Phoenix Contact Inc. y es empleada para conectar a un PLC dispositivos sensores y actuadores simples. InterBus Loop emplea una tecnología de alimentación y comunicación denominada PowerCom para enviar la señal con el protocolo InterBus por las líneas de alimentación; es decir, el protocolo es modulado en las líneas de poder.

Esto permite reducir el número de cables requerido por la red a solamente dos conductores que llevan tanto la alimentación como las señales de comunicación a los dispositivos de campo.

Puesto que tanto InterBus-S como InterBus Loop emplean el mismo protocolo, se pueden comunicar entre ellos por medio de un módulo terminal InterBus Loop localizado en la red InterBus-S, el cual se conecta a los dispositivos de campo por medio de los dos alambres. Una red InterBus Loop se puede también conectar con dispositivos no inteligentes por medio de módulos interfaz que contienen un chip inteligente esclavo.

b.3) Seriplex

La red Seriplex permite la conexión de hasta 510 dispositivos de campo a un PLC en una configuración Maestro / Esclavo o peer to peer. La red Seriplex se basa en el chip ASIC (Application Specific Integrated Circuit) el cual debe estar presente en todos los dispositivos que se conectan en esta red. Los dispositivos que no tiene este chip puede conectarse a la red por medio de un módulo Seriplex I/O que contiene un chip ASIC esclavo.

La interfaz ASCII I/O contiene 32 funciones lógicas booleanas que sirven para proveer la lógica necesaria para comunicar, direccionar e inteligencia necesaria para controlar los dispositivos de campo conectados a la red.

La red Seriplex a nivel de capa física puede extenderse hasta 2000m con una topología estrella, bus o árbol. Esta red también puede operar sin un controlador.

A diferencia de la red ASI, la red Seriplex se puede conectar con dispositivos análogos de entrada y salida; sin embargo, la señal análoga digitalizada se debe leer o escribir bit por bit en cada ciclo de barrido.

1.9.4.2 Bus de Proceso

Estos buses se conectan a dispositivos de campo capaces de generar un alto nivel de información (válvulas de procesos inteligentes, medidores de nivel inteligentes), que típicamente se emplean en aplicaciones de control de procesos en donde se requiere un control más “fino” de sus variables. El bus de procesos maneja grandes lotes de datos (varias centenas de bytes), dando información acerca del proceso, así como de los mismos dispositivos de campo (marca del equipo, fecha de último mantenimiento).

Una red con buses de proceso es una red digital de comunicaciones, abierta y de alto nivel que se emplea para conectar dispositivos de campo análogos a un sistema de control, una red de proceso se emplea en aplicaciones donde los sensores o actuadores análogos de entrada/salida responden más lentamente que aquellos en aplicaciones con dispositivos discretos (redes de buses de dispositivos).

El tamaño de los paquetes de información desde estos dispositivos de campo análogos es grande, debido a la naturaleza de la información que se recoge. Las redes de proceso pueden transmitir una gran cantidad de información a un PLC de ahí que pueden mejorar notablemente la operación de una planta o proceso. Un PLC o computadora se comunica con una red de proceso por medio de módulo o tarjeta interfaz controladora que pueden emplear sea el formato del protocolo MODBUS, Fieldbus o Profibus.

a) Modbus

Los controladores programables de Modicon pueden comunicarse entre sí y con otros dispositivos sobre una variedad de redes, dentro de estas se incluyen las redes industriales Modicon Modbus y Modbus Plus, y las redes estándar MAP y Ethernet. Las redes son accedidas por medio de puertos incorporados en los controladores o por adaptadores de red, módulos opcionales, o gateways²³ disponibles desde Modicon.

El protocolo Modbus proporciona el estándar interno que los controladores Modicon usan para el análisis de los mensajes. Durante la comunicación sobre una red Modbus, el protocolo determina cómo cada controlador conocerá la dirección de un dispositivo, como reconocerá que un mensaje es dirigido a él, como determinará el tipo de acción a ser ejecutada, y como extraerá la información o cualquier dato contenido en el mensaje. Si se requiere una respuesta, el controlador construirá el mensaje de respuesta y lo enviará usando el protocolo Modbus). La figura 1.39 ilustra un a red Modbus.

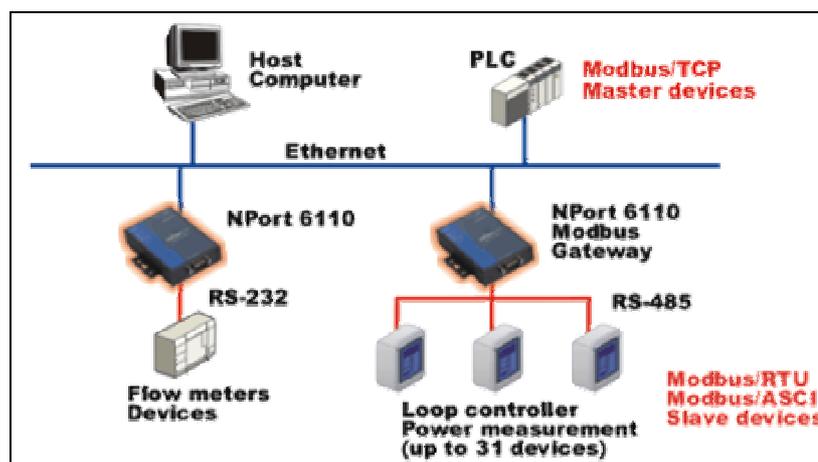


FIGURA 1.39.- Apreciación global de una aplicación del protocolo Modbus

²³ Gateway, corresponde a un dispositivo capaz de conectar redes de distinto protocolo o protocolos incompatibles, funcionando como intermediario permitiendo la comunicación.

a.1) Modbus Plus

Modbus Plus es un sistema de red de área local diseñado para aplicaciones de mando industriales. Cada red soporta 64 dispositivos de nodo direccionables, a una tasa de transferencia de datos de 1×10^6 bps. Las aplicaciones incluyen supervisión de mando de un proceso y los mensajes de supervisión.

Modbus Plus mantiene el protocolo de comunicación punto a punto en los diferentes niveles de la red. Modicon proporciona una variedad de controladores programables y adaptadores de red. La red también permite módulos de comunicación I/O distribuidos (DIO) en los que los controladores Modicon se comunican directamente con los subsistemas I/O.

Cada controlador Modicon acepta que una red de computadoras se conecte directamente a su puerto Modbus Plus. Agregando módulos opcionales de red, pueden configurarse redes adicionales para extender las comunicaciones de I/O en la aplicación del usuario.

b) Fieldbus

Al igual que Modbus y Profibus, Fieldbus busca conectar las redes de campo y las administrativo-financieras de una forma jerárquica, tal como se ilustra en la figura 1.40.

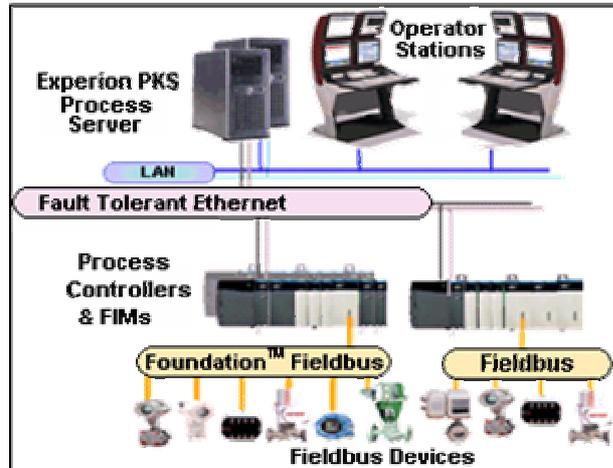


FIGURA 1. 40.- Red administrativa y redes de campo.

Se ha dicho que cada protocolo tiene sus características de funcionamiento propias. Al unir redes con diferentes protocolos surgen incompatibilidades.

c) Profibus

Es un estándar originado en normas alemanas y europeas. Cumple también con el modelo OSI de 7 niveles y las normas ISA/IEC. Utilizado en aplicaciones de alta velocidad de transmisión de datos entre controladores de I/O y complejas comunicaciones entre PLC. Tal es así que para diferentes tipos de comunicación presenta distintos tipos de soluciones, las cuales satisface con 3 implementaciones separadas y compatibles entre ellas: FMS, DP y PA. En la figura 1.41 se muestra como se conectan y relacionan estas redes de la familia Profibus.

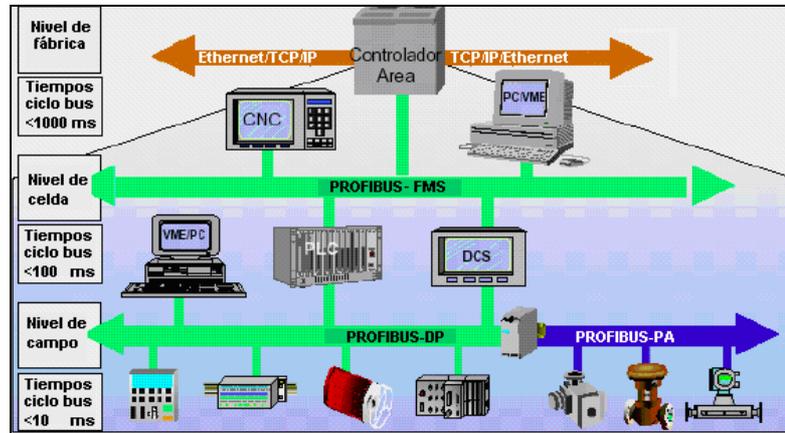


FIGURA 1. 41.- Jerarquía de la Red Profibus

c.1) Profibus FMS

Profibus FMS es la solución universal para la comunicación entre el nivel superior (nivel de celda) y el nivel de campo de acuerdo a la jerarquía de comunicación industrial de Profibus. Para llevar a cabo tareas de comunicación extensivas con transferencia de datos en forma cíclica o acíclica a una velocidad de transmisión mediana, el servicio FMS "Especificación de Mensaje de Bus de campo (Fieldbus Message Specification, por sus siglas en inglés)" ofrece una amplia gama de funcionalidad y flexibilidad.

c.2) Profibus-DP

Esta diseñado para la comunicación con sensores y actuadores, donde importa la velocidad sobre la cantidad de datos (Tiempo de ciclo del bus < 10 ms.). En una red DP un controlador central como PLC o PC se comunica con los dispositivos de campo. Tiene definido los niveles 1 y 2 del modelo OSI, pero no los niveles 3 al 7. Tiene definido el Nivel de Usuario y dispone de un servicio de intercomunicación con el Nivel 2. Para el Nivel 1 dispone soporte de fibra óptica en RS-485.

c.3) Profibus-PA

PROFIBUS-PA utiliza la técnica de transmisión especificada y permite seguridad intrínseca y estaciones alimentadas por el bus. PROFIBUS-PA está basado en los resultados del Proyecto de Sistemas Inter Operables (IPS- Inter-Operables System Project) el cual ha sido adoptado por la Organización de Usuarios PROFIBUS. Los perfiles del dispositivo definen las funciones específicas del dispositivo. El Lenguaje de Descripción de Dispositivos (DDL - Device Description Language) y los bloques de función permiten una completa interoperabilidad del dispositivo.

d) HART

Los dispositivos “inteligentes” de campo que usan el protocolo HART (Vía para Transductor Remoto Direccional) mejora la operación de la red análoga porque permite que datos digitales puedan transmitirse junto con la señal de 4-20 mA sin interferir con la misma. HART permite comunicaciones bidireccionales, para que los parámetros del instrumento puedan interrogarse y aún ajustarse desde cualquier parte del cable. HART también tiene un modo totalmente digital que permite conectar muchos instrumentos a un solo cable, reduciendo los costos de la instalación enormemente y aún así reteniendo todas las ventajas del protocolo HART.

Hasta dos dispositivos maestros pueden conectarse en cada lazo HART. El primero generalmente es un sistema de administración o una PC, mientras el segundo puede ser una computadora de mano o una portátil. Un Terminal de mano estándar – llamado el comunicador HART - está disponible para hacer las operaciones de campo tan uniformes como sea posible. Opciones más allá de una red se proporcionan por medio de gateways. Se emplean dos modos de operación: punto-a-punto y multipunto.

e) Ethernet industrial

La aceptación mundial de Ethernet en los entornos industriales y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Es posible que con los avances de Ethernet y la emergente tecnología Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control, actualmente implementadas con otras redes específicamente industriales existentes.

1.10 NORMAS INDUSTRIALES EN EL MONTAJE Y DISEÑO DE TABLEROS DE CONTROL

1.10.1 NORMAS DE NIVELES DE PROTECCIÓN Y AISLAMIENTO

Preparar un cuadro, chasis o armario eléctrico requiere un análisis concreto de la necesidad, partiendo del dossier eléctrico²⁴ y de las observaciones que lo acompañan o que se han anotado sobre el terreno. Difícilmente se puede elegir un continente²⁵ sin conocer el contenido.

El continente debe reunir las condiciones que se estudian, para evitar riesgos posteriores como son la acumulación de temperatura, oxidaciones, falta de protección mecánica y eléctrica y otros. El cuadro es el corazón de la instalación, si falla, la instalación no funciona. Su elección o diseño, es fundamental.

²⁴ Es una colección de papeles o documentos que contienen información detallada en cuanto a la parte eléctrica de un sistema.

²⁵ Refiere a todos aquellos elementos fijos de un cuadro eléctrico, como son su estructura, paredes, etc., así como también las instalaciones que se tenga en él.

1.10.1.1 Características constructivas. Índices de protección IP. Según UNE 20024, DIN 40050 y CEI 144

1 ^{ra} Cifra		2 ^{da} Cifra		3 ^{ra} Cifra	
Protección contra cuerpos sólidos		Protección contra los líquidos		Protección mecánica	
IP		IP		IP	
0	Sin protección	0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm.	1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua.	1	Energía de choque 0.225 julios.
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm	2	Protegido contra las caídas de agua hasta 15° verticales.	2	Energía de choque 0.375 julios.
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2.5 mm	3	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° verticales.	3	Energía de choque 0.500 julios.
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm	4	Protegido contra proyecciones de agua en todas las direcciones	4	Energía de choque 2.00 julios.
5	Protegido contra el polvo sin sedimentos Perjudiciales	5	Protegido contra el lanzamiento de agua en todas las direcciones	5	Energía de choque 6.00 julios.
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar	6	Energía de choque 20.00 julios.
		7	Protegido contra inmersión Protegido contra los efectos prolongados inmersión bajo presión		

Tabla 1.4.- Índices de protección según las normas IP.

1.10.1.2 Características de protección IP. Según normas ICE 529, DIN 400050, NF C20-010, UNE 20.324.78.

X1 Protección de las personas contra contactos directos. Protección del equipo contra la entrada de cuerpos sólidos.		X2 Protección del equipo contra líquidos.	
0	Sin protección	0	NO hay protección
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm.	1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensaciones)
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm	2	Protegido contra las caídas de agua hasta 15° verticales.
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2.5 mm	3	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° verticales.
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm	4	Protegido contra proyecciones de agua en todas las direcciones
5	Protegido contra el polvo con ningún depósito perjudicial.	5	Protegido contra el lanzamiento de agua en todas las direcciones 360°.
6	Protección total contra el polvo	6	Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar
		7	

Tabla 1.5.- Características de protección según las normas IP.

1.10.1.3 Grados de aislamiento

Envolventes selección del material según UNE 20.314-83

- AISLAMIENTO. Conjunto de los materiales aislantes que entran en la construcción de un aparato.

- AISLAMIENTO FUNCIONAL. Aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento conveniente de los materiales y la protección fundamental contra los choques eléctricos.

- AISLAMIENTO SUPLEMENTARIO. Aislamiento independiente previsto además del aislamiento funcional con el fin de asegurar la protección contra los choques eléctricos en el caso de defecto de aislamiento funcional.

- DOBLE AISLAMIENTO. Aislamiento que comprende a la vez el aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.

- AISLAMIENTO REFORZADO. Aislamiento funcional mejorado que tiene propiedades mecánicas y eléctricas tales que provoca el mismo grado de protección contra los choques eléctricos que un doble aislamiento.

- GRADO DE AISLAMIENTO. Conjunto de cualidades adquiridas por los materiales como consecuencia de su aislamiento, se clasifica en:
 - Clase 0.- Ningún medio de protección por puesta a tierra.
 - Clase I.- Protección por puesta a tierra.
 - Clase II.- Aislamiento suplementario, pero ningún medio de protección por puesta a tierra.
 - Clase III.- Previsto para alimentación por pequeña tensión de seguridad.

1.10.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL CUADRO ELÉCTRICO

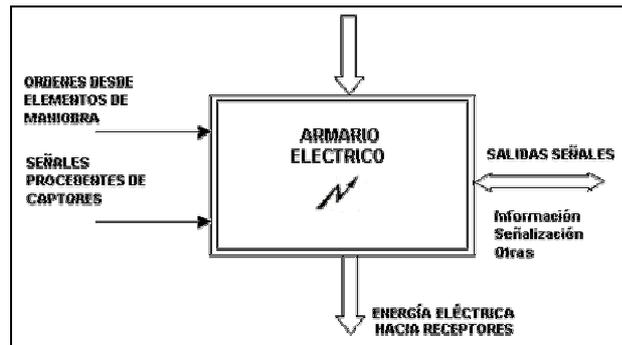


FIGURA 1.42.- Armario eléctrico.

El cuadro eléctrico es el corazón de la instalación eléctrica. En él están reunidos todos los elementos de accionamiento y control de los receptores. Recibe las órdenes y señales procedentes de los elementos de maniobra y de los captosres y conduce la energía de la red eléctrica hacia los receptores para que realicen los cometidos que tienen encomendados.

1.10.3 Características a considerarse en el diseño del cuadro eléctrico

Dada la importancia que el cuadro eléctrico tiene en el conjunto de la instalación, debe reunir una serie de características para asegurar las prestaciones que debe dar con las máximas garantías.

Características principales que se deben considerar en el momento de elegir un cuadro eléctrico.

- Dimensiones y formas
- Materiales constructivos
- Tipos de puerta y cierres
- Grados de protección
- Lugar de emplazamiento
- Formas de sujeción
- Acondicionamiento interior
- Otras características que convenga resaltar

1.10.3.1 Dimensiones

Los armarios, cuadros, chasis tendrán la capacidad que permita montar e instalar los aparatos que deban alojar, con cierta holgura permitiendo el desahogo en el cableado para que resulte fácil el seguimiento y localización de los conductores.

Por otro lado, es recomendable una sobrecapacidad de 30% en la superficie y volumen, para asegurar la colocación de aparatos en posibles futuras ampliaciones.

1.10.3.2 Formas

En la selección del cuadro eléctrico es muy importante la elección de la forma, ya que tiene repercusiones en:

- Aspecto externo
- Forma constructiva
- Ergonomía respecto a su accesibilidad
- Posicionamiento en su lugar de trabajo

1.10.3.3 Materiales constructivos

Cualquier material no es bueno para fabricar o suministrar un cuadro. La elección de materiales con los que se construye el chasis o se suministra desde el comercio depende de diversos factores, como son por ejemplo:

a.- Dimensiones

Los armarios en PVC y materiales similares están limitados generalmente a pequeñas y medias dimensiones. Los armarios, cuadros y chasis por lo general se construyen en materiales resistentes, como el acero al carbono y el acero inoxidable.

b.- Lugar de implantación

No es lo mismo que un armario esté instalado en un taller junto a las máquinas, o en una zona aislada, o en un local eléctrico centralizado.

Estas situaciones serán determinantes en el momento de elegir el armario, cuadro o chasis.

c.- Ambiente del local

Si la implantación del armario se hace en un local seco, con aire limpio, ventilado y con temperaturas moderadas no tendrá que ser igual que otro con ambiente húmedo, sucio, mal ventilado y con altas temperaturas. Otras veces a los problemas anteriores se suma el riesgo que tiene que trabajar en atmósferas con alto riesgo de explosión.

Los materiales con los que se construyen los cuadros se elegirán después de analizar las condiciones de trabajo y así podrán construirse o suministrar armarios en:

- Materiales PVC o derivados
- Chapa y perfiles en acero al carbono
- La chapa y perfiles se pueden presentar pintados y/o galvanizados
- Chapa en acero inoxidable y perfilera galvanizada o anodizada

1.10.3.4 Tipos de puerta y cierres

Los armarios y cuadros pueden tener sus accesos cerrados con tapas o puertas. Se trata de tapas cuando los cierres se atornillan y de puertas cuando se soportan sobre bisagras y cierres. Por lo general, con los cierres se impide el acceso a personal no autorizado, por lo que el cierre debe tener dificultad de acceso, lo que se logra con cierres especiales y candados.

1.10.3.5 Grados de protección

En la tabla 1.4 puede leerse los grados de protección para todo elemento eléctrico (3 cifras). En las figuras 1.43 y en la tabla 1.6 se muestran los índices de protección Ex para instalaciones con riesgo de explosión y los grados de protección IP en función del local, respectivamente.

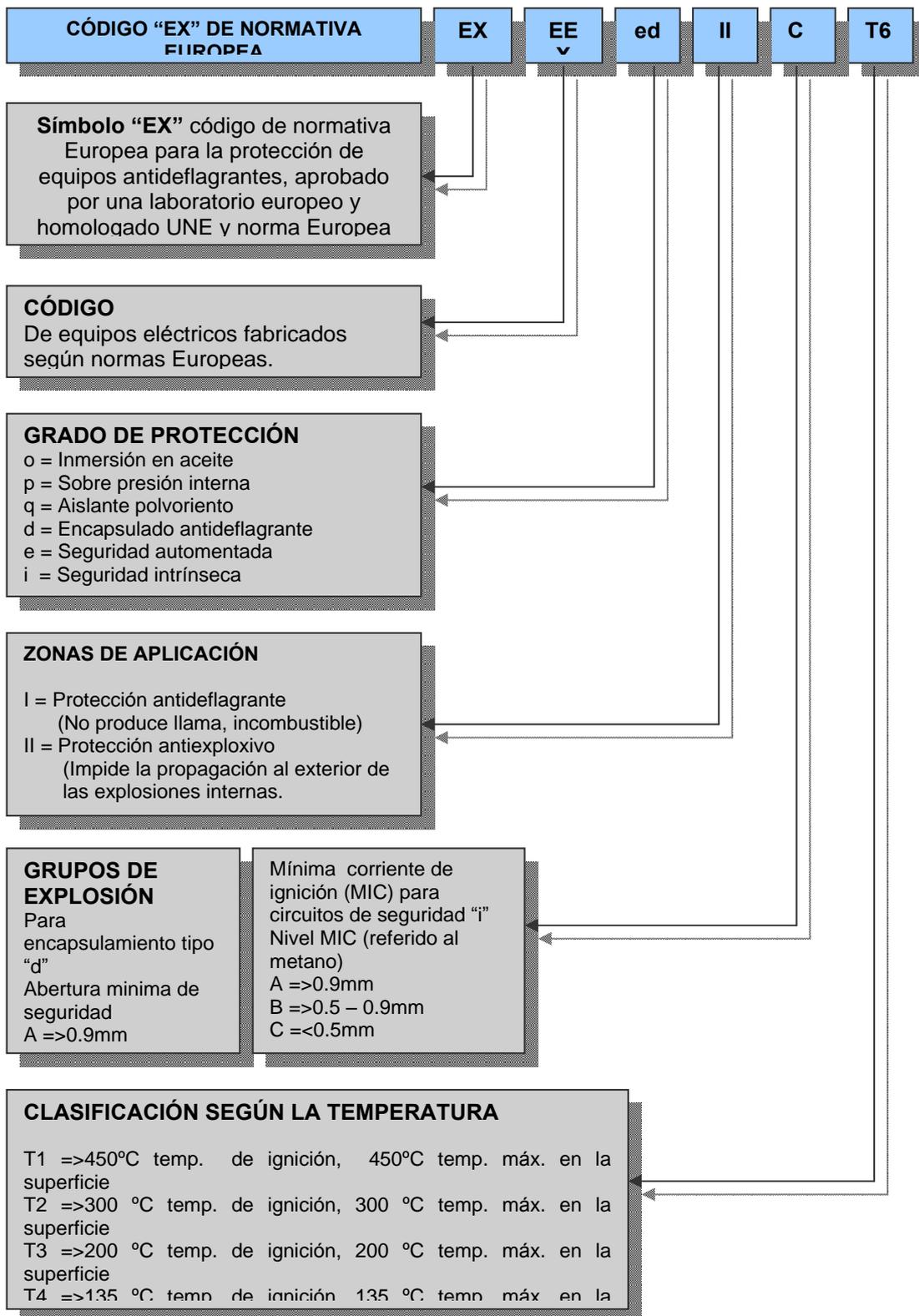


Figura 1.43.- Índices de protección Ex para instalaciones con riesgo de explosión

LOCAL O EMPLEADO	IP Mínimo	LOCAL O EMPLEADO	IP Mínimo
Locales domésticos o similares		Locales en explotaciones Agrícolas	
Habitaciones	201	Bodegas	205
Patios	241/251*	Estados cerrados	245
Cocinas	201	Lavaderos	245
Graneros	241/251*	Leñera	305
Jardines	211	Molido de cereales	505
Lugares de recreo	231	Cavas de destilación	235
Cuarto de basura		Corrales	255
Cuartos de baño:		Criadero de aves	245/255*
- Volumen de protección	231	Almacén de abonos	505
- Otros emplazamientos	211	Cuadras	455
Cuarto de estar	201	Almacén de forraje, pajar	505
Sótanos	211	Graneros, granjas	505
Terrazas cubiertas	211	Invernaderos	235
Cuarto de aseo	211	Sala de ordeño	255
Terrazas	211	Gallineros	445
		Porquerizas	245
Locales técnicos		Instalaciones varias	
Sala de acumuladores	331/335*	Campings y caravanings	324
Cámara frigorífica	331/335*	Calles y emplazamientos exteriores	345
Servicio eléctrico	205	Establecimientos de feria	335
Salas de mando	201	Piscinas:	
Talleres	215/237*	- volumen de protección	351
Laboratorios	211/315*	- zonas de paso	341
Parking no superior a 100m ²	215*	Saunas	341
Sala de máquinas	315/317*		
Cuarto de calderas:		Edificios de uso colectivo	
- de carbón	515/517*	Despachos	201
- otros combustibles	215/217*	Bibliotecas, archivos	201
Almacén de combustibles:		Salas de mecanografía, central telefónica	205
- Carbón	507	Salas de dibujo, reproducción	205
- Fuel	205/207*	Salas de clasificación	205
- Gas licuado	205/237*	Aulas	205/215
Cuarto de bombas	235/237*	Comedores, cantinas	215
Estación de vapor o agua caliente	235/237*	Grandes cocinas	355
		Dormitorios colectivos	205
Garajes y parkings de superficie superior a 100m²		Gimnasios	215/217*
Áreas de estacionamiento	215/211*	Locales militares	215
Zonas de lavado	255	Salas de baile, reunión, espera	205
Zonas de seguridad:		Salas de explosión	205
- interior	215		
- exterior	245		
Zonas de engrasé	237		
Local de carga de baterías	235		
* 2 grados definidos por la norma C15100			

LOCAL O EMPLEADO	IP Mínim	LOCAL O EMPLEADO	IP Mínim
Locales sanitarios de uso colectivo		Establecimientos industriales	505
Cuartos de lavabos, WC, urinarios	215	Pieles, tratamiento	335
Salas de lavabos colectivos	235	Frigoríficos, depósito	255
Salas de duchas con cabina individual	255	Queserías	317
Salas de duchas colectivas		Gas, fábrica y depósito	505
		Graneros	335
		Grabado de metales	315
		Extracción de aceites	337/347
		Hidrocarburos, fabricación	*
Establecimientos industriales	555	Imprentas	207
	355	Lecherías	255
Mataderos	335	Lavaderos públicos	255
Fabricación de acumuladores	335	Licores, fabricación	215
Ácidos	245	Líquido inflamable, manipulación	217
(fabricación/almacenaje)	245	Materias plásticas, fabricación	517
Alcohol	535	Carpinterías	507
(fabricación/almacenaje)	507	Motores térmicos, ensayos	307
Aluminio	235/245	Munición, depósito	337
(fabricación/almacenaje)	*	Tratamiento de basura	535/545
Animales (crianza y venta)	507	Papel fabricación	*
Asfalto, almacén de betún	245/255	Papel, almacenaje	335/345
Cardado de lana	*	Perfume, fabricación, almacenaje	*
Lavanderías	505	Pasta de papel fabricación	315
Manipulación de leña	245	Pinturas, fabricación, depósito	315
Carnicerías	537/547	Escayolas, manipulación	345
Panaderías	*	Productos químicos, fabricación	315
Cervecerías	545	Refinerías de petróleo	507
Cerámicas	515	Jabones, fabricación	515
Caucho, vulcanizado	335	Acererías	555
Carburos, fabricación, almacenaje	557	Sedas, preparación	355
Cartones, fabricación	307	Azufre, tratamiento	355
Canteras	347	Azucareras	
Celuloide, fabricación	537	Curtidos	
Celulosa, fabricación	245/255	Tintorerías	201
Carbón, almacenaje	*		207
Charcutería	307	Establecimientos públicos y de espectáculos	201
Calderería	507	SA Salas	
Hornos de cal	335	SC Escenarios	201
Cloro, fabricación y almacenaje	335	CI Locales de proyección Cinematografía	201
Cromados	317/337	AD Locales de administración	207
Cementeras	*	AD Camerinos	201
Colas, pegamentos, fabricación	515		
Combustibles líquidos, depósitos	317		
	317		
	535		
	335		

Tabla 1. 6.- Grados de protección IP, en función del local. Según norma NF 15100.

1.10.3.6 Lugar de emplazamiento

El lugar de emplazamiento condiciona la elección de los materiales, y también la protección adicional a darles.

Si el armario se monta en la propia máquina, ésta debe aislarse de las vibraciones, golpes y todo aquello que pueda perturbar su funcionamiento y conservación. Si el montaje se hace en las proximidades de la máquina, habrá que protegerlo contra los impactos de los medios de manutención, tales como carros, carretillas eléctricas, con rodapiés tuertes y robustos.

Si el montaje se hace en el exterior a la intemperie, protéjanse con tejados, caseta u otro medio que evite o reduzca las inclemencias directas del tiempo.

1.10.3.7 Formas de sujeción

Importante es la sujeción de los cuadros, del tipo que sean, o las paredes, al suelo, a la máquina. Utilícense medios seguros y adecuados al dimensionado y peso de lo que se quiere sujetar.

1.10.3.8 Acondicionamiento interior

Cuando se trata de un armario cerrado y el número de aparatos que contiene es, elevado y disipan mucho calor, hay que evacuarlo para asegurar un régimen de trabajo adecuado. Los procedimientos que existen para evacuar el calor son los extractores. Otras veces la simple ventilación natural es suficiente.

En ciertas instalaciones que tienen componentes electrónicos y cada vez son más, se deja sentir rápidamente las consecuencias de una temperatura elevada, provocando averías. En estos casos habrá que recurrir a instalaciones frigoríficas.

1.10.3.9 Otras características

La protección contra incendios es un complemento que se puede añadir a los armarios eléctricos a partir de:

- Control de la temperatura
- Control de humos.
- Instalación contra incendios a base de gases o productos sólidos en polvo.

1.10.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL CUADRO

Una de las partes importantes en cuanto a los cuadros eléctricos está precisamente en la distribución de los elementos eléctricos en el cuadro o dispositivo que los contenga. Para lograr la correcta distribución de los elementos en el cuadro, se precisan los siguientes requerimientos:

- Conocimientos eléctricos básicos
- Conocimientos de esquemas eléctricos
- Conocimientos de los aparatos que intervienen en el esquema
- Elección de la envolvente

Con lo antes mencionado nos será fácil generar un esquema eléctrico o de cualquier otro tipo que nos ayudará a disponer los elementos dentro del cuadro eléctrico ayudándonos de las herramientas de la informática. Generalmente se puede partir del siguiente esquema:

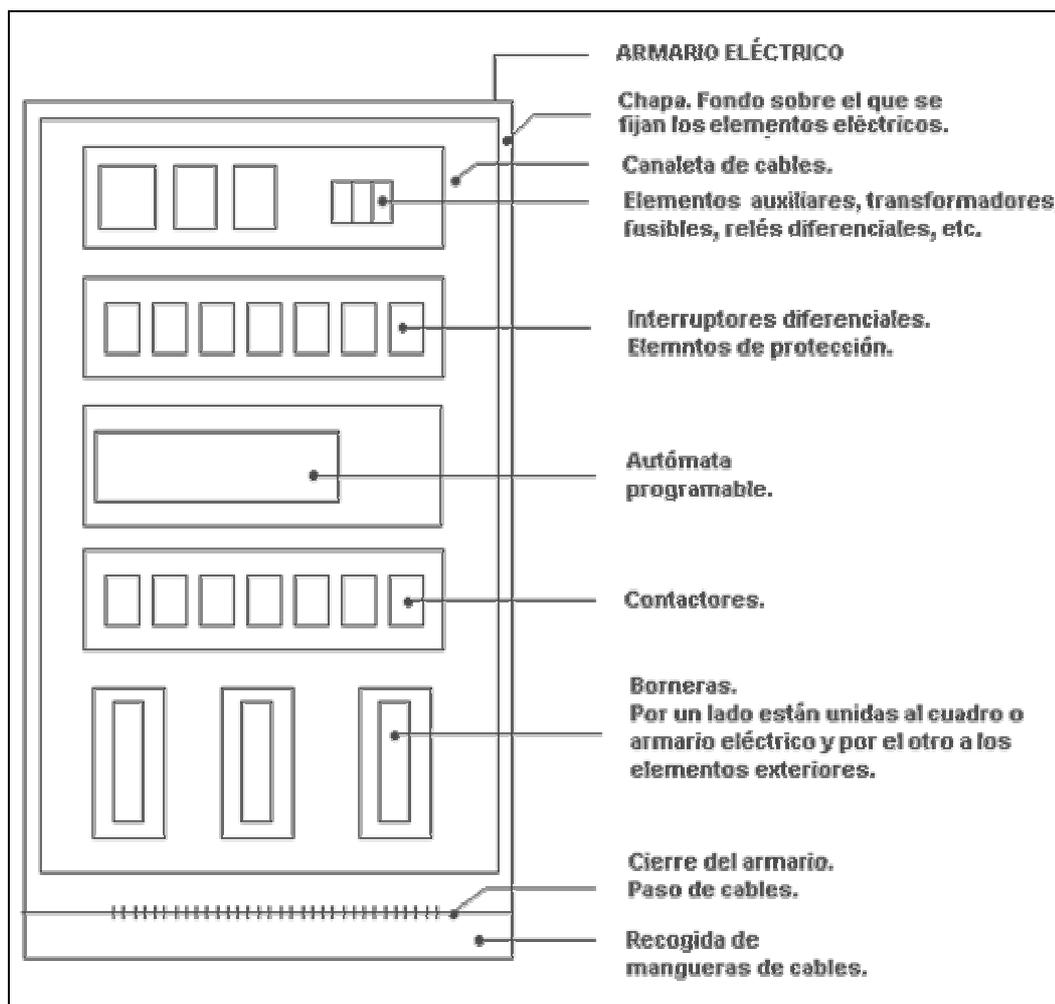


FIGURA 1.44.- Disposición típica de dispositivos en un cuadro eléctrico.

1.10.5 CABLEADO DEL ARMARIO

Para realizar el cableado del cuadro, armario o chasis, cuyo elemento principal está en los autómatas, se seguirán las recomendaciones del fabricante. Dadas las características de los autómatas programables y de otros componentes electrónicos que pueden llevar los circuitos, es necesario tener sumo cuidado en observar las consignas del fabricante dado la fragilidad de estos aparatos y los riesgos de una incorrecta manipulación, ante la gran cantidad de componentes.

Todos los componentes electrónicos que intervienen en la confección de un cuadro eléctrico deben ser protegidos durante la manipulación, fijación y fase de cableado. De no hacerlo, la avería o rotura, son seguras.

Respecto a la construcción del cuadro, armario, chasis, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Todos los aparatos y conductores deberán estar identificados
- Orden y buen gusto en la disposición de los aparatos en el cuadro
- Calidad en el cableado. Mínimos fallos
- El cableado en el cuadro, entre cuadros y con los receptores será de buena calidad y con las protecciones adecuadas
- Dossier eléctrico. Cuanto más completo mejor
- Pruebas de los circuitos de potencia y maniobra
- Simulación del funcionamiento
- Pruebas de entradas / salidas
- Pruebas de los elementos de potencia (sentido de giro)
- Pruebas de funcionamiento
- Seguimiento del arranque

CAPITULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.12 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA DE PRUEBAS

El sistema de pruebas deberá ser capaz de controlar: el arranque, frenado, sentido de giro y velocidad de un motor de corriente alterna, trifásico y asíncrono, desde un gabinete similar al de un operador, el cual ofrecerá la opción de operabilidad desde una botonera o un panel de operador.

Además el sistema presentará un informe del estado, alarmas y accionamientos del motor en mención, a través de un conjunto de lámparas indicadoras ubicadas en el gabinete del operador. Dicha información podrá también ser monitoreada y detallarse en las páginas del panel de operador ofreciendo al personal que lo manipule un entorno amigable.

Los dispositivos encargados del control como los de potencia residirán en un cuadro eléctrico dividido en dos cubículos, donde se aislarán ambas etapas y que al igual que el gabinete de operador, deberán situarse en la subestación de DC de la máquina papelera MP5.

El presente proyecto además permitirá el monitoreo y parametrización del equipo encargado de controlar al motor de pruebas, a través del software destinado para el mismo.

Para que el sistema de pruebas sea lo más didáctico posible y permita a los miembros del departamento de Mantenimiento Eléctrico y de Servicios Especiales familiarizarse rápidamente con el Sistema Multidrive ABB, deberá ser lo más semejante posible al mismo.

El motor se ubicará en un lugar adecuado, seguro y de fácil acceso fuera de la subestación de DC por motivos de seguridad, pudiendo ser desconectado y fácilmente desmontable de acuerdo a las necesidades. Además de esto, el motor de pruebas deberá habilitarse desde una muletilla de seguridad ubicada lo más cercanamente posible a él.

La activación de la etapa de potencia del sistema de pruebas deberá ser posible desde un par de pulsadores ubicados en la puerta del tablero que lo alberga, en el caso que el personal que lo opere así lo requiera y una vez que las seguridades así lo permitan.

De lo descrito anteriormente cabe acotar que el sistema de pruebas deberá prestar todas las facilidades ya descritas manteniendo un nivel de seguridad adecuada para el sujeto que desee manipularlo. La técnica en el manejo del sistema de alarmas y paro de emergencia serán gestionadas mediante dispositivos especiales usados en el sistema a modelarse. Además es importante mencionar que el proyecto a desarrollarse no deberá influir negativamente sobre sistemas adyacentes al mismo, pudiendo ser importantes las consecuencias en el caso que esta condición no se cumpliera. Hay que recalcar que el sistema debe

ser de fácil manipulación por lo que permitirá tener libre acceso a la programación y configuración de los distintos dispositivos inmersos en el mismo, una vez que el personal esté capacitado para hacerlo.

En cuanto a los tableros como al gabinete donde residirá el sistema serán construidos tomando en cuenta las normas industriales en el montaje y diseño de tableros de control descritas en los apartados del capítulo anterior.

2.13 DIAGRAMA DE BLOQUES

Para la realización del proyecto, los autores han estimado conveniente plantear la solución del problema, representada en el diagrama de bloques de la figura 2.1.

B1.- Representa al PLC que se emplea en el proyecto. Debido a que el sistema de aprendizaje debe ser lo más semejante al instalado, se utiliza la plataforma escalable ABB Advant Controller 80, que es usado en el Sistema Multidrive ABB. Éste se encargará de controlar al inversor, gestionar alarmas, mostrar estados y comunicar la realidad del proceso a un Panel de Operador de acuerdo a las órdenes enviadas desde el mismo panel o de una botonera.

B2.- HMI básico.- Son el conjunto de pulsadores y selectores de marcha y paro con contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC) respectivamente. Además contiene un paro de emergencia que permite la operación segura del sistema de pruebas. Este bloque incluye al grupo de lámparas indicadoras o luces pilotos las cuales se encargan de mostrar estados de activación, habilitación y desactivación.

B3.- Unidad de comunicación.- Se refiere a la tarea realizada por la tarjeta de control del inversor que permite la comunicación con distintos dispositivos entre estos: PLC, PC y módulos especiales.

B4.- Unidad de alimentación DC.- Representa a todos los dispositivos que constituyen la fuente de alimentación, que provee de voltaje de corriente directa (510 VDC) a la sección de potencia del inversor.

B5.- Inversor.- Es un equipo parte del sistema multidrive ABB, que a partir de una alimentación de corriente directa (DC) controla a su salida un sistema de corrientes trifásicas con el fin de manejar un motor. De acuerdo a la similitud que el sistema de pruebas deberá cumplir en contraste al sistema antes mencionado se utiliza un inversor ABB de la serie ACS 600 de 50KVA.

B6.- Motor trifásico.- Corresponde al motor que se conectará al sistema de pruebas el mismo deberá ser asíncrono, trifásico y de corriente alterna. Además deberá estar provisto de un encoder para la realimentación de velocidad angular.

B7.- Es la representación de una PC convencional, que asistida del software Drive Window servirá de herramienta para configurar, parametrizar y monitorear al inversor que maniobrará a su vez al motor de pruebas. De la misma manera dicho computador permite el monitoreo de variables de interés en el programa de aplicación residente en el PLC.

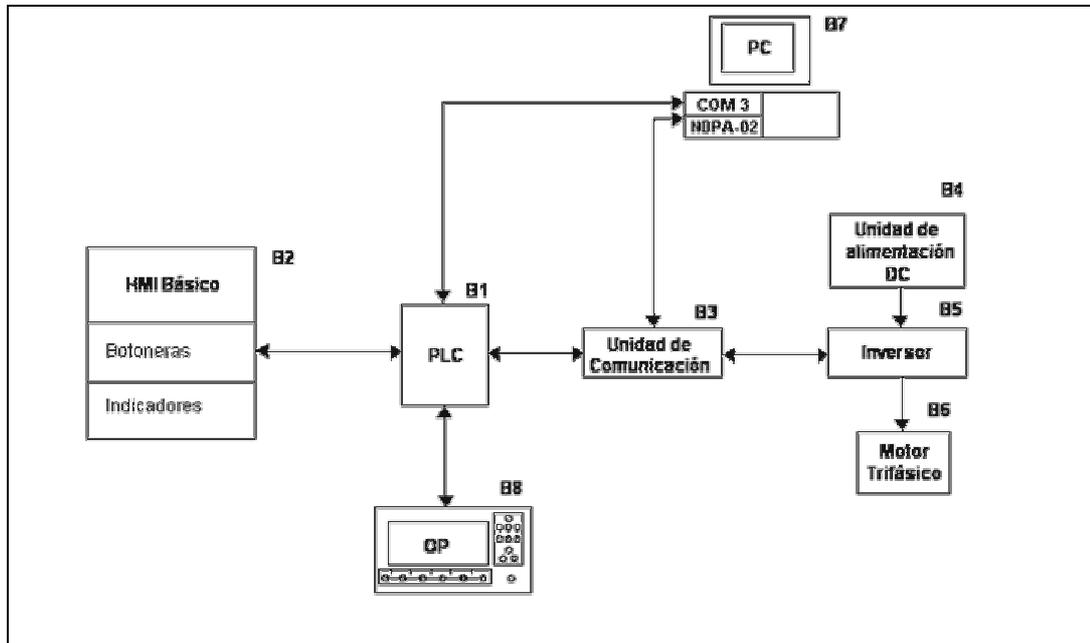


FIGURA 2.1.- Diagrama de bloques del sistema de pruebas

B8.- Refiere al panel de operador (OP) el cual presentará gráficamente el estado y velocidad de funcionamiento del motor trifásico, así como también, alertará cuando se produzca un evento de alarma y detallará su naturaleza.

2.14 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Dado que el sistema de pruebas deberá poseer un alto grado de similitud con respecto al Sistema Multidrive ABB, la selección de componentes en mayor parte estará limitada por la existencia de repuestos residentes en la bodega de materiales de la planta.

Por motivo de mejor identificación y codificación de los componentes, se asigna la nomenclatura que se empleará posteriormente en los planos definitivos del proyecto. Ver anexos C, Planos eléctricos y D, Planos de comunicación.

2.14.1 SELECCIÓN DE TABLEROS

En consideración a las recomendaciones expuestas en lo que refiere al montaje y diseño de tableros de control como a los requerimientos del sistema se ha creído conveniente disponer de un cuadro eléctrico que cumple con las siguientes características:

CUADRO ELÉCTRICO	
Cubículos	2
Dimensiones generales	135 x 220 x 60 cm.
Dimensiones cubículo 1	80 x 220 x 60 cm.
Dimensiones cubículo 1	55 x 220 x 60 cm.
Material constructivo	Tol galvanizado Espesor: 1/32"

El gabinete que servirá para la operación del sistema cumple con las especificaciones mostradas a continuación:

GABINETE DE OPERADOR	
Dimensiones	60 x 60 x 30 cm.
Material constructivo	Tol galvanizado Espesor: 1/25"
Grados de protección	IP 345

2.14.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO Y DEL ENCODER

El proceso de selección de un motor conlleva aspectos tales como: características de accionamiento; aspectos constructivos; potencia, calentamiento y refrigeración; medio ambiente; sistema aislante, aspectos de instalación, mantenimiento y protecciones.

Debido a que el objetivo del sistema de pruebas no centra su importancia en la minuciosa selección del motor de pruebas se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Potencia
- Tensión y frecuencia de alimentación
- Velocidad

Una vez explicado el criterio de selección que se tomará frente a la elección del motor de pruebas y dado que el mismo deberá ser producto de la homologación con el Sistema ABB Multidrive a modelarse; el mismo poseerá las siguientes características:

Potencia: 5,5 Kw
 Tensión de alimentación: 380 VAC
 Frecuencia de alimentación: 50 Hz
 Velocidad: 1425 rpm

Características del motor seleccionado:

Voltaje	380 VAC \square
Corriente	10 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1425 rpm
Potencia	5,5 KW
cos \square	0.84
Marca	ASEA

Es necesario contar con un transductor que permita conocer la velocidad del motor, por lo que es necesario el uso de un transductor acoplado al motor, los más comunes son: tacos generadores y encoders. En este caso se ha optado por el uso de un encoder siendo los criterios de selección los siguientes:

- Revoluciones del motor
- Voltaje
- Tipo de encoder

El encoder seleccionado posee las siguientes características:

ENCODER	
Revoluciones del motor	1800 rpm
Resolución	2058 ppr
Voltaje que entrega el encoder	9 a 30 VDC
Tipo de encoder	Incremental

2.14.3 SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN

2.14.3.1 Fuente de alimentación para la etapa de control

Los distintos dispositivos de control del sistema de pruebas requieren una alimentación de 24 VDC. Para dimensionar la potencia de la fuente, se considera la carga total. Siendo 9 dispositivos electrónicos, que demandan una corriente promedio de 200 mA, 8 entradas, que consumen una corriente de 6 mA respectivamente y 7 luces piloto cuyo consumo individual es de 18mA. Por lo tanto, la corriente que requiere suministrar la fuente de tensión auxiliar, se indica a continuación:

Componente	Cantidad	Corriente por carga (mA)	Corriente total (mA)
Dispositivos electrónicos	9	200	1800
Consumo de entrada discreta	8	6	48
Luces piloto	7	18	126
Corriente total:			1974

Considerando que:

- La demanda, en el peor de los casos es toda la carga instalada, $I = 1,974 \text{ A}$.
- Un factor de seguridad de 1,5.

Se tomó la decisión de utilizar dos fuentes una para los dispositivos de la etapa de control y otra para el resto de la circuitería. Las fuentes seleccionadas poseen las siguientes características:

FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC	
Marca	SIEMENS, SITOP
Voltaje de alimentación	110/220 VAC
Voltaje de salida	24 VDC
Corriente	5 A
Protecciones	Cortocircuito, Sobrecarga.

2.14.3.2 Fuente de alimentación para el inversor

Entre los requerimientos del sistema se menciona que el mismo no debe influir negativamente sobre los sistemas adyacentes por lo que se ha optado por construir una fuente de alimentación para la etapa de potencia del inversor, independiente de la del sistema original, en base a las características principales de la misma y a los dispositivos disponibles en el taller del Departamento Eléctrico.

Las características de esta fuente se mencionan a continuación:

FUENTE INVERSOR	
Voltaje de alimentación	220 VAC
Voltaje de suministro	520 VDC
Elementos de conversión	Semiconductores no controlados, Diodos.
Capacidad de carga	7 KVA
Protecciones	Cortocircuito. Estados transitorios y ondulaciones de voltaje.

Dado que el presente proyecto se ajusta a las características de un sistema de pruebas, el diseño de la fuente toma en cuenta la capacidad de carga que será aplicada al inversor. En este caso el motor que se utilizó no demanda gran consumo de potencia al accionador y por ende la fuente de alimentación del mismo no necesita cubrir el rango de potencia nominal del mismo. Es por esta razón que la potencia que puede suministrar la fuente de alimentación del inversor (7 KVA) es inferior al rango de potencia para el que fue implementado el inversor (50 KVA).

2.14.4 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Si bien la selección del inversor es directamente dependiente de los parámetros eléctricos del motor empleado, basándose en los requerimientos de similitud del sistema en contraste con el sistema modelo, se usará el accionador ACS 600, cuyas características principales se muestran a continuación:

INVERSOR	
Alimentación entrada	380...500 V \pm 10 %
Corriente nominal salida	58 A
Frecuencia de salida	0 a 300 Hz
Potencia nominal	50 KVA
Métodos de Frenado	Regenerativo, Disipación de potencia en resistencia, Frenado de flujo.

2.14.5 SELECCIÓN DE RELÉS, CONTACTORES, FUSIBLES, BREAKER, INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS Y RESISTENCIA DE PRECARGA

Luego del análisis de los objetivos del proyecto y tomando en cuenta la protección que necesitan ciertos dispositivos se ha creído conveniente la selección de los siguientes componentes teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Los parámetros considerados para la selección de los contactores son:

- Voltaje y frecuencia de la bobina
- Voltaje y corriente de los contactos
- Potencia trifásica nominal

Las consideraciones para la selección de los relés son:

- Voltaje y frecuencia de la bobina
- Voltaje y corriente de los contactos

Para seleccionar los interruptores termomagnéticos, que son protecciones contra cortocircuito, se consideran los siguientes parámetros de selección:

- Corriente de cortocircuito
- Tensión de los contactos
- Número de polos

Los fusibles serán escogidos de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Valor efectivo de la corriente de cortocircuito
- Corriente de choque de cortocircuito
- Tensión de la red
- Tipo
- Velocidad de extinción

En cuanto a la selección del breaker (interruptor de potencia) se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Tensión de la red
- Corriente de cortocircuito
- Número de polos
- Corriente de choque de cortocircuito

La resistencia de precarga para el inversor viene recomendada por el fabricante del inversor de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Impedancia
- Potencia

Además de los dispositivos antes mencionados, dado los requerimientos del sistema, se gestionará el sistema de emergencia mediante un relé denominado de emergencia cuyas características principales se muestran a continuación:

RELÉ DE EMERGENCIA (BN 5930)	
Tensión de alimentación	110 VAC/ 60 VDC 50/60 Hz
Consumo de corriente nominal	40 mA
Número de contactos	3 NO y 1 NC
Voltaje contactos	230 VAC/110 VDC máx.
Corriente contactos	2A máx.

En las tablas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 se indican los resultados del proceso de selección de los componentes en mención:

Tabla 2.1.- Resultados del proceso de selección de los contactores

CONTACTOR	Bobina		Contactos principales		
	Tensión (Vac)	Frecuencia (Hz)	Tensión (Vac)	Corriente (A)	Potencia (Kw)
Contactador de alimentación del inversor (K1)	220	60	380-400V	65	37
Contactador de control de precarga (K2)	220	60	380-400V	32	15

Tabla 2.2.- Resultados del proceso de selección de los relés

RELÉ	Bobina	Contactos	
	Voltaje de control	Voltaje de línea (Vac)	Rango de corriente de carga
Relé de control de carga (K3)	12 VDC	250	5-10 A/28VDC 7 A/250VAC
Relé de prevención de activación (K5)	220 VAC	250	5-10 A /28VDC 7 A/250VAC
Relé de control de carga (K4)	24 VDC	250	5-10 A/28VDC 7 A/250VAC

Tabla 2.3.- Resultados del proceso de selección de los interruptores termomagnéticos

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	Corriente de cortocircuito (A)	Tensión de contactos (Vac)	Número de polos
Interruptor termomagnético de: OP, NMBC, convertidor de interfaz (F12)	2	220-380	1
Interruptor termomagnético de: NDBU y PLC (F13)	2	220-380	1
Interruptor termomagnético de fuente de alimentación G1 (F9)	6	400	2
Interruptor termomagnético de fuente de alimentación G2 (F8)	6	400	2
Interruptor termomagnético de control de etapa de potencia (F10)	6	400	2
Interruptor termomagnético KE (F15)	6	400	2
Interruptor termomagnético de módulos del PLC. (F14)	2	220-380	1
Interruptor termomagnético de: NTAC, NMAC, NIOC (F11)	4	220-380	1
Interruptor termomagnético de etapa control de potencia (F2)	32	400	3

Tabla 2.4.- Resultados del proceso de selección de los fusibles

FUSIBLE	Tipo	Tensión (V)	Corriente de cortocircuito (A)	Corriente de choque de cortocircuito (KA)
Fusible ultrarrápido de alimentación del inversor (F7)	Cuchilla	5000	160	120
Fusible de toma corriente (F16)	Cartucho	230	6	100
Fusible entrada transformador (F5)	Cartucho	230	40	100
Fusible salida del transformador (F6)	Cartucho	230	25	100

Tabla 2.5.- Resultados del proceso de selección de los breaker

BREAKER	Tensión (V)	Corriente de cortocircuito (A)	Corriente de choque de cortocircuito (KA)	Polos
Interruptor de potencia (breaker) de alimentación del inversor (F4)	690	50	25	3
Interruptor de potencia (breaker) sección de alimentación (F3).	6000	40	10	2
Interruptor de potencia (breaker) sección de alimentación para control (F1)	6000	16	10	3

Tabla 2.6.- Resultados del proceso de selección de la resistencia de precarga

RESISTENCIA	Impedancia (ohmios)	Potencia (vatios)
Resistencia de precarga del inversor RC1	20	870
Resistencia de precarga del inversor RC2	20	870

2.14.6 SELECCIÓN DE BOTONERAS Y LUCES PILOTO

En los paneles de operador generalmente existen dispositivos de señalización y de maniobra, de la misma manera el gabinete de operador estará provisto de estos dispositivos siendo los criterios de selección los siguientes:

- Color
- Diámetro
- Corriente (luces piloto)
- Tensión de alimentación (luces piloto)

En la tabla 2.7 y 2.8 se muestran el resultado de la selección de los componentes en referencia.

Tabla 2.7.- Resultados del proceso de selección de dispositivos de señalización

DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN	Color	Diámetro (mm)	Corriente (Ma)	Tensión (V)
Lámpara indicadora de emergencia activa (H1)	Rojo	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de habilitación de motor (H2)	Verde	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de motor en marcha (H3)	Verde	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de motor detenido (H4)	Rojo	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de giro horario eje motor (H5)	Verde	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de giro antihorario eje motor (H6)	Verde	22	18	24 DC
Lámpara indicadora de alimentación del inversor (H_ON)	Verde	22	20	220 AC

Tabla 2.8.- Resultados del proceso de selección de dispositivos de mando

DISPOSITIVOS DE MANDO	Color	Diámetro (mm)
Paro de emergencia (PE)	Rojo	30
Pulsador de marcha del motor (P1)	Verde	22
Pulsador de frenado del motor (P2)	Rojo	22
Pulsador incremento de velocidad del motor (P3)	Verde	22
Pulsador decremento de velocidad del motor (P4)	Rojo	22
Pulsador iluminado de reset del paro de emergencia (PRE)	Verde	22
Pulsador alimentación inversor (P_ON)	Verde	22
Pulsador alimentación inversor (P_OFF)	Rojo	22
Selector de muletilla de seguridad de motor(S1)	Negro	22
Selector de sentido de giro del motor(S2)	Negro	22
Selector de transferencia de mando botonera/panel de operador (S3)	Negro	22

2.15 DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC

Durante el análisis del Sistema Multidrive ABB y de los requerimientos que debe satisfacer el sistema de pruebas, para asemejarse en el mayor grado posible al mismo, se ha realizado el siguiente proceso de selección en cuanto al autómatas y a sus módulos refiere:

2.15.1 DISEÑO DE LA CPU

Por la homologación tecnológica de nuestro sistema con el Sistema ABB Multidrive, se planteó la solución del problema utilizando el PLC ABB AC80. Las necesidades del proyecto se resumen a continuación:

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO
Entradas discretas	Mayor o igual a 8
Salidas discretas	Mayor o igual a 6
Memoria de programa	Mayor o igual a 32 Kb
Comunicación con panel de operador (OP)	Sí
Función de test y puesta en marcha	Sí

Por disponibilidad y cumplimiento de los parámetros técnicos deseados, se utiliza la CPU PM825, correspondiente al PLC AC80. Las especificaciones de la CPU como las del PLC seleccionado se detallan en el anexo B, Hojas de especificaciones técnicas.

2.15.2 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE ENTRADAS DIGITALES

El sistema de pruebas requiere de entradas discretas del PLC por lo tanto los criterios a tomarse en cuenta son los siguientes:

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO
Número de entradas	8
Tipo de entrada	Sinking
Tensión de entrada	24 VDC
Corriente de entrada	6 mA.
Longitud del cable	5 m.

Debido a los módulos disponibles se ha creído conveniente utilizar un módulo de entradas discretas denominado DI 810 cuyo detalle se puede revisar en el Anexo B.

2.15.3 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE SALIDAS DIGITALES

En lo que refiere a las salidas discretas, los parámetros considerados para la selección de los módulos de salidas discretas son:

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO
Número de salidas	6
Tipo de salida	A relé
Tensión de carga nominal	24 VDC
Corriente de carga	18 mA
Longitud del cable	10 m

EL autómata seleccionado dispone de módulos de salida discretas de 8 ó 16 salidas discretas. Por lo tanto, en vista a lo disponible se seleccionó un módulo de 8 salidas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo DO820 cuyas características se detallan en el anexo B, Hojas de especificaciones técnicas.

2.15.4 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL PLC

La fuente de alimentación se diseña tomando en cuenta el consumo de corriente de cada uno de los componentes del PLC, a continuación se muestra el cálculo respectivo de la corriente total:

COMPONENTE	Cantidad	Corriente (mA)
CPU AC80	1	250
Módulo de entradas digitales DI 810, 16 x DC 24 V	1	50
Entradas digitales	8	48
Módulo de salidas digitales DO820, 8 x AC 5/250 V/3 A	1	140
Salidas digitales	6	126
Corriente total		614

Por lo tanto, se utiliza la fuente de alimentación ya diseñada para los dispositivos de control del sistema de pruebas, cuyas especificaciones se detallan en el anexo B.

2.16 DISEÑO DE LA PANTALLA

Las pantallas conocidas en el ambiente industrial como OP's (panel de operador o panel de operación) son de gran provecho en la actualidad ya que reemplazan el uso de PC's, para dotar de un HMI local a un proceso.

Debido a que el sistema de pruebas tiene como objetivo modelar el Sistema ABB Multidrive, se precisa el uso de un panel de operador que en función de lo disponible, dentro de los repuestos del sistema antes mencionado, se ha creído conveniente el uso de la pantalla ABB GOP 2010 que cumple con las siguientes características técnicas:

PANTALLA	
Tipo	Gráfica
Tamaño del display	10,5 pulgadas (26,67 cm)
Teclado	18 teclas
Memoria	4 MB
Puertos de comunicación	RS232 / RS485/ RS422
Protocolo de comunicación	Modbus

2.17 DISEÑO DE LOS MÓDULOS ADICIONALES

La escalabilidad del PLC ABB AC80 permite la adaptación de ciertas tarjetas o módulos que permiten su comunicación e interacción con otros dispositivos por lo que para cumplir los requerimientos del proyecto se requieren de ciertos módulos auxiliares al autómatas cuyas características se detallan en el Anexo B, Hojas de especificaciones técnicas.

2.17.1 DISEÑO DEL MÓDULO INTERFAZ DEL ENCODER

Dado que el inversor en su tarjeta de control no cuenta con una entrada que admita la señal de un encoder se precisará de un módulo interfaz para solucionar este inconveniente denominado NTAC-02. Este dispositivo servirá además de interfaz para transformar la señal eléctrica obtenida del encoder en una señal de naturaleza luminosa, que será transmitida por fibra óptica hacia la tarjeta controladora del inversor. Las características detalladas del módulo NTAC se adjuntan en el Anexo B, sin embargo a continuación se muestran las principales:

MODULO INTERFAZ DEL ENCODER	
Entrada máxima de frecuencia	100 Khz.
Resolución	0.00305 % (15 bits)
Corriente de consumo máxima	250 mA.
Voltaje de consumo	24 VDC
Canales	B =Desfasado 90° eléctricos respecto A A Z Un pulso por revolución

2.17.2 DISEÑO DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN DDCS

El PLC ABB AC80 tiene la capacidad de comunicarse con un conjunto de drives pudiendo monitorear, acceder y modificar sus parámetros durante su funcionamiento. Todo esto lo logra gracias al bus denominado DriveBus, el cual plantea la conexión de un grupo de drives con un autómatas mediante fibra óptica usando el protocolo DDCS (Sistema de Comunicación Distribuido para Drives).

El bus antes mencionado requiere de una tarjeta denominada unidad distribuidora para su interacción con un grupo de inversores, sin embargo la naturaleza de nuestro sistema contempla el control de un solo accionador por lo que únicamente se requiere del módulo de comunicación de la tarjeta de control del drive (RDCU) denominada por el fabricante como RDCO, mediante la cuál se enlazará el drive como esclavo sujeto a las órdenes de un maestro que para el sistema será el PLC.

El sistema de pruebas pretende la conexión tanto de una PC como de un PLC con el inversor para lo cual es necesario el uso del módulo antes mencionado cuyas características se muestran a continuación y se detallan en el Anexo B, Hojas de especificaciones Técnicas.

MÓDULO DE COMUNICACIÓN DDCS	
Número de canales	4
Velocidad de transmisión	1 a 4 Mbps
Consumo de voltaje	5 VDC
Consumo de corriente	200 mA

2.17.3 DISEÑO DE LA TARJETA INTERFAZ DDCS/PCMCIA

Una etapa importante en el proyecto radica en la programación o parametrización del inversor, ya que se realiza mediante el Software DriveWindow que se encontrará residente en una PC. Debido a que la única posibilidad de comunicación con el inversor es mediante el denominado DriveBus, es necesario el uso de una tarjeta interfaz que se encargue de la conversión de las señales ópticas difundidas por las fibras, a un lenguaje entendido por la máquina, es decir señales eléctricas de cierto nivel que intercambiarán información con el inversor usando un puerto PCI.

Por tales motivos es necesario la selección de una tarjeta interfaz DDCS/PCI con el fin de parametrizar y monitorear al sistema mediante una herramienta informática, por lo que se usará la tarjeta NDPA-02 cuyas especificaciones se muestran en el Anexo B, Hojas de especificaciones técnicas.

2.17.4 DISEÑO DE LA TARJETA TERMINAL DE COMUNICACIÓN

Dentro de la configuración del PLC existe un puerto de comunicación denominado Ch2 el cual tiene como objetivo la conexión del autómeta con los siguientes dispositivos: registrador de alarmas, panel de control y panel de operador. El enlace se da mediante una interfaz RS485 usando el protocolo Modbus. Para lo consiguiente se requiere de una tarjeta terminal de comunicación que mediante sus tres puertos permite la conexión de los distintos dispositivos antes mencionados y la terminación del bus de comunicación.

El proyecto dentro de sus requerimientos contempla la comunicación del PLC con un OP para supervisar, monitorear y manipular al motor, por lo que es necesario el empleo de la tarjeta en mención. Los detalles de la misma se exponen en el Anexo B, Hojas de especificaciones técnicas.

2.17.5 DISEÑO DEL CONVERTOR DE INTERFAZ RS485/RS232

El sistema de pruebas contempla la comunicación del PLC AC80 con un panel de operador GOP2011 para lo cual es necesario utilizar un convertor de interfaz RS485 (interfaz que maneja el autómeta) a RS232, esta última no es la interfaz dedicada para la comunicación del panel con otros dispositivos pero, sin embargo

debido a la avería de los puertos que manejaban RS485 se ha tenido que alternar usando el único puerto hábil.

Consecuentemente es necesario adoptar el uso del conversor de interfaz en mención, acusando de los siguientes requerimientos para su selección:

- Velocidad de transmisión
- Número de bits de la trama
- Normas de protección

En consecuencia se ha seleccionado un conversor de interfaz conocido en la marca Siemens como cable MPI que posee las siguientes características:

CONVERSOR INTERFAZ RS232/RS485	
Velocidad de transmisión	Configurable de: 1.2 a 115.2 Kbaud
Número de bits de la trama	Configurable de: 10 a 11 bits

2.18 DISEÑO DE LOS TABLEROS DE CONTROL Y POTENCIA

La configuración del PLC y de los demás dispositivos describe el proceso mediante el cual se establece ¿cómo? y ¿dónde? se emplazan los componentes del sistema de acuerdo al rango de influencia, jerarquía o dependencia de los mismos frente al autómata.

La manera de realizar la configuración es elaborando un bosquejo del espacio disponible y de la ubicación que cada uno de los dispositivos deberá tener siguiendo las recomendaciones que nos acercan las normas industriales en el montaje y diseño de tableros de control. Producto de lo antes mencionado y fijándose en las características de emplazamiento y dimensiones de los dispositivos periféricos al autómata se realiza un diagrama como el mostrado en el anexo C, Planos eléctricos (Diagrama de bloques de acción). Una vez concluida la configuración del sistema, se ejecutan dos trabajos: la instalación y la programación.

En el proceso de instalación de los componentes del sistema es importante mencionar, que si bien un autómata y sus periféricos son diseñados para soportar rigurosos ambientes de trabajo, no se debe obviar el análisis de las condiciones en el que operará, cuidando que no se sobrepasen las especificaciones dadas por el fabricante.

Por tal motivo, el PLC se montará en la sección de control del armario el cual cumplirá con las dimensiones adecuadas para contener con holgura los componentes del equipo y el resto de los elementos necesarios, como son: interruptores, seccionadores, fuentes de alimentación, circuitos de protección, conductos de cableado, etc. Otra característica importante que deberá cumplir el tablero, es la de minimizar los efectos de la radiación electromagnética generada por equipos de conmutación instalados cerca al lugar de su emplazamiento, cualidad que se logra considerando que su material constructivo sea de metal.

Cada dispositivo posee en su manual de hardware las directivas a tomarse para el montaje basadas en normas industriales, que se deben tener en cuenta en el proceso de instalación.

En cuanto se refiere al control de la temperatura al interior de los tableros, se conoce que de acuerdo a su lugar de emplazamiento la convección natural es suficiente ya que la mayoría de los fabricantes preparan los PLCs para que trabajen a una temperatura máxima de 60 °C.

2.18.1 DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES

El emplazamiento de los periféricos del PLC seguirá las recomendaciones del fabricante y los siguientes patrones de aplicación general:

- Se recomienda posicionar verticalmente a los componentes para facilitar la convección y disipación del calor.
- Las fuentes de alimentación ocuparán en lo posible la zona superior del armario sobre el resto de componentes, ya que son generadoras de calor.
- La CPU ocupará una posición adyacente o por debajo de las fuentes de alimentación, en la zona superior del armario, quedando a una altura que facilite su inspección.
- Los módulos de E/S estarán posicionados de la forma más conveniente para el acceso y cableado en el espacio libre de acuerdo a las facilidades de enlace prestadas por el autómata.
- Los espacios entre periféricos se deben meditar en función de la disipación de calor requerida.

- Se recomienda que para la instalación de los componentes restantes, se dispongan las zonas más alejadas posibles de la sección de control de manera especial si se trata de componentes electromecánicos, para mermar las interferencias electromagnéticas.

2.18.2 CABLEADO

Siempre que sea posible, en la configuración del sistema se intentará agrupar los módulos por categorías en cuanto a entradas/salidas, tensión alterna o continua, señales discretas o analógicas.

Dicha configuración permitirá un cableado racional y un nivel de aislamiento de los cables de señal débil respecto a los que alimentan cargas, y de los de comunicaciones. Siempre que sea posible se separan los cables de corriente directa con respecto de los de corriente alterna, de esta manera se minimizan las interferencias producidas por la conmutación de cargas.

No hay que olvidar que todos los componentes que intervienen en la confección del cuadro eléctrico deben ser protegidos durante la manipulación, fijación y fase de cableado. De no hacerlo, la avería o rotura son seguras.

Además de todo lo anteriormente mencionado, hay que tener en cuenta que todos los dispositivos y conductores deberán estar identificados correctamente, para facilitar las correcciones necesarias y supervisión en caso de ser requerida.

2.18.3 PUESTA A TIERRA

Se seguirá lo especificado en la normativa vigente EN 50178 y las recomendaciones de los fabricantes, pero hay que recordar que cada uno de los bastidores del PLC, deben estar unidos mediante un cable independiente de sección adecuada, a la platina de tomas de tierra del armario. Nunca deben compartirse circuitos de tierra entre bastidores con otros componentes del sistema.

2.18.4 CIRCUITOS DE SEGURIDAD

Los dispositivos de parada de emergencia se instalarán independientemente del autómatas, de acuerdo a la directiva para el diseño de la Comunidad Europea 98/37/CE, para permitir la parada del sistema aún en caso de avería del mismo; en general, deben actuar sobre un contactor de maniobra que corta la alimentación a las cargas de la instalación.

En general, o por lo menos para los dispositivos de salida, es deseable que exista un contactor de maniobra que permita cortar la alimentación de esos elementos y que hará posible trabajar con seguridad en la puesta a punto o investigación de averías, con el PLC alimentado.

2.18.5 ALIMENTACIÓN

Se emplearán interruptores termomagnéticos y fuentes de alimentación independientes en el caso del suministro de energía a la sección de control y de potencia del sistema.

La alimentación principal para la etapa de control del sistema de pruebas se tomará de la subestación de AC de la máquina papelera MP5.

2.19 DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS

El diseño de los planos eléctricos se realizó a partir de los planos originales del Sistema ABB Multidrive facilitados por la empresa, los cuáles sirvieron para la familiarización con el sistema ABB, para el reconocimiento de los distintos dispositivos inmersos en él y para el planteamiento del sistema de pruebas.

Los planos eléctricos finales están divididos en ocho partes:

- **DIAGRAMAS EN BLOQUES DEL SISTEMA.**- En esta parte se muestra una visión general del sistema, desde la agrupación de dispositivos hasta la lógica de comunicación que el sistema cumplirá.
- **DIMENSIONES DE LOS TABLEROS.**- En esta sección se muestran las dimensiones de los tableros, incluyendo el gabinete del operador, su ubicación y la vista desde diferentes planos de los mismos.

- SECCIÓN DEL CONVERTOR AC/DC.- Corresponde a una visión general de la fuente que energizará al inversor.
- SECCIÓN DEL INVERSOR.- Refiere a toda la parte concerniente al inversor. Incluye: conexiones de potencia, conexiones a motor, la etapa de control, la gestión de alarmas, seguridades y el sistema de control de carga.
- SECCIÓN DE CONTROL.- En esta etapa se puede acceder a información acerca del sistema de control del sistema de pruebas. Contiene: El suministro de energía necesarias para el PLC, sus componentes y periféricos; las conexiones de comunicación, el enlace entre los módulos del PLC y sus distintos elementos de mando y de señalización.
- LÓGICA DEL PARO DE EMERGENCIA.- Esta sección cuenta con los planos referentes a la gestión de alarmas y de emergencia, las condiciones que se tomarán como tal al igual que ayudará a entender cómo y mediante que dispositivos funcionará.
- DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS EN LOS TABLEROS.- Esta parte muestra la manera y ubicación que tomarán los dispositivos en los distintos tableros, a la vez que, reflejará los resultados del proceso de selección y ubicación de los distintos componentes implementados en el sistema de pruebas.
- COMPONENTES.- Es un listado de los componentes utilizados en el proyecto, que ayudará a identificarlos y ubicarlos en las diferentes secciones de los planos eléctricos.

Los planos eléctricos del sistema se muestran en el anexo C, Planos eléctricos.

2.20 DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL

El software de control utilizado para realizar la programación del PLC se denomina Application Builder el utilizado es de la versión 4.0.0 a partir del mismo se configura el modo en el cual el autómata va a trabajar (esclavo/maestro), el nodo que lo identificará y otros aspectos del mismo.

Una vez configurado, a través del Application Builder se ingresa al Function Chart Builder 6.0.0, esta herramienta de software permite crear un programa de aplicación para el PLC AC80 utilizando para el propósito el lenguaje de programación de diagrama de bloques de funciones FDB, donde se diseña el programa de aplicación utilizando dos partes:

- DB.- En esta sección se añaden y configuran bloques que usará el autómata para manejar e identificar bloques de datos, eventos, elementos NCB, módulos de E/S, opciones Modbus embebidas entre otros.
- PC.- Esta parte refiere ya al ambiente de programación, sus ventanas y elementos o bloques funcionales que servirán para implementar el software de aplicación para el PLC.

Para explicar el diseño del programa de aplicación del PLC, se ha creído conveniente dividirlo en partes que expliquen el criterio del diseño del mismo y los pasos que se siguieron para su implementación, dichas secciones se explican a continuación.

2.20.1 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN CON EL PANEL DEL OPERADOR

En esta sección de programa se configura y activan los bloques que permiten el intercambio de datos entre el PLC y el panel del operador (OP), que han sido declarados previamente en la parte de bloques de programas (Sección DB), de manera secuencial, asignando las variables de datos Modbus (DAT's) a usarse tanto para la transmisión como para la recepción de información, una parte de esta etapa del programa se muestra en la figura 2.2. Además en este bloque de programa se realiza el monitoreo y supervisión de la comunicación con el OP.

La configuración de la comunicación con el panel del operador comprende las siguientes páginas del programa de aplicación: 200-202 y 210-211 y se pueden observar en el Anexo F, Listado del programa del PLC.

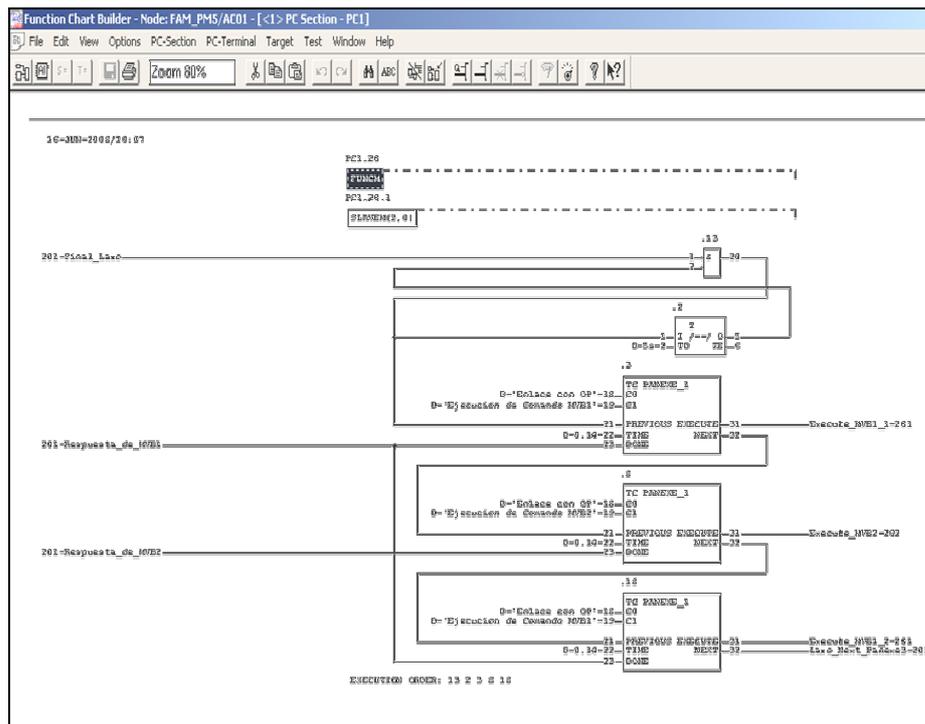


FIGURA 2.2.- Configuración de la comunicación con el panel del operador.

2.20.2 EVALUACIÓN DE ENTRADAS DIGITALES

En esta parte se realiza la lectura de las entradas digitales, su validación y se establecen las acciones que deberán comandar. Esta parte del programa de aplicación se muestra en el Anexo F, Listado del programa del PLC a partir de la página 213 hasta la 215. Figura 2.3.

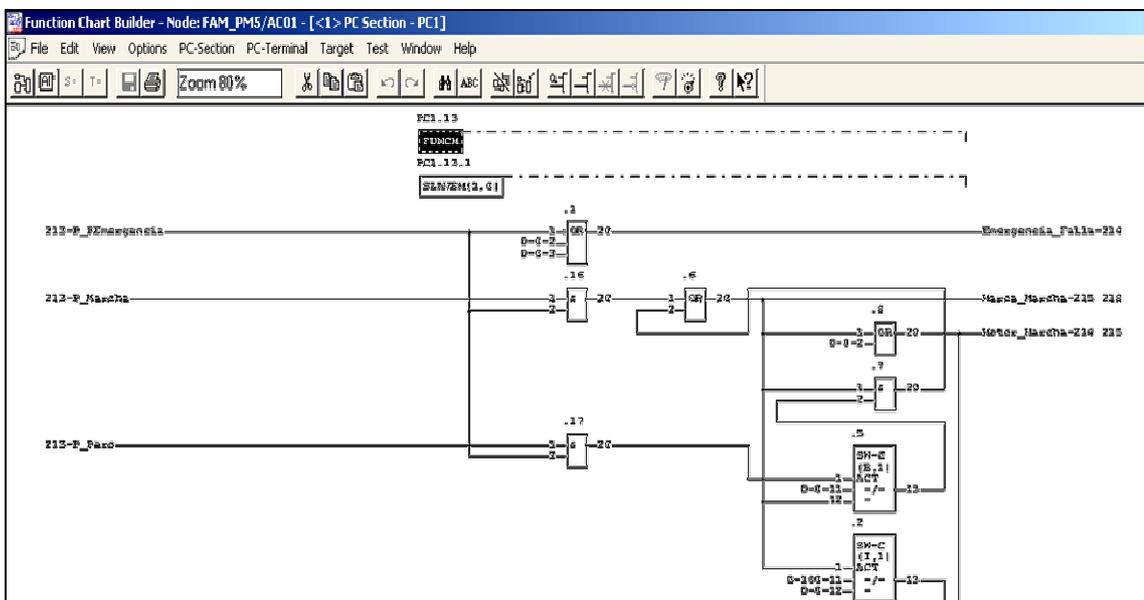


FIGURA 2.3.- Sección de evolución de entradas digitales.

2.20.3 GESTIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ALARMAS Y HABILITACIONES

En esta sección del programa se concentran todos los estados de alarmas y emergencia del sistema, se las identifica y muestra a través de una salida digital. Además se considera como habilitación principal al estado del paro de emergencia. Esta parte del programa se muestra en el Anexo F, Listado del programa del PLC en las páginas: 216, 217, 218.

2.20.4 ACONDICIONAMIENTO DE DATOS DEL INVERSOR

En esta etapa del programa se forman los datos a transmitir bit a bit, los cuales son resultado de operaciones, validaciones, lectura de entradas y constantes binarias. Una vez formadas las palabras de tipo entero de 16 bits se les asigna una etiqueta para luego ser transmitidos hacia la Unidad de Control del Drive.

De la misma manera los datos recibidos de la tarjeta RDCU se analizan bit a bit para encontrar el estado de alarmas o fallas. Algunos de los datos recibidos en esta etapa son tratados y acondicionados para transmitirse hacia el panel del operador. Esta sección del programa se muestra en el Anexo F, Listado del programa del PLC, en las páginas siguientes: 219 a 229. Figura 2.4.

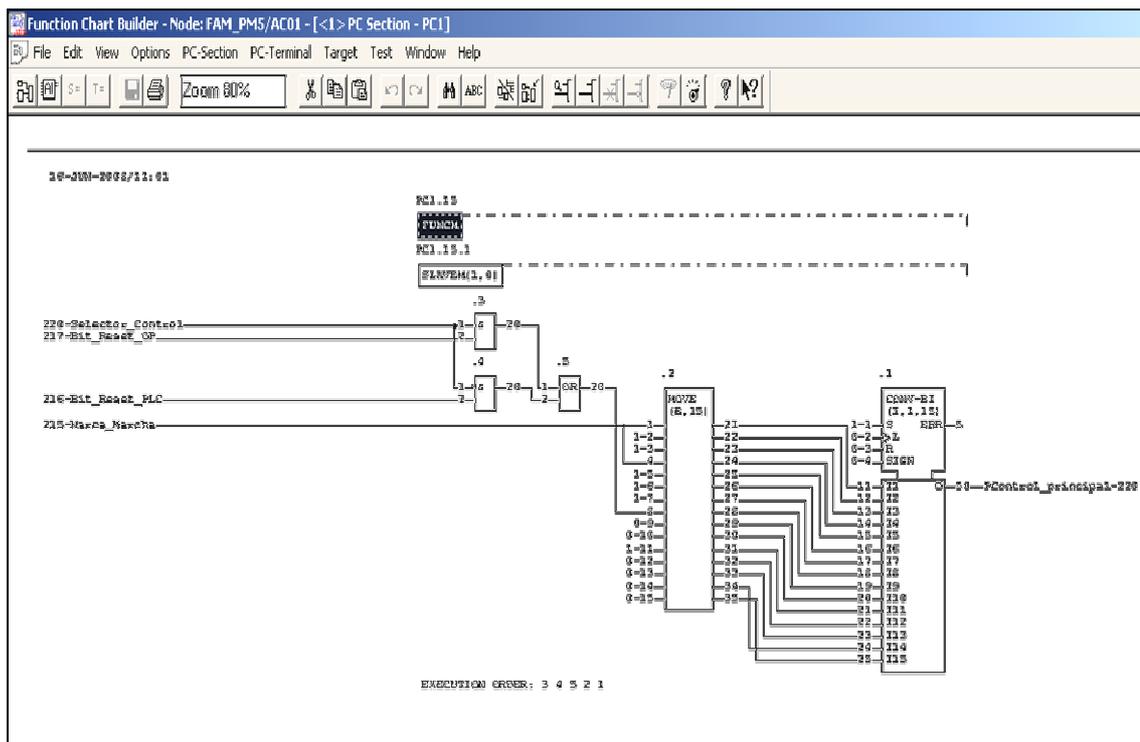


FIGURA 2.4.- Construcción de la palabra principal de control (RDCU).

2.20.5 ENLACE CON EL INVERSOR

En esta etapa del programa se concentran los datos acondicionados para la transmisión y de la misma manera se etiquetan los datos recibidos para su análisis posterior. De esta manera se transmite y recibe información en esta sección de la aplicación, con la ayuda de un bloque de programación denominado ACSRX. Esta tarea comprende las páginas 230 y 231, y se pueden observar en el Anexo F, Listado del programa del PLC.

2.20.6 ACONDICIONAMIENTO DE DATOS DEL PANEL DEL OPERADOR

De la misma manera que en el apartado 2.9.4, esta sección interpreta los datos recibidos, con el objetivo de tomar acciones de control; y también compacta bits de información para ser transmitidos, en esta ocasión hacia el panel del operador. Esta sección del programa se muestra en el Anexo F, Listado del programa del PLC, en las páginas 232 y 233.

2.20.7 ENLACE CON EL PANEL DEL OPERADOR

Esta sección se encarga de recibir los datos provenientes del panel del operador y etiquetarlos para su identificación y tratamiento. De la misma manera se encarga de enviar los datos hacia el OP una vez acondicionados. Las tareas antes descritas se pueden observar en el Anexo F, Listado del programa del PLC, en las páginas 234 y 235.

2.20.8 ACCIONAMIENTOS DE SALIDAS DIGITALES

Esta parte del programa asigna el valor correspondiente a cada salida digital, una vez identificados, los eventos ligados a ellas, resultado de secciones anteriores. Esta tarea comprende las página 236 y se puede observar en el Anexo F, Listado del programa del PLC. Figura 2.5.

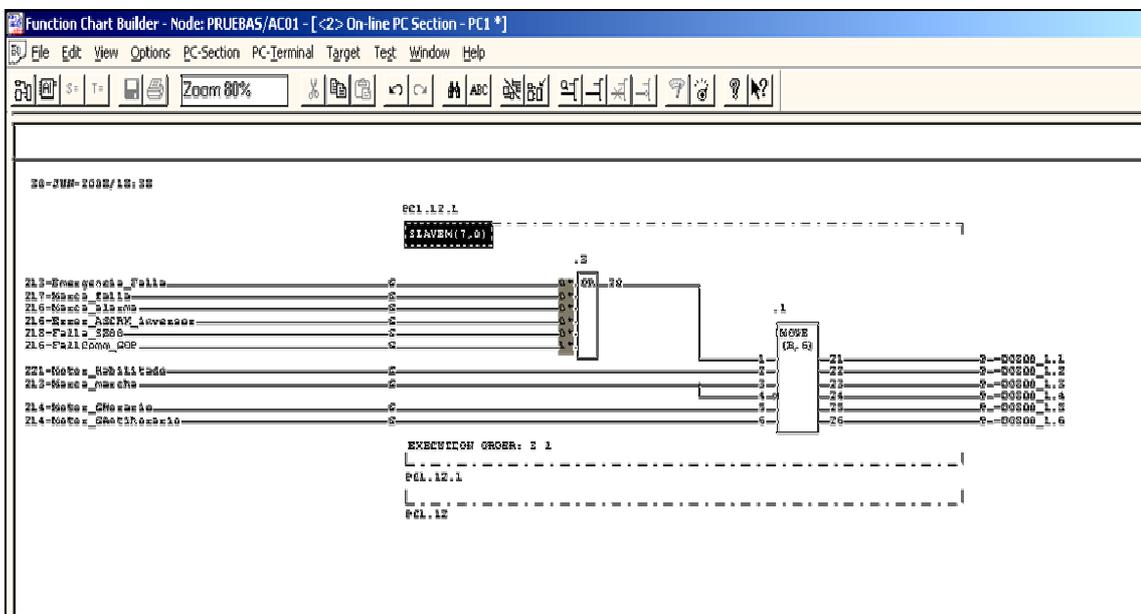


FIGURA 2.5.- Asignación valores a salidas digitales.

2.21 PARAMETRIZACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

La parametrización del Drive ACS 600, se realiza por medio del software DriveWindow 2.10, el mismo que ofrece algunas utilidades adicionales. Los requerimientos de funcionamiento del motor son:

- Control DTC (Control directo de torque)
- Funcionamiento: Inversión de giro/para
- Parada de emergencia por cualquier alarma
- Referencia de velocidad a través de comunicación usando DriveBus y DDCS
- Lazo de control de velocidad cerrado usando encoder
- Lazo de control de velocidad abierto
- Control de temperatura del motor

Para el efecto, se parametrizó al Drive ABB ACS 600 como se indica en la tabla 2.9.

Parámetro	Descripción	Valor	
Datos de inicialización	99.01	Lenguaje	Inglés
	99.02	Voltaje nominal de motor	380 VAC
	99.03	Corriente nominal de motor	10 A
	99.04	Frecuencia nominal de motor	50 Hz
	99.05	Velocidad nominal de motor	1425 rpm
	99.06	Potencia nominal de motor	5.5 KW
	99.08	Modo de control de motor	DTC
	99.10	Número de identificación drive	0
	99.12	Cos ϕ nominal de motor	0,86
Módulos opcionales	98.01	Módulo de encoger	NTAC
	98.02	Módulo de comunicación	00
Entradas digitales	10.01	Start/Stop	DI4
	10.02	Dirección	FORWARD
	10.03	Reset	DI5
	10.08	Prohibición de marcha	DI3
Sistema de control de entradas	16.01	Habilitación de marcha	DI2
Limites	20.01	Mínima velocidad	-1200
	20.02	Máxima velocidad	1200
	20.03	Velocidad cero	10
	20.04	Máxima corriente	80
	20.05	Torque máximo	80

	20.06	Torque mínimo	-80
	20.17	Máxima potencia (motor)	100
	20.18	Máxima potencia (generador)	-600
Funciones de Marcha/Para	21.01	Función de marcha	AUTO
	21.02	Tiempo de magnetización	500
	21.03	Función de para	STOP RAMPING
	21.04	Función de parada de emergencia	STOP RAMPING
	21.05	Máximo rango de desaceleración	1800
	21.06	Mínimo rango de desaceleración	0
	21.07	Retardo de desaceleración	20
Funciones de rampa	22.01	Tiempo de aceleración	20
	22.02	Tiempo de deceleración	20
Referencia de velocidad	23.01	Referencia de velocidad	00
Control de velocidad	24.01	PI	OFF
	24.03	Kps	4.5
	24.09	Tis	2
Referencia de torque	25.01	Torque de referencia A	00
Referencia de torque manual	26.01	Selector de torque	SPEED
Control del flujo	27.02	Frenado por flujo	YES
Medición de velocidad	50.00	Velocidad de escalización (rpm)	1200
Control DDCS	70.01	Dirección del nodo CH0	1
	70.03	Velocidad en baudios CH0	4Mbit/s
	70.04	Tiempo de salida CH0 (ms)	10000
	70.15	Dirección del nodo CH3	1
	70.17	Velocidad de referencia del esclavo	FOLLOWER
	70.19	Conexión del hardware CH0	STAR
Comunicación Drivebus	71.00	Modo DriveBus CH0	YES
Direcciones datos recibidos	90.01	Dato Fijado 10 valor 1	701
	90.02	Dato Fijado 10 valor 2	2301
Direcciones datos a transmitir	92.01	Dato Fijado 11 valor 1	801
	92.02	Dato Fijado 11 valor 2	802

	92.03	Dato Fijado 11 valor 3	805
	92.04	Dato Fijado 13 valor 1	101
	92.05	Dato Fijado 13 valor 2	904
	92.06	Dato Fijado 13 valor 3	905
	92.07	Dato Fijado 15 valor 1	901
	92.08	Dato Fijado 15 valor 2	902
	92.09	Dato Fijado 15 valor 3	906
	92.10	Dato Fijado 17 valor 1	2301
	92.11	Dato Fijado 17 valor 2	111
	92.12	Dato Fijado 17 valor 3	118
	92.13	Dato Fijado 19 valor 1	105
	92.14	Dato Fijado 19 valor 2	128
	92.15	Dato Fijado 19 valor 3	129
	92.16	Dato Fijado 21 valor 1	130
	92.17	Dato Fijado 21 valor 2	110
	92.18	Dato Fijado 21 valor 3	106
Direcciones datos a transmitir	93.01	Dato Fijado 23 valor 1	107

Tabla 2.9.- Parámetros del drive ACS 600

2.22 DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI

Debido a las características que el sistema de pruebas debe cumplir para satisfacer sus objetivos se requiere implementar HMI's, con el objetivo de cubrir los siguientes requerimientos:

- El diseño de los HMI's deberán brindar un entorno semejante al existente en el Sistema Multidrive ABB.
- Permitirá observar información acerca de alarmas, estados y activaciones del sistema.
- Conseguirá enviar referencias al sistema de pruebas en lo que respecta al manejo del motor en el caso que el control del mismo sea asignado a ella.

Por consiguiente usando la pantalla GOP2011 de la marca ABB, que incluye el software para su programación GOP Tool, se han diseñado las páginas respectivas en conformidad con el Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales, tomando en cuenta los siguientes criterios para su diseño:

- Diseñar el entorno gráfico de las pantallas utilizando las herramientas que el software de programación ofrece, de tal manera que cumpla con los requerimientos antes mencionados creando un entorno deducible y fácil de operar. Además, teniendo en cuenta los principios de la ingeniería de la usabilidad, se han tomado las recomendaciones que entre otros aspectos contemplan utilizar colores de fondo de tonos pasteles, no exagerar el uso de colores, controles e imágenes, incluir solo la información necesaria y estandarizar los botones de comando en todas las páginas.
- Relacionar los controles e indicadores con los bloques de datos provenientes del PLC.
- Incluir las líneas de código, operaciones matemáticas y propiedades que sean necesarias para las interfaces HMI. Se debe tener muy claro, que éstas no deben incluir por ningún motivo líneas de programa que sean parte de la lógica de control del proceso, aún cuando esto sea posible.
- El paradigma de un HMI, es que la máquina debe funcionar aún cuando el HMI se encuentre fuera de funcionamiento. Es decir que el control que realiza un HMI es únicamente supervisorio, por lo mismo el presente proyecto, permite únicamente cambiar la referencia de velocidad del motor cuya lógica es validada por el controlador del proceso.

2.22.1 PÁGINA PRINCIPAL

La página principal o de inicio, contiene el menú de entrada al HMI considerando los siguientes aspectos como los más importantes:

1. Valores actuales
2. Accionamientos de motor
3. Diagnóstico común
4. Configuración
5. Acerca del proyecto

2.22.2 PÁGINA DE VALORES ACTUALES

Esta página mostrará algunos parámetros referentes al motor como son: velocidad, dirección de giro, torque, temperatura, voltaje y corriente, además de incluir gráficos de barras que ilustran dos de los parámetros antes mencionados.

Desde la pantalla en mención se ha considerado conveniente se pueda acceder a las páginas de accionamientos y de diagnóstico como al menú principal, mediante el uso de los botones correspondientes. Ver figura 2.6.



FIGURA 2.6.- Página de valores actuales

2.22.3 PÁGINA DE ACCIONAMIENTOS

Esta página además de mostrar algunos datos de referencia del motor de pruebas ofrecerá la posibilidad de cambiar la referencia de velocidad del mismo usando las teclas de navegación y de incremento/decremento. Además permitirá acceder al menú inicio desde una de sus teclas de función. Ver figura 2.7.

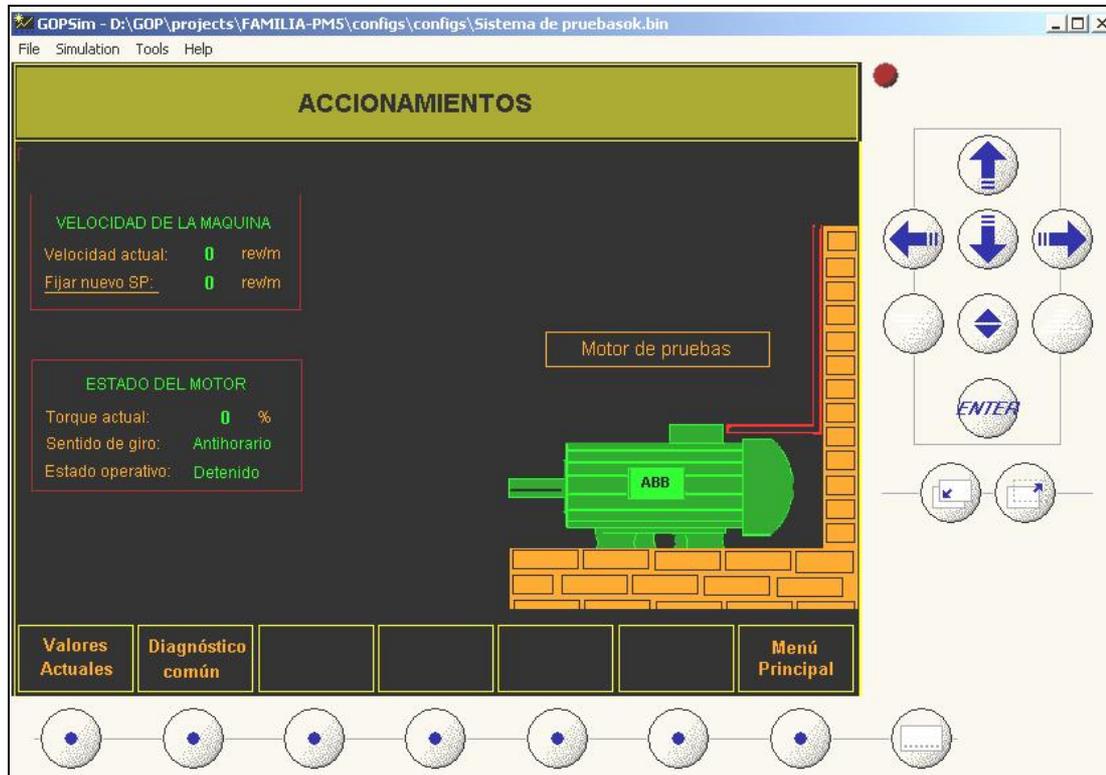


FIGURA 2.7.- Página accionamientos

2.22.4 PÁGINA DE DIAGNÓSTICO

En esta página se mostrará un conjunto de parámetros que diagnosticarán al sistema de pruebas. Al acceder a esta existirá la posibilidad de ingresar a una nueva página donde se diagnosticará el drive y sus periféricos. Ambas páginas de diagnóstico indicarán mediante el color del rectángulo adyacente a la misma, la existencia o no de una falla o alarma. Además existe la posibilidad en cada una de ellas de resetear las fallas o alarmas una vez que hayan sido solucionadas. Las páginas de diagnóstico ofrecen la opción de navegar entre ellas y acceder al menú principal directamente. Ver figuras 2.8 y 2.9.



FIGURA 2.8.- Página de diagnóstico común



FIGURA 2.9.- Página de diagnóstico del drive

2.22.5 PÁGINA DE CONFIGURACIÓN

Esta página permite configurar el brillo de la pantalla, como también la habilitación y tiempo de activación del protector de pantalla; para lo cual se utilizarán las teclas de navegación como las de incremento y decremento interactuando con los indicadores numéricos y gráficos. Ver figura 2.10.

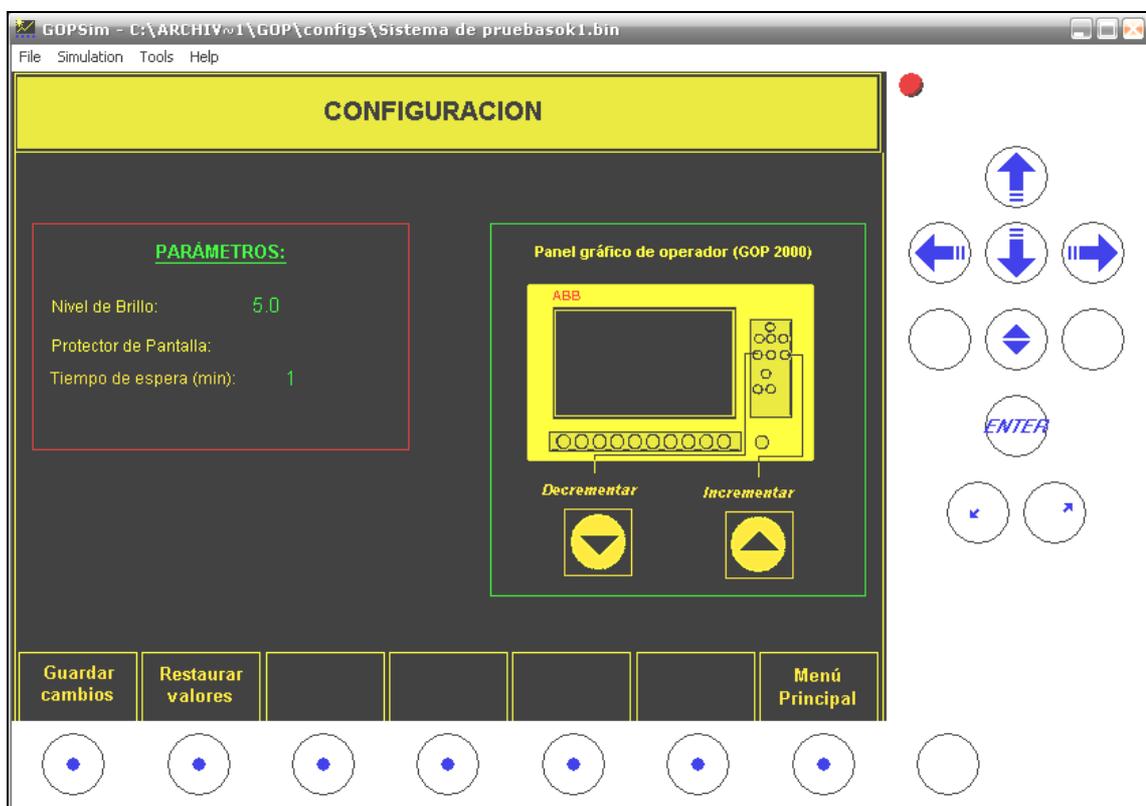


FIGURA 2.10.- Página de configuración

2.22.6 PÁGINA DE AUTORES

Es una página que incluye datos de los autores del presente proyecto, y se puede acceder a ella desde el menú principal eligiendo la opción: "Acerca del proyecto". Además en la misma se muestra el logo de la empresa.



FIGURA 2.11.- Página de autores

CAPITULO III

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.7 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

En el área de molinos se encuentra la máquina de papel MP5 la cual se encarga de la producción de papel tissue semielaborado que sirve de insumo para el área de Conversión. Los tendidos y rodillo yankee de la MP5 son controlados por el Sistema MultiDrive ACS600 de ABB, el cual reside en la subestación de DC de la máquina y es monitoreado desde el cuarto del operador mediante un panel de operación. De la misma manera el sistema de pruebas, se encuentra implementado en la subestación de DC de la máquina de papel MP5. Dicha disposición se da en vista de mejorar la familiarización y contraste del sistema de pruebas frente al sistema original, sin olvidar las respectivas pruebas experimentales y capacitación acerca de su operación, de acuerdo a las sugerencias y necesidades del personal del Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales.

3.8 DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

El equipo diseñado fue implementado en base al principio de máxima reutilización de componentes, haciendo uso de los repuestos del sistema patrón existentes en la bodega de materiales.

El sistema de pruebas reside en tres gabinetes industriales metálicos. El primero posee una división vertical, como resultado se originan dos cuadros eléctricos en los que se aparta la etapa de control de la de potencia. El gabinete restante denominado gabinete del operador aloja la etapa de accionamientos y supervisión para el sistema. Los tableros antes mencionados, ocupan los espacios físicos pertinentes, cuyas dimensiones son:

Dimensiones	Gabinete de Control	Gabinete de Potencia	Gabinete del operador
Ancho (cm.):	80	55	60
Altura (cm.):	220	220	60
Profundidad (cm.):	60	60	30

Los parámetros físicos y eléctricos son:	
Tensión de alimentación:	220 VAC
Frecuencia:	60 Hz
Altitud:	2900 m.s.n.m

En la figura 3.1 se puede apreciar el tablero de Control y de Potencia así como el gabinete de mando del operador.



Figura 3.1 Vista general del Sistema de Pruebas.

Por consideraciones técnicas en el cubículo de control, se alojan los dispositivos correspondientes entre estos: PLC con sus módulos de I/O digitales, tarjeta de control del inversor, tarjetas de comunicación, módulo I/O del encoder, relé de emergencia, fuentes de alimentación de 24VDC, relés auxiliares y las borneras de conexión montadas sobre riel DIN de 35mm, numeradas con marquillas tipo anillo, de acuerdo al diseño de los planos eléctricos. Ver figura 3.2



Figura 3.2 Gabinete de control.

En la figura 3.3 se puede apreciar la otra sección del gabinete metálico, donde se encuentran los dispositivos de potencia entre ellos: inversor ACS600, breaker, bases porta fusibles, resistencias de precarga, contactores y fusibles, estos últimos montados sobre riel DIN de 35mm. El gabinete además posee una fuente de alimentación con una reactancia en el bus de DC, alimentado por un autotransformador de 220/380VAC, obteniendo a su salida 520VDC, para alimentación del inversor.



Figura 3.3 Gabinete de potencia.

En la parte externa del gabinete de potencia, se encuentran los dispositivos de mando y luz piloto, utilizados para la habilitación del seccionador del bus de DC que energiza al inversor.

El gabinete del operador contiene el OP para visualizar y monitorear el estado de ciertas variables, en la parte inferior del mismo se encuentran los dispositivos de mando, y señalización los cuales son pulsadores de marcha, paro, de incremento y decremento de velocidad, selector del sentido de giro del motor, selector de control desde OP o botonera, pulsador de reset y paro de emergencia, con sus luces piloto respectivas para la operación del sistema. Ver figura 3.4.



Figura 3.4 Gabinete del operador.

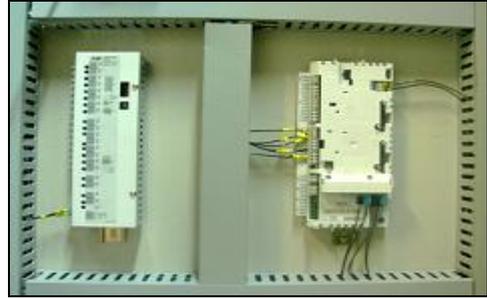
3.2.1 HARDWARE

3.2.1.1 Cableado de control

La conexión eléctrica del tablero de pruebas en su parte de control se realizó con cable 18 AWG/600VAC, el cual a sido dimensionado resultado del análisis de la corriente de consumo de los distintos dispositivos que no debe exceder de la máxima corriente que debe circular a través del conductor siendo este valor de 7A. Entre los dispositivos que han sido cableados de acuerdo a este criterio tenemos: PLC al igual que sus módulos y periféricos, tarjetas de comunicación, tarjeta de control del inversor, módulo del encoder, contactos auxiliares, relés auxiliares y de emergencia, botoneras, OP y contactores. Ver figura 3.5



a) Cableado del PLC y módulos.



b) Cableado tarjetas de comunicación.



c) Cableado de GOP/Botoneras

Figura 3.5 Vista interior del cableado de los tableros.

Se emplean dos fuentes alimentadas por 220VAC las cuales reducen y rectifican a 24VDC para alimentar a los dispositivos de control antes mencionados. Ver figura 3.6



Figura 3.6 Fuentes de alimentación de los dispositivos de control.

3.2.1.2 Cableado del Inversor

La conexión eléctrica del tablero en la parte de potencia se lo realizó con cable # 2/0 AWG/1200VAC para la etapa de fuerza que abarca el cableado al inversor contactor de habilitación al inversor y contactor de precarga del inversor. Se usó cable # 6 AWG/1200VAC para conexiones de la fuente de alimentación del inversor y demás conexiones que no excedan los 60A que soporta el conductor. Ver figura 3.7



Figura a).

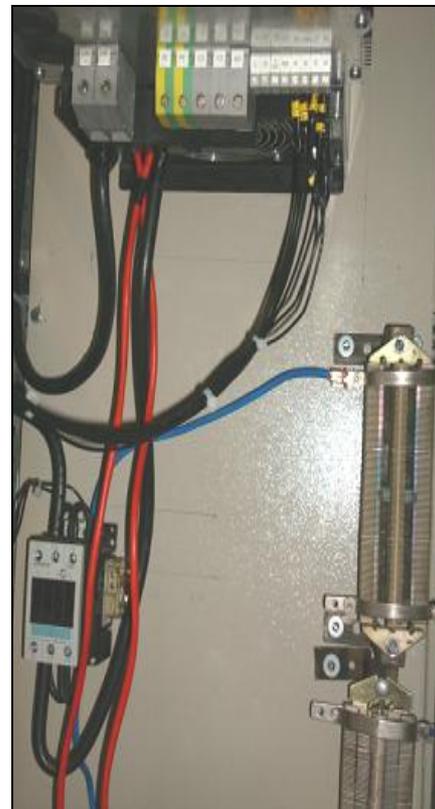


Figura b).

Figura 3.7 Vista interior de la alimentación de los dispositivos de control.

a) Alimentación del inversor (Convertor AC/DC)

b) Cableado auxiliar del inversor

3.2.2 SOFTWARE

Con respecto al software que se utiliza para configurar y programar los distintos dispositivos de la familia ABB, hay que tener en cuenta que se realizaron las siguientes configuraciones en vista de la lógica de funcionamiento del sistema de pruebas.

3.2.2.1 Software del PLC

El software destinado para la programación del autómatas llamado Application Builder es una herramienta que permite crear, editar y configurar tres aspectos de un proyecto: nodos, type circuit list y circuit list. En virtud de las características del proyecto solo se creó un nodo²⁶.

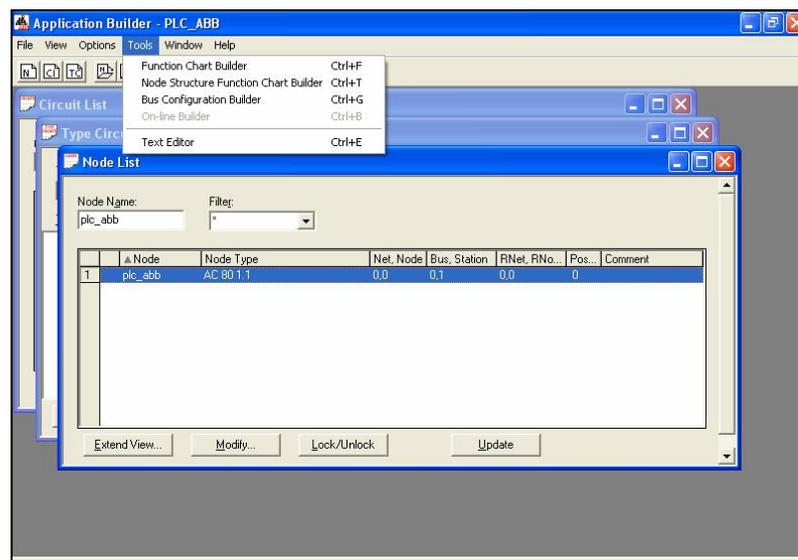


Figura 3.8 Entorno de Application Builder.

²⁶ Nombre de identificación y dirección de un dispositivo en una red

Desde el software antes mencionado se accede a otras herramientas informáticas las cuales sirven para: programar, monitorear y configurar el PLC, configurar el bus de comunicación del PLC y generar el código fuente del autómeta siendo estas: Function Chart Builder, Bus Configuration Builder y el On-line Builder respectivamente.



Figura 3.9 Entorno del Bus Configuration Builder.

La comunicación entre el PC y el PLC se debe configurar tanto desde el panel de control del PC como desde el Function Chart Builder con el objetivo de cargar un programa de aplicación o monitorear el PLC.

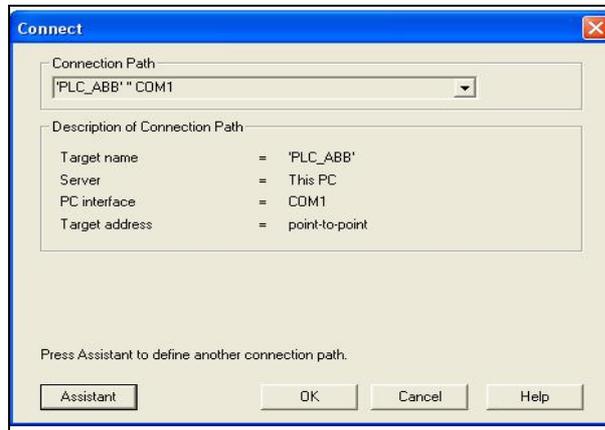


Figura 3.10 Ventana de configuración del puerto del PC.

Para el enlace de comunicación entre la CPU y sus estaciones esclavo se realizan diferentes configuraciones en el software de programación como: adicionar elementos Modbus²⁷ embebidos y estructurar DB²⁸ Sections, para generar: recursos y parámetros de comunicación con el panel del operador y aplicaciones de subrutinas de comunicación.

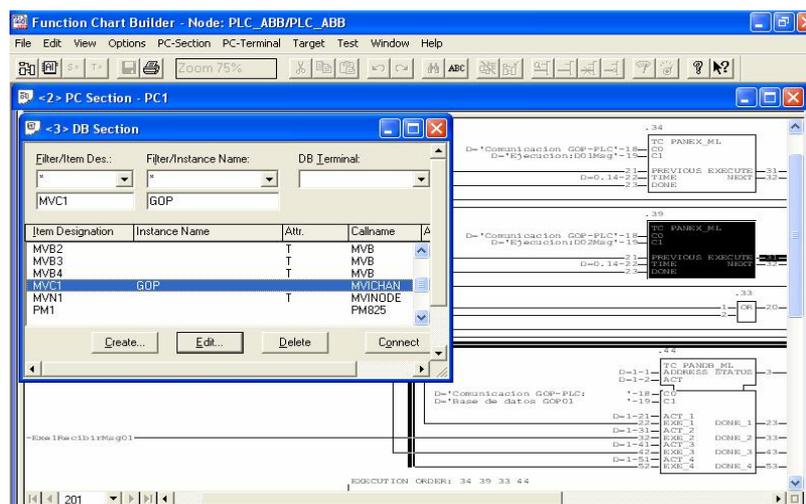


Figura 3.11 Ventana de elementos y subrutinas para Modbus.

²⁷ Librerías del protocolo modbus para la comunicación entre el controlador lógico programable AC80 y el panel de operador.

²⁸ Base de datos que identifican a los periféricos que se comunican con el autómeta.

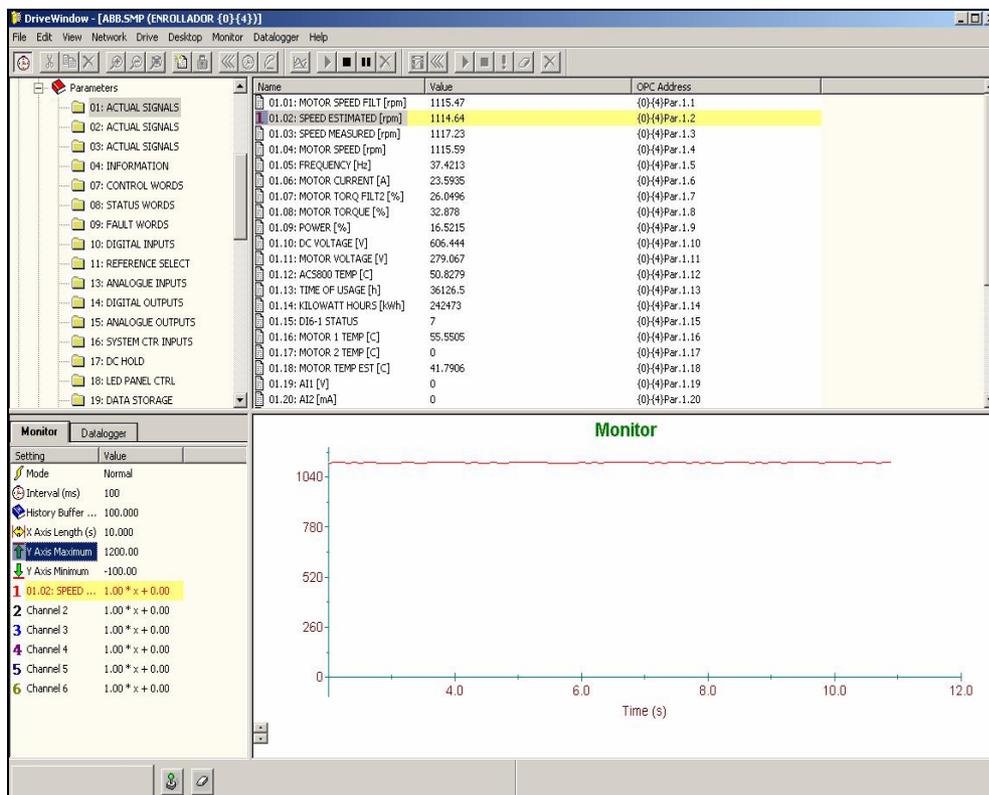


Figura 3.13 Entorno de DriveWindow

Entre las ventajas resultantes de usar DriveWindow tenemos:

- Idóneo para los accionamientos ACS600, ACS800, ACS6000 y DCS600
- Trabajo simultáneo con varios accionamientos maestros o esclavos
- Uso del protocolo de comunicación DDCS
- Monitorización de señales en formato numérico y gráfico
- Utilización de parámetros del accionamiento
- Visualización del estado actual del accionamiento conectado
- Análisis gráfico de tendencias
- Funciones de registro de alarmas

3.2.2.3 Software del panel de operador

GOP Tool es el software diseñado para la configuración del hardware y programación en lo que a paneles gráficos de la serie GOP se refiere. El mismo permite configurar su modo de operación (maestro/esclavo), en este caso se utiliza el OP como esclavo, y otras opciones de comunicación como por ejemplo: el puerto de comunicación a usarse, velocidad de transmisión de datos y la configuración de los mismos.

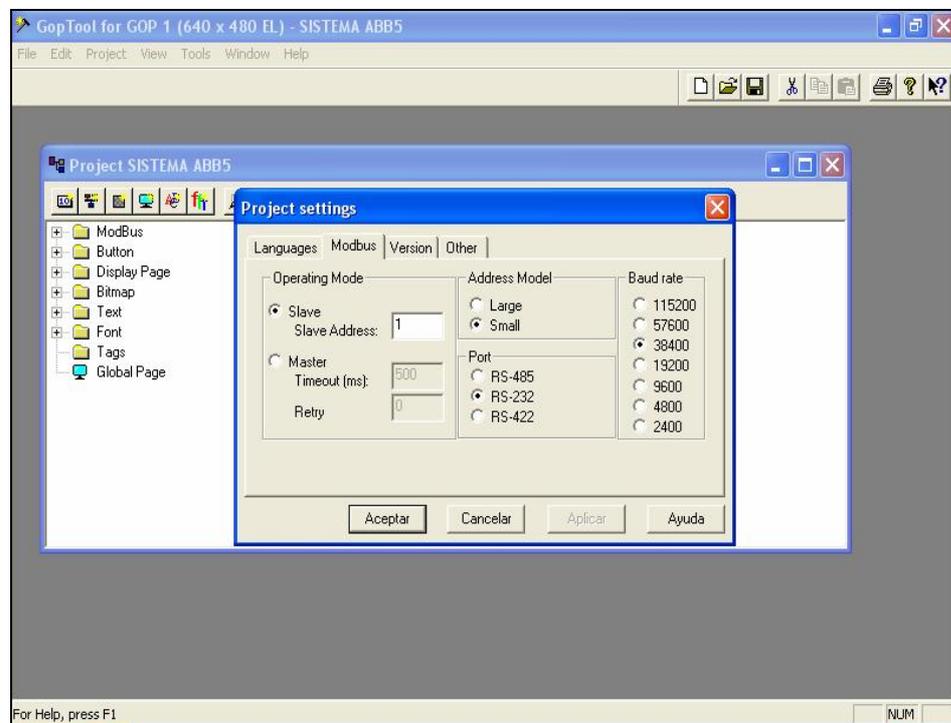


Figura 3.14 Configuración para la comunicación de la OP.

3.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.3.1 MEGADO

Se realizó la medición del nivel de aislamiento del cableado tanto de fuerza, como de control de los distintos dispositivos que se encuentran en el Sistema de Pruebas, así como del motor de pruebas, utilizando el Mega ohmer Fluke 1520 obteniendo como resultado un valor de aislamiento superior a 2000 M Ω , lo cual nos indica que el recubrimiento de los conductores no presentan daños, fugas de corriente a tierra y tampoco riesgos de tener corto circuitos entre fases, hacia tierra o con los conductores cercanos a los mismos.

3.3.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL MOTOR

En la máquina de papel MP5 para los motores se realiza mensualmente las rutas de mantenimiento preventivo, donde se recaba información pertinente de corriente, voltaje y temperatura de operación; los cuales permiten un diagnóstico del estado operativo de los motores, y permiten la localización de posibles averías.

Para la medición de temperatura se empleó un pirómetro, instrumento que permite medir la temperatura de un objeto a la distancia en este caso sobre la carcasa del motor.

En la tabla 3.1 se muestran los parámetros antes mencionados correspondientes al mantenimiento preventivo del motor.

Fecha	Motor	Valores nominales			Valores medidos				
		Vn (VAC)	In A	Pn (KW)	Vm (VAC)	Iu A	Iv A	Iw A	T(°C)
23/05/2008	ABB	380V	10	5.5	54.3	5.8	5.7	5.8	21,8
04/06/2008	ABB	380V	10	5.5	102.6	5.8	5.8	5.9	23,8
12/06/2008	ABB	380V	10	5.5	162.4	5.8	5.8	5.9	26,3
17/06/2008	ABB	380V	10	5.5	205.6	6.0	5.9	5.9	28,3
17/06/2008	ABB	380V	10	5.5	254.2	5.9	6.0	6.0	32,4
23/06/2008	ABB	380V	10	5.5	310.3	6.0	5.9	5.9	34,2

Tabla 3.1 Resultado de la hoja de ruta del motor.

3.3.3 PARÁMETROS DE VELOCIDAD

Para la velocidad de trabajo de la máquina de papel MP5, que es controlada por el PLC AC80 para los diferentes accionamientos del sistema MultiDrive ACS600 se realizan cálculos matemáticos en el software que reside en el PLC en relación a la carga mecánica conectada en cada motor con los valores obtenidos de los reductores y rodillos que se encuentran acoplados a cada uno de ellos permitiendo obtener una relación de velocidad lineal en la máquina, de acuerdo a los valores de carga y velocidad angular que es generada en cada uno de sus rodillos respectivamente.

En este caso se utiliza la fórmula de la velocidad lineal en (m/min) en función del radio y velocidad angular.

$$VL(m / \text{min}) = r(m) \times \omega(\text{rad} / \text{min}) \quad (3.1)$$

Debido a que el PLC trabaja en rpm para realizar cálculos matemáticos, se considera la siguiente formula:

$$\omega(rpm) = \frac{\omega(rad / min)}{2\pi rad} \quad 1rev = 2\pi rad \quad (3.2)$$

Mientras que para la relación de velocidad en el reductor se toma como unidad de velocidad rpm y su diámetro respectivamente.

$$\omega_1(rpm).D_1 = \omega_2(rpm).D_2 \quad (3.3)$$

En el reductor se debe tener una velocidad de salida que determinará la relación de transmisión, donde ω_1 es la velocidad del motor o velocidad de entrada al reductor y ω_2 es la velocidad de salida del reductor en rpm por lo tanto la relación de transmisión será:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (3.4)$$

Esta relación también permite trabajar con sus diámetros y radios

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{r_2}{r_1} \quad (3.5)$$

Para definir la velocidad de la máquina se hallan sincronizada la velocidad lineal o tangencial en cada uno de los rodillos Formador, Succión y Yankee. Ver figura 3.15

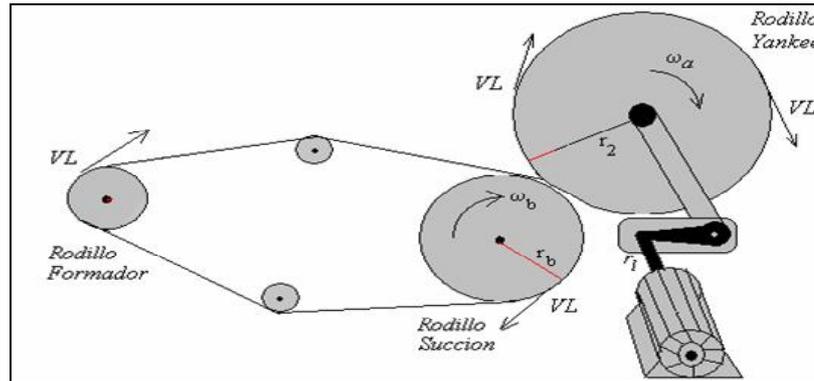


Figura: 3.15 Control de velocidad lineal.

Una vez identificado las fórmulas que son estructuradas en la programación del PLC para el control de velocidad para cada uno de sus respectivos inversores se determina la siguiente fórmula resolviendo cada una de las ecuaciones obtenidas previamente:

$$D_1 = \frac{D_2}{i} \quad (3.6)$$

$$VL(m/min) = r(m) \times \omega(rpm) \cdot 2\pi \quad (3.7)$$

En donde la velocidad del eje del motor en rpm, en función de la velocidad tangencial está dada por:

$$\omega(rpm) = \frac{VL(m/\min)}{2.r(m).\pi} \quad (3.8)$$

Donde 2 r es igual al diámetro del eje del motor D₁.

Por lo tanto para tener la velocidad en el reductor se desarrolla la siguiente fórmula:

$$D_1 = 2r = \frac{VL(m/\min)}{\omega(rpm).\pi} \quad (3.9)$$

Donde D₁ se reemplaza por los valores de salida del reductor D₂ / i.

$$\frac{D_2}{i} = \frac{VL(m/\min)}{\omega(rpm).\pi} \quad (3.10)$$

Como resultado se obtiene la fórmula de control de velocidad para el inversor en rpm usada en el programa de aplicación del PLC en función del reductor, diámetro del rodillo y velocidad de referencia en m/min:

$$\omega(rpm) = \frac{i.VL(m/\min)}{D_2.\pi} = Vref(rpm) \quad (3.11)$$

Donde: D_2 = Diámetro de cada uno de los rodillos.
 $VL(m/min)$ = Velocidad de referencia en m/min. Referencia originada por el PLC.
 $\omega(rpm) = \omega_{ref}(rpm)$ = Velocidad angular de referencia para los motores.
 i = Relación de Transmisión.

Para el control de velocidad de los inversores se debe escribir la palabra de ingeniería desde el PLC como referencia de velocidad en relación a la $\omega_{ref}(rpm)$.
 A continuación se determina la siguiente fórmula:

$$Palabra_Ing = \frac{\omega_{ref}(rpm) \times 20000}{\omega_{max_escalización}(rpm)} \quad (3.12)$$

En la tabla 3.2 se determina la palabra de ingeniería que es enviada por el PLC al inversor en función de los valores de la velocidad de referencia dada en rpm y la fórmula siguiente: $\omega_{max_escalización}(rpm) = 1200rpm$.

Parámetros de velocidad			
Velocidad de Referencia (rpm)	Palabra Ingeniería	Velocidad medida (rpm) Sin Encoder	Velocidad medida (rpm) Con Encoder
200	3333,33333	198.5	198.5
400	6666,66667	399.4	397.4
600	10000	598.4	603.4
800	13333,33333	800.3	805.3
1000	16666,66667	999.6	999.5
1200	20000	1200.3	1199.2

Tabla 3.2 Valores de velocidad

3.3.4 ERGONOMÍA

El sistema de pruebas se presenta como un sistema didáctico adecuado para facilitar la interoperabilidad e interconectividad de los diferentes dispositivos inmersos en el sistema con una interfaz amigable al operador que presenta cinco pantallas principales a través de las cuales el personal de Mantenimiento Eléctrico puede supervisar las variables del sistema y el arranque del inversor.

El presente proyecto ofrece muchas facilidades al personal que mantiene en operación al sistema MultiDrive ACS 600 de ABB ya que se lo ha diseñado asemejándolo lo más posible al sistema original en todos los aspectos como: la puesta en marcha del sistema desde el HMI/botonera, circuito de precarga del inversor. Además una de las ventajas del proyecto es la ubicación del mismo ya que por su cercanía al Sistema Multidrive ABB se puede contrastar fácilmente su estructura, arquitectura y funcionamiento; por tal motivo el personal de Mantenimiento Eléctrico se adaptará fácil y rápidamente al sistema que controla la MP5.

3.4 ANÁLISIS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.4.1 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL MOTOR

De los resultados obtenidos de las rutas de mantenimiento preventivo de los parámetros eléctricos del motor del Sistema de Pruebas se deduce lo siguiente:

- Los valores de corriente medidos en las tres fases poseen una variación aceptable entre ellas.
- La corriente consumida por el motor en vacío es inferior a la corriente nominal del Drive y por lo tanto inferior a la del rectificador lo que indica que ha sido correctamente diseñado y que el régimen de trabajo es seguro.

3.4.2 PARÁMETROS DE VELOCIDAD

Una vez comparados los valores medidos de velocidad con los de referencia se obtiene un margen de error entre la referencia de velocidad y el valor real en vacío de 0.333% que se encuentra en el rango establecido de precisión de velocidad estática del motor en lazo abierto equivalente al 0.3% especificado por el fabricante en el caso de no usarse la realimentación para este tipo de control con un motor inferior a 11Kw. Ver figura 3.16 y.3.17.

Para el error de velocidad se considera la siguiente fórmula:

$$Error(\%) = \frac{\omega_{ref}(rpm) - \omega_m(rpm)}{\omega_{ref}(rpm)} \times 100 \quad (3.13)$$

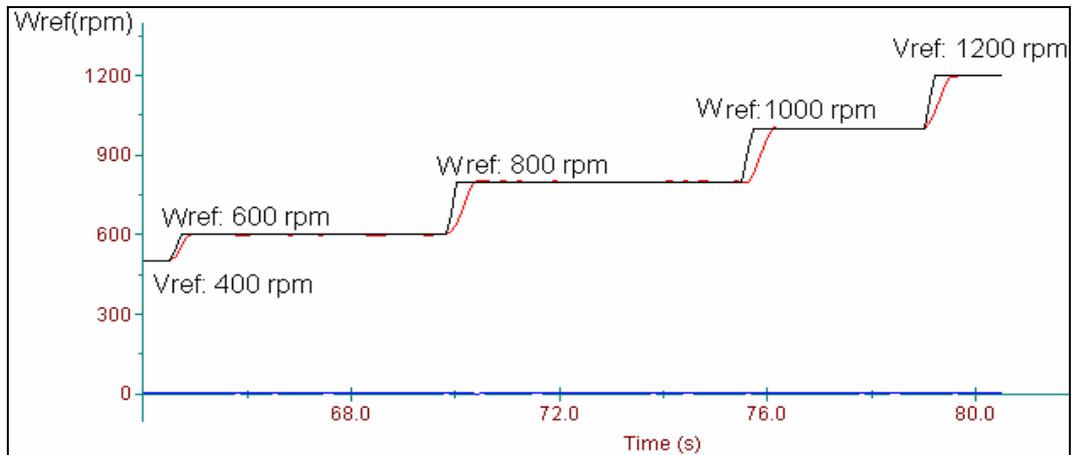


Figura 3.16 Velocidad y aceleración del motor

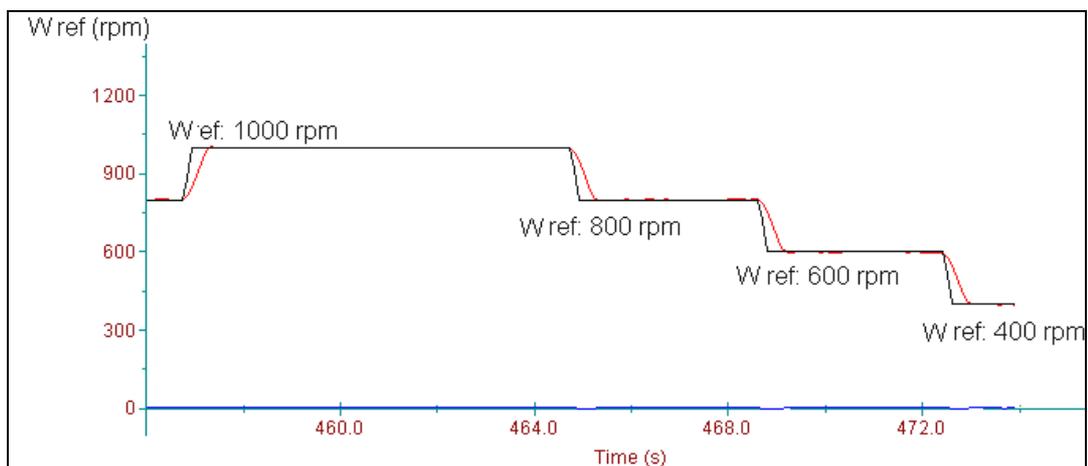


Figura 3.17 Velocidad y deceleración del motor

La precisión de la velocidad dinámica será igual a la integral del tiempo de la desviación de la velocidad cuando se aplica una velocidad del par nominal del 100%. La precisión dependerá del ajuste de la ganancia del regulador para que el motor pueda recuperarse y alcanzar un estado estable con una rapidez considerable, después de un cambio súbito en la carga. La figura 3.16 y 3.18 muestra la precisión de velocidad dinámica de uno y cuatro segundos respectivamente frente al cambio de referencia.

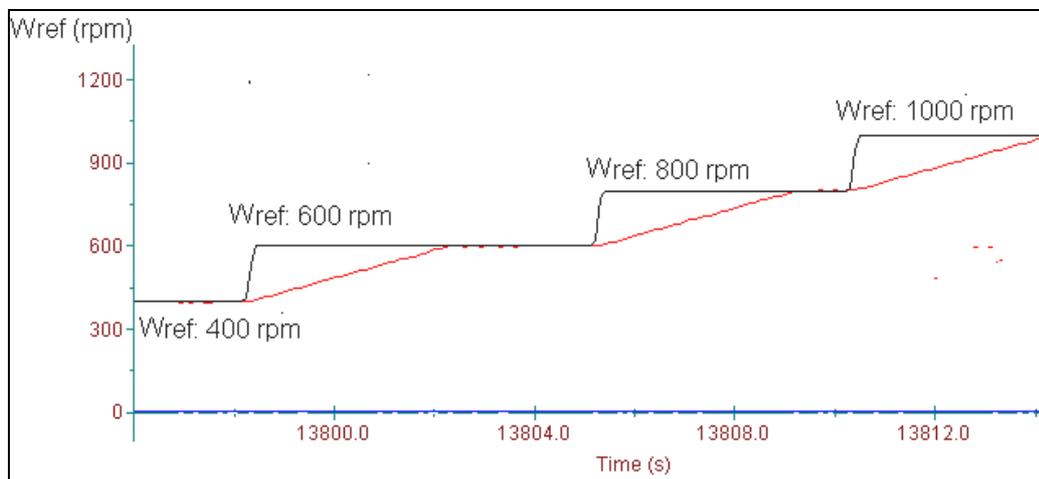


Figura 3.18 Velocidad y aceleración del motor

Del análisis realizado se determina que el control de velocidad depende del ajuste de los parámetros de ganancia del regulador PID que se puede adaptar a los requisitos del proceso. La precisión que se obtenga depende de la correcta estructuración de la palabra de ingeniería en relación a la velocidad de referencia del inversor.

3.4.3 INSTRUCTIVOS PARA MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

3.4.3.1 Sistema de Pruebas

Puesto en marcha el sistema de pruebas se detalla la información necesaria acerca de lineamientos generales de acción para facilitar la puesta en marcha del sistema por parte del personal de mantenimiento eléctrico. Ver anexo E.

3.4.3.2 Procedimientos en el manejo del software

Para evitar cualquier procedimiento incorrecto en el manejo del software destinado para el servicio de aplicación de cada uno de los dispositivos programables (PLC AC80, inversor y panel de operador) y antes de realizar una modificación en dichos programas es importante asimilar procedimientos detallados en el Anexo F, Manual de Procedimientos de Acciones Correctivas de Programación y Parámetros en el Software de Aplicación.

.

3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Una vez implementado el sistema de pruebas, y después de la puesta en marcha del mismo se han notado las siguientes limitaciones.

- El inversor no realiza la regeneración a la fuente por las características de la misma ya que además de no ser controlada no posee una sección de rectificación inversa en contraste a la fuente de alimentación del sistema original.

- A consecuencia de la potencia que puede manejar el transformador no fue posible utilizar un motor de iguales características que el usado en el enrollador de la máquina de papel MP5.
- Los motores disponibles para el sistema de pruebas no cuentan con termistores que permitan utilizar el control de temperatura del motor.
- Debido a lo anteriormente expuesto no fue posible experimentar con el otro método de control que ofrece el inversor es decir el control escalar ya que en este tipo de control no existe la posibilidad de frenar al motor de otra manera que no sea regenerando a la línea de alimentación.
- A consecuencia de la inexistencia del panel de control CP312 para la parametrización y monitoreo de variables del inversor no se puede interactuar directa e independientemente del sistema con el inversor.

Se pone a consideración los alcances obtenidos en el transcurso del proyecto.

- Facilidades de diagnóstico de fallas y averías a través de la interfaz del operador.
- Posibilidad de utilizar diferentes lazos de control (lazo abierto/lazo cerrado) de la velocidad del motor de pruebas.

- Se recopiló información respecto a los distintos dispositivos del sistema Multidrive ABB para el Departamento de Mantenimiento Eléctrico.
- Debido a la capacitación brindada al personal del departamento antes mencionado es posible la fácil intervención del mismo en todos los aspectos referentes al sistema de pruebas.

3.6 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Una vez que el sistema de pruebas ha cumplido las pruebas de operación y funcionamiento es pertinente cuantificar la inversión realizada por la empresa en los componentes utilizados. En la tabla 3.3 se detalla por ítems el costo de los componentes al mes de octubre del 2007. El costo neto de los componentes es de 40.300,97 dólares americanos.

Para conocer el costo total del proyecto debe añadirse el rubro de la mano de obra de ingeniería y montaje del proyecto. Para el efecto se toma como referencia el modelo de Cocomo que lleva a cabo una evaluación del impacto de los conductores de costos en el caso de análisis, diseño del proceso de ingeniería y software.

Dicha regla establece la siguiente expresión:

$$\text{Costo}_{(USD)} = K * N^{\circ} \text{ _horas _ persona} \quad (3.14)$$

Donde: K = Valor hora profesional en USD estimado en 15,00 USD

Para calcular el costo de la mano de obra del montaje e instalaciones eléctricas se utiliza el mismo criterio pero asignando a K un valor de 2,50 USD.

En la tabla 3.4 se detalla el costo de la mano de obra del proyecto considerando que para el rubro de ingeniería intervienen dos personas con una carga laboral neta de 30 días y 8 horas diarias.

Para el montaje e instalaciones eléctricas se calcula el costo en base al trabajo de dos personas con una carga laboral de 25 días y 8 horas diarias.

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
1	1	PLC ABB AC80 PM825.	7.400,00
2	1	Variador de Frecuencia ABB ACS600.	8.790,00
3	1	Panel de operador ABB GOP2000.	12.110,00
4	1	Unidad Terminal NMBC-01Modbus.	600
5	1	Units Branching 9CH NDBU-95C.	2.735,00
6	1	Módulo de entradas DI810.	450
7	1	Módulo de salidas DO820.	430
8	1	TU831 Extended Module Termination MTU	179
9	1	TU830V1 Extended Module Termination MTU	230
10	1	RDC0-01C OPTION/SP KIT DDCS Commun Optical	415
11	1	RDCU-02C Drive Control Unit	1.900,00
12	2	Fuente de alimentación de 24VDC	1000
13	1	Tablero Industrial	500
14	1	Relé 11 pines 24VDC	6,7
15	1	Relé 11 pines 12VDC	10
16	1	Relé 11 pines 220VAC	10
17	7	Luz piloto	81
18	3	Selectores 2 posiciones	53
19	7	Pulsadores	116,7
20	1	Paro de Emergencia	50
21	1	Contactador 220-600VAC 65A	150
22	1	Switch 660VDC 150A	180,59
23	1	Contactador 220/600VAC 45A	100
24	1	Convertor de interfaz RS485/RS232	139
25	1	Caja plástica para botonera para 4 accionamientos	18,6
26	1	Caja plástica para botonera para 1 accionamientos	10,1
27	1	Breaker bifásico 6000V, 40A	95,4

28	1	Breaker trifásico 6000V, 16A	95,4
29	1	Breaker trifásico 690 V , 50A	95,4
30	2	Fusible tipo cartucho ultrarrápidos 600V, 160A	55,6
31	2	Bases portabusibles tipo cuchilla	150,4
32	4	Fusible tipo cartucho 10X38 500V, 25A	10,5
33	1	Interruptor termomagnético automático tripolar 400V, 32A	20
34	4	Interruptor termomagnético automático bipolar 400V, 6A	65,2
35	3	Interruptor termomagnético automático 400V, 2A	24,3
36	1	Interruptor termomagnético automático 400V, 4A	8,1
37	1	Encoder incremental 2048 ppr, 24Vdc	1.726,68
38	Global	Bornera de 1 polo con tornillo, 12AWG	105
39	Global	Rollo de cable 18 AWG/6AWG	200
40	Global	Materiales de oficina	300
41	Global	Movilización	300
42	Global	Uso de Internet	50
43	Global	Pago de Aranceles	700
44	Global	Ingeniería (Mano de obra)	8.200,00
TOTAL			49.866,67

Tabla 3.3 Costo de los componentes

Ítem	Descripción	K(UDS)	Nº horas hombre	Subtotal
1	Ingeniería de proyecto	15.00	480.00	7.200,00
2	Montaje e instalaciones eléctricas	2.50	400.00	1.000,00
			Subtotal	8,200,00

Tabla 3.4 Costo de la mano de obra del proyecto

Por lo tanto, el costo total del proyecto es la suma de los rubros del costo de componentes y de la mano de obra, obteniendo la cantidad de **49.866,67/100** dólares americanos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Al finalizar el proyecto se cumplió el objetivo trazado que fue Diseñar e Implementar un Sistema de Pruebas del Sistema Multidrive ABB de la Máquina de Papel “MP5” de la planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.”
- Para la comunicación del PLC AC80 y el panel de operador se estructuraron subrutinas de error en el autómata para evitar pérdida de datos y confirmar errores en el enlace.
- Las funciones destinadas para la comunicación de la estación maestra (PLC) y el Drive, deben ser implementadas de acuerdo a las direcciones lógicas de ambos dispositivos.
- El PLC AC80 posee funciones de escaneo implementadas en la programación, para determinar fallas en los módulos de entradas y salidas manejados por el mismo.

- Los accionamientos de las serie ACS600 son empleados en procesos donde se requiere mayor rendimiento dinámico, controlando parámetros reales de par y velocidad con el método de Control Directo del Par “DTC”.

- El conversor RS485 a RS232 que se utiliza para la comunicación entre el PLC y el OP no permite el monitoreo del autómatas en modo online debido a que no posee aislamiento entre sus etapas de comunicación generando problemas entre ellas, lo cual hace necesario deshabilitar la OP para el monitoreo y modificación del programa de la estación maestra en modo online.

- La unidad de control del drive puede ser utilizada para accionamientos de 50KVA y 395 KVA, siempre y cuando se realicen los cambios necesarios en los parámetros que definen el tipo de accionamiento a controlar.

- El inversor no requiere de la retroalimentación de un encoder para determinar la velocidad y posición del eje del motor debido al método de control DTC que emplea el mismo, este método utiliza teorías avanzadas para calcular el par del motor sin utilizar modulación, siendo las variables a controlar el flujo magnetizante y el par del motor.

- Se implementó una aplicación HMI para la toma de decisiones del personal de Mantenimiento Eléctrico.

- El diseño de las pantallas del HMI deben ser lo más amigable posible, contener toda la información necesaria para el usuario final, el mismo que debe conocer las funciones básicas de operación del sistema.

- Un sistema de pruebas, debe proporcionar una idea completa respecto al software y hardware de un proceso, para lograr que los usuarios obtengan las destrezas necesarias para manipularlo de manera eficiente y segura.
- La aplicación de un sistema de pruebas permite identificar puntos débiles y fuertes de un proceso, para el mejoramiento en aspectos operacionales de una Empresa en áreas técnicas, aumentando la eficiencia en el desempeño laboral y reduciendo tiempos perdidos de una máquina.
- Las paradas de emergencia deben actuar independientemente, aún sin la presencia de la lógica de control del PLC y ser implementadas físicamente desactivando los mecanismos que sean necesarios, llevando a la máquina a una condición segura.
- Para la aplicación de proyectos se debe utilizar estándares y directivas internacionales de los Organismos encargados de la verificación de las aprobaciones de normas, que permiten el diseño de un sistema de forma segura y confiable.
- El diseño de un cuadro eléctrico, se debe estructurar de acuerdo al dossier eléctrico a utilizarse, para la distribución correcta de los dispositivos de mando, señalización y protección de acuerdo a sus características.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de un sistema de pruebas se recomienda seguir un proceso de análisis y diseño de ingeniería básica para estructurar debidamente el proyecto a implementar.
- Las muletillas de seguridad de los arrancadores de motor deben actuar independientemente, aun sin la presencia del control del PLC y ser implementados físicamente de tal manera que permitan desactivar los mecanismos, para llevar a la máquina a una condición segura en caso de alguna falla.
- Instalar fusibles de protección en cada dispositivo electrónico para obtener una eficiente protección contra cortocircuitos y así evitar algún tipo de daño irreparable.
- En el caso de modificaciones a nivel de hardware y software, se recomienda documentarlas inmediatamente actualizando los planos correspondientes.
- Antes de la puesta en marcha de un sistema se deben realizar pruebas individuales de cada dispositivo de control para comprobar su óptimo funcionamiento y evitar daños cuando se ponga en operación todo el sistema.
- Para la realización de esquemas eléctricos se deben utilizar símbolos normalizados procedentes de normas nacionales e internacionales, para unificar símbolos y mejorar la comprensión de los planos eléctricos.

- En la construcción o modificación de cuadros eléctricos pueden ocasionarse accidentes de origen mecánicos o eléctricos, por lo que se recomienda al personal encargado de dicha tarea, utilizar equipo de protección adecuada, herramientas en buen estado y trabajar realizando la desconexión de potenciales eléctricos, para evitar riesgos de accidentes.

- Para la programación de un dispositivo nuevo, se recomienda generar pequeños programas, en los cuales se vayan determinando el funcionamiento de cada tramo del dispositivo electrónico.

- En el proceso de selección y dimensionamiento de la plataforma del PLC se recomienda tomar como primer paso el diseño de los módulos de entradas y salidas, para la asignación e implementación de dichos dispositivos en la programación y aplicación del sistema a controlar.

- Se recomienda que los dispositivos de mayor disipación de potencia se ubiquen en la parte superior de los tableros eléctricos.

- Se recomienda como protección que las referencias a tierra de todos los dispositivos sean conectadas al punto de conexión a tierra.

- Para el accionamiento de motores por medio de un inversor se recomienda realizar pruebas de megado en los bobinados del motor y comprobar que la etapa de potencia del accionamiento se encuentra en un estado seguro, para evitar daños irreparables en estos componentes antes de la puesta en marcha.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Chapman Stephen J., “Máquinas Eléctricas”, Segunda Edición, Mc. Graw Hill, Bogotá, 1993.
- Nasar S.A., Unnewehr L.G., “Electromecánica y Máquinas Eléctricas”, Segunda Edición, Limusa, México D.F., 1997.
- Ortega Juan María, Ramírez José, “Máquinas de CA”, Cuarta Edición, CEAC, Barcelona, 1982.
- Fitzgerald A.E., Kingskey Charles, Umans Stephen, “Máquinas Eléctricas”, Quinta Edición, Mc. Graw Hill, México D.F., 1992.
- Piedrafita Ramón, “Ingeniería de la Automatización Industrial”, Primera Edición, Alfaomega RA-Ma, México D.F., 2001.
- Chomycz Bob, “Instalación de Fibra Óptica: Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones”, Mac Graw Hill, Madrid, 1998.
- Pereira Da Costa J.L., “Selección y Aplicación de motores eléctricos”, Segunda Edición, Lobosco, 1989.
- Vilora José, “Automatismos y Cuadros Eléctricos”, Cuarta Edición, Thomson, Madrid, 2001.
- Corrales Luis, “Redes Industriales Digitales”, Departamento de Automatización y Control Industrial, Quito, 2004.

- ABB Industry, “Manual del Firmware del Programa de Aplicación Estándar 5.2 para los Convertidores de Frecuencia ACS 600”, Barcelona, España, 2002.
- ABB Industry, “DDCS Branching Units NDBU-85, NDBU-95”; “User’s Manual”, Lampertheim, Alemania, 2000.
- ABB Industry, “Manual de Usuario de la Sección de la Fuente de Tiristores desde 16 a 6500 kW, para el Sistema Multidrive de Conversores de Frecuencia ACS 600, ACS 677 y ACC 677”, Lampertheim, Alemania, 2000.
- ABB Industry, “Manual de Usuario del PLC ABB AC 80”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- ABB Industry, “Manual del Programa de Aplicación 7.x para los Conversores de Frecuencia ACS 600, ACS 800”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- I/O ABB Industry, “Guía de Usuario S800 I/O”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- ABB Industry, “Operación del Panel G2000 en Máquinas de Papel”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- ABB Industry, “Instrucciones de Programación para el Panel G2000 en Máquinas de Papel”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- ABB Industry, “Instrucciones de Instalación del Adaptador NISA-03 DDCS/ISA”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- ABB Industry, “Manual de Referencia de los Elementos PC”, Helsinki, Finlandia, 2002.

- ABB Industry, “Manual de Referencia de los Elementos TC”, Helsinki, Finlandia, 2002.
- <http://es.wikipedia.org/>
- <http://www.alegsa.com.ar/Dic/memoria.php>
- www.plcopen.org
- <http://www.abbplc.com/advantman.htm>
- [http://www.sapiensman.com/ESDictionary/M/Technical_vocabulary_Spanish\(M2\).htm](http://www.sapiensman.com/ESDictionary/M/Technical_vocabulary_Spanish(M2).htm)
- http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_electrico.htm
- <http://www.nichese.com/motor.html>
- <http://www.infoplcn.net>
- <http://www.carbi.net/tecnica/newpage14.html>
- <http://www.precitool.com.mx>
- <http://www.cdicontrol.com.ar>
- <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra.htm>
- http://www.radioptica.com/Fibra/material_fib.asp

ANEXO A

Glosario de Términos

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ABB.- Asea Brown Boveri. Fabricante de dispositivos electrónicos.

AC 80.- Advant Controller 80. Controlador de aplicación para el sistema multidrive ACS600.

ACS.- ABB Standard frequency converter family. Familia de convertidores de frecuencia estándar ABB.

ACS 600.- ACS 600 frequency converter family. Familia de convertidores de frecuencia ACS 600.

AF100.- Advant Fieldbus AF100. Módulo opcional de adaptador Fieldbus para ACS 600.

ANSI.- American National Standards Institute. Instituto Nacional Americano de Estándares.

ASIC.- Application Specific Integrated Circuit. Circuito integrado de aplicación específica.

AWL.- Lenguaje de programación por lista de instrucciones.

C

CDP312.- Control panel CDP312. Panel de control local utilizado para la parametrización y monitoreo de los inversores ACS600.

CPU.- Central process unit. Unidad central de procesamiento.

D

DDCS.- Distributed Drives Communication System. Sistema de comunicación de drives distribuido. Protocolo de comunicación usado por los productos ACS600.

DriveWindow.- Herramienta de software para operar, controlar, parametrizar y monitorear drives ABB (ACS 600).

DTC.- Direct Torque Control. Control directo de par, método revolucionario empleado para el control de motores y variadores de frecuencia implementado por primera vez en los productos de la familia ACS 600.

E

EEPROM.- Electrical Erasable Programmable Read Only Memory. Memoria tipo PROM borrrable y programable eléctricamente.

F

FCB.- Function Chart Builder. Herramienta de software para aplicaciones de programación de controladores de Advant Controller de ABB.

FUP.- Programación por funciones lógicas.

H

Hardware.- Todos los elementos físicos de un dispositivo electrónico.

I

IDRun.- Estado de identificación de las características de un motor para optimizar el control.

IGBT.- Isolated Gate Bipolar Transistor. Transistor bipolar de compuerta aislada.

IP.- International Protection. Grado de protección.

K

KOP.- Lenguaje de programación por contactos.

L

LCD.- Liquid crystal display. Pantalla de cristal líquido.

M

MAMC.- Application and Motor Control. Interfaz entre el software de aplicación y el software de control del motor de la familia de convertidores de frecuencia ACS 600.

Modbus.- Protocolo de comunicación que proporciona el estándar interno para que los controladores analicen mensajes.

N

NGDR.- Gate Driver Board. Tarjeta que suministra los impulsos amplificados a los IGBT de los inversores ACS600.

NINT.- Interface Electronics Board. Tarjeta interfaz entre la parte de potencia y control.

NPOW.- Tarjeta cuya tarea es alimentar o energizar otras tarjetas y módulos opcionales del ACS 600.

NTAC.- Pulse Encoder Interface Module. Módulo codificador de impulsos con programa de aplicación estándar del ACS600.

O

OP.- Panel de operador. Interfaz de usuario que permite su interacción con un proceso, por ejemplo: pantallas gráficas o alfanuméricas, computadores, etc.

P

PC.- Computador Personal.

PCMCIA. - Personal Computer Memory Card International Association. Tarjeta de memoria diseñada por la Asociación Internacional de computadores personales.

DDCS/PCMCIA.- Interfaz capaz de conectar al PC y a los drives de la familia ACS 600 a través del software Drive Window.

PLC.- Controlador lógico programable.

PPCS.- Power Plate Communication System. Conector óptico de fibra para el control del inversor.

PT100.- Elemento resistente de alambre de platino. Resistor dependiente de la temperatura usado en motores para indicar su temperatura. $R=100\Omega$ a 0 C.

PWM.- Pulse wave modulation. Modulación por ancho de pulsos.

R

RAM.- Random access memory. Memoria de acceso aleatorio.

RDCO.- DDCS Communication Option Modules. Módulo opcional para comunicación DDCS. Módulo de entradas y salidas para comunicación DDCS de la familia de drives ACS 600/ACS 800. Incluye cuatro canales.

RDCU.- Drive Control Unit. Unidad de control del inversor. Unidad de control instalable en riel DIN, de recubrimiento plástico, incluye la tarjeta RMIO.

RMIO.- Tarjeta de control de entradas y salidas de la RDCU.

ROM.- Read Only Memory. Memoria exclusivamente de lectura.

RS-485. - Recommended Standard 485. Norma internacional de comunicación serial que permite entablar la comunicación entre 32 dispositivos sobre un mismo canal. Esta norma tiene la característica de usar un canal diferencial para su comunicación entre varios dispositivos separados a una distancia máxima de 1200 metros.

S

Software.- Conjunto de programas, lenguajes y procedimientos necesarios para que los equipos que integran un sistema digital de monitoreo y control se configuren, operen, reciban mantenimiento y se reparen.

ANEXO B

Hojas de Especificaciones Técnicas

HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE ABB AC80

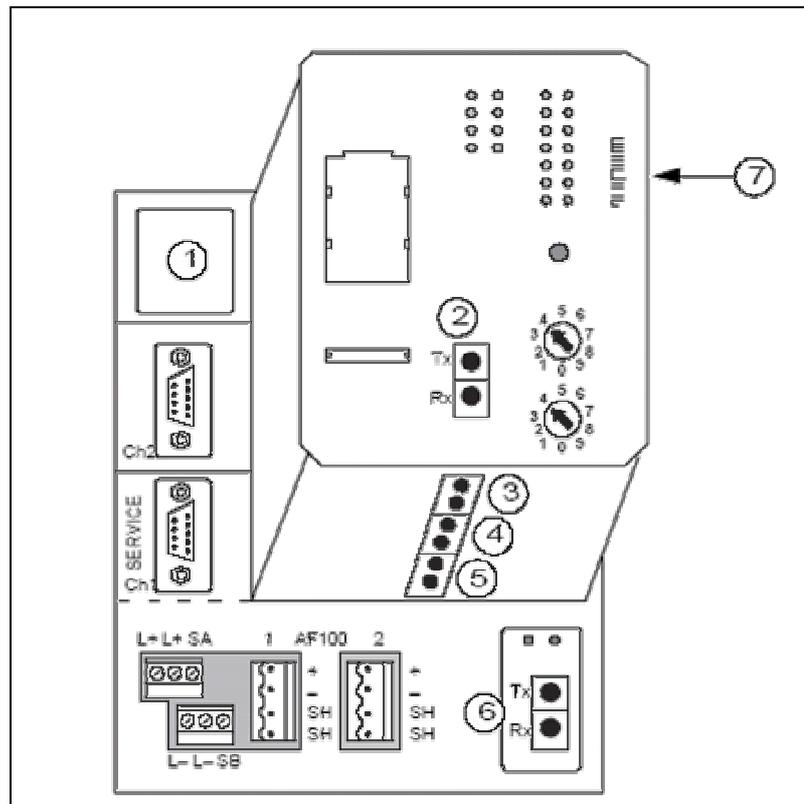


Figura del PLC ABB Advant Controller AC80

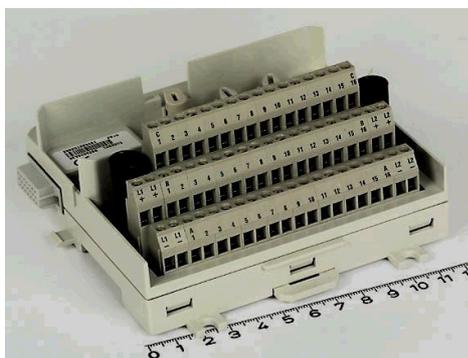
ESPECIFICACIONES DE LA CPU DEL PLC	
Procesador	PM825
Velocidad	25 MHz
Memoria RAM	1024 Kb (512Kx16bit)
Memoria PROM	512 Kb
Memoria FLASH	1024Kb (256 x32bit)
Recursos adicionales	Reloj en tiempo real Watchdog

ESPECIFICACIONES DEL PLC (HARDWARE Y CONEXIONES)				
Nombre	Terminal	Conexión	Dato	Observación
Power Supply	L+ L+ SA L- L- SB	Fuente de alimentación	+24 V d.c. (19.2 a 30 V)	Redundancia disponible
AF 100	AF100 AF100	AF 100 (Advant Fieldbus 100)	Max. Longitud 750 m. Max. No de nodos 32	Redundancia disponible
Service	Ch1 (Terminal Board X4)	PC (Configuración y mantenimiento)	Nivel de señal RS-232	DB9 macho
Panel/ Printer	Ch2 (Terminal Board X5)	CDP 80 Ctrl. Panel Alarm printer GOP Panel	Protocolo: Modbus Nivel de señal RS-485 Max. comm. TBD	Conector DB15 macho
Battery	(1)	Batería	Lithium 3.6 V 900 mAh	14.5 × 25 mm
Tool*	(2) (NCB CH3)	PC tools (Drive Debug)	Protocolo: DDCS	10 MBd Componente óptico
DriveBus*	(3) (NCB CH0)	ABB drives Branching units	Protocolo: DDCS, DDCSe	10 MBd Componente óptico
Special I/O*	(4) (NCB CH1)	NBIO-21 NBIO-31 NPCT-01 DSU	Protocolo: DDCS	5 MBd Componente óptico
Fieldbus Adapter*	(5) (NCB CH2)	Fieldbus Adapters e.g. NPBA-80	Protocolo: DDCS	5 MBd Componente óptico
Optical ModuleBus (optional)*	(6) TB820 Modems	ABB drives	Protocolo DDCS Max. 12 I/O units in max. 7 clusters	Requiere Puerto óptico TB810/811
Electrical ModuleBus	(7)	S800 I/O units	Max. 12 I/O units 24 V a 1.0A 5 V a 2A	

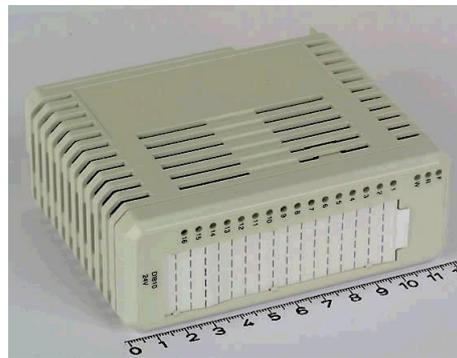
Nota: Los números en negrita hacen referencia a los mostrados en la figura del PLC.

MÓDULO DE ENTRADAS DISCRETAS DI810

El módulo de entradas discretas posee 16 entradas divididas en dos grupos de 8 cada uno con el aislamiento apropiado entre ellos y además es montado sobre una base (unidades terminales de montaje), estas características se amplían a continuación:



Módulo DI 810



Base TU 830

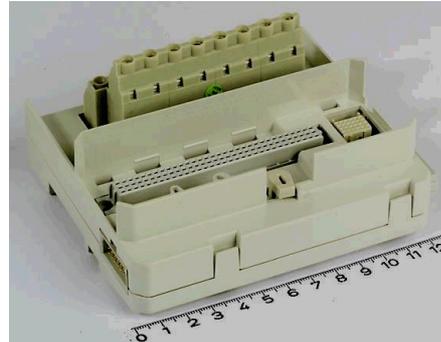
MÓDULO DE ENTRADAS DISCRETAS DI 810	
Número de canales	16 (2 x 8), tipo sinking
Rango de voltaje	24 VDC (18 a 30 VDC)
Rango de voltaje de entrada "1L"	15 a 30 VDC
Rango de voltaje de entrada "0L"	-30 a +5 VDC
Corriente nominal por canal de entrada	6mA, 24 VDC
Impedancia de entrada	3.5 K
Máxima longitud del cable	600 m
Tiempo de filtrado	2, 4, 8, 16 ms.
Proceso de supervisión de voltaje	2 canales (1 por grupo)
Consumo de corriente	+5V, 50 mA
Disipación de potencia (Calculado con el 70% de los canales activados a la tensión nominal de 24VDC).	1.8 W
Aislamiento	RIV=50V
Unidades terminales de montaje	TU810, TU812, TU814 ó TU830
Código MTU	AA

MÓDULO DE SALIDAS DISCRETAS DO820

El módulo de salidas discretas posee 8 canales accionados a relé y también es montado sobre una base similar al del módulo de entradas mediante el cual se comunican con el PLC, además posee las siguientes características:



Módulo DO 810



Base TU 831

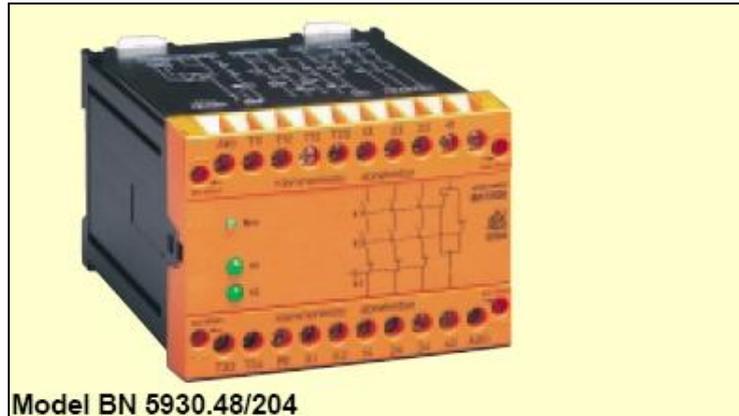
MÓDULO DE SALIDAS DISCRETAS DO 820	
Número de canales	8
Tipo de salida	Relé, NO (Normalmente abierta)
Rango de voltaje	5 a 250 V AC/VDC
Corriente de carga máxima	3 A
Corriente de carga mínima	5 mA.
Máxima corriente producida	30A, 220ms, L/R >10 ms.
Máxima longitud del cable	600 m
Número de operaciones máximas por hora	2000
Consumo de corriente:	+5V 60 mA +24V 140 mA
Disipación de potencia	2.9 W
Duración, salidas fijadas como predeterminadas	256, 512, 1024 ms.
Aislamiento	Individual para cada salida
Unidades terminales de montaje	TU81, TU831, TU836 ó TU837
Código MTU	AD

FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIEMENS SITOP



FUENTE SIEMENS SITOP MODULAR 6EP1 961-3BA00	
Voltaje nominal de entrada	120 VAC/230VAC-500VAC
Consumo de corriente: 120VAC; 230VAC	2,2 A; 1,2 A
Voltaje de salida	+24VDC (+24 a 28.8VDC)
Corriente de carga máxima	5 A
Potencia	120W
Rango de temperatura ambiente	0 a +60 °C con convección natural
Frecuencia	50/ 60Hz
Grado de protección	IP20 según IEC 529
Clase de protección	1
Clase de humedad	Clase climática 3K3 según EN 60721, sin condensación
Montaje	Sobre perfil normalizado DIN EN 50022-35x15/7,5 por abroche
Resistencia a sobretensiones	1300Vp/1.3ms Peso 1,2Kg
Limite de armónicos de entrada	Según EN61000-3-2

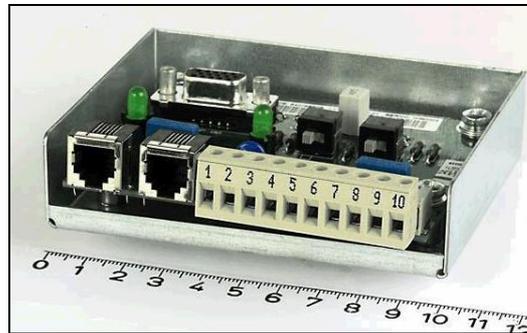
RELÉ DE EMERGENCIA BN5930.48/204



EMERGENCY STOP RELAY	
Voltaje nominal (Vn)	110V,230VAC
Carga	Menor a 5VA
Voltaje de Tolerancia	0.8–1.1Vn AC
Frecuencia	50 a 60Hz ±5%
Control de corriente	T12, T22 12mA a 230V
Mínimo voltaje	(T12/T22) Vn – 20%
Contactos	3 N/O, 1 N/C
Máx. Capacidad de conmutación	10A AC (cosø 1–0.7) 10A DC.
Vida mecánica de los contactos	30 x 10 ⁶ operaciones
Tolerancia: Capacitiva Inductiva	AC15, 6A, 250V AC DC13, 6A, 24V DC
Min. Voltaje/corriente de conmutación	10V, 15mA AC/DC
Máx. Voltaje de conmutación	415V AC, 250V DC
Máx. Potencia de conmutación	2500VA (AC1) 240W DC
Máx. Frecuencia de conmutación	6000 operaciones/hora
Tiempo de reacción	Reset 200ms. E-STOP<20ms
Temperatura de operación	–15°C ... +55°C a 90% RH
Grado de protección	Cubierta IP40 , terminales IP20
Prueba de voltaje	2.5KV 1 minuto
Descarga eléctrica	Amplitud 0.35mm Frecuencia 10–55Hz
Material	Termoplástico VO Rango UI94

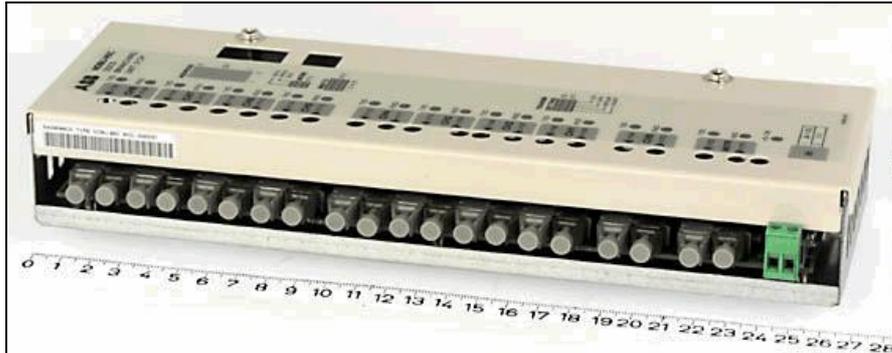
TARJETA TERMINAL DE COMUNICACIÓN NMBC-01

La tarjeta terminal NMBC, es la encargada de terminar el bus Modbus y además permite la conectividad de varios dispositivos de comunicación a ella, entre estos el panel de operador GOP2011 descrito en las páginas siguientes, mediante diferentes puertos o borneras.



NMBC-01	
Voltaje de alimentación	24VDC
Voltaje de salida	24VDC
Comunicación	Panel de control CDP 80 Registrador de alarmas Panel GOP
Número de puertos	4 (2 RJ12, DB15, Bornera para RS485)
Interfaz	RS485

UNIDAD DISTRIBUIDORA NDBU-95C



Especificaciones Técnicas:

NDBU 95C	
Modo de comunicación	DDCS/DriveBus
Medio de TX/RX	Fibra óptica
Software de configuración	Drive Windows
Soporta comunicación	PLC AC70 PLC AC80 FCI DriveBus
Cubierta	Plástico
Topología física	Estrella
Dimensiones de cubierta	45 mm x 75 mm x 105 mm
Grado de protección	IP 22
Montaje	DIN rail 35 × 7.5 mm
Temperatura de operación	+0 ... +50 °C
Conector	MSTR, CH0 ... CH8 (10 Mbit)
Canales	1 Master 9 CH
Corriente de consumo	150 mA, Máx. 250mA
Voltaje de alimentación	24 V d.c. ±10%
Fusible de protección	TR5, T500 mA
Velocidad de TX/RX	Drive Windows: 1Mbit AC80: 4Mbit
Material	Zinc/platino

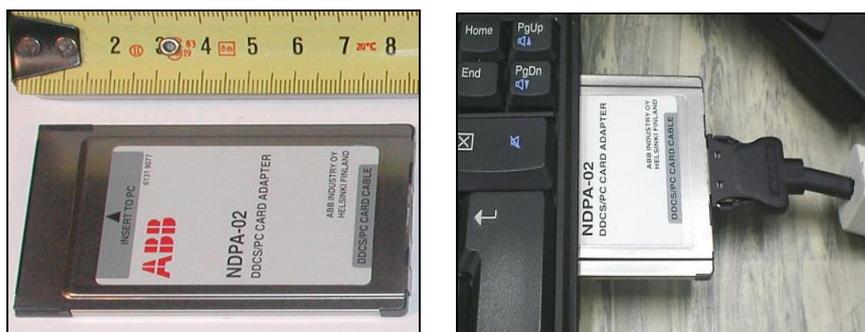
MÓDULO INTERFAZ PARA ENCODER DE PULSOS (NTAC 02)



Especificaciones Técnicas:

NTAC 02	
Cubierta	Plástico
Dimensiones de cubierta	94 × 264 × 41 mm
Grado de protección	IP 20
Montaje	DIN EN 50022-35x15/7,5
Conector	Para TX/RX de ACS 600 2 terminales especie tornillo de contactos Phoenix MVBSTW 2,5/8-ST- 5,08 para encoder
Entrada Máx. frecuencia	100Khz
Resolución	0.00305 % (15 bits)
Lógica con 15V	"1" > 7.6 V, "0" < 5 V
Lógica con 24V	"1" > 12.2 V, "0" < 8 V
Corriente de consumo máxima	250 mA
Voltaje de consumo	24 Vd.
Seguridad de inmunidad al ruido	(IEC 801-4): 4 KV 5/50 ns
Canal	B 90° eléctricos A Z Un pulso por revolución

TARJETA ADAPTADORA DE INTERFAZ DDCS/PCMCIA NDPA-02



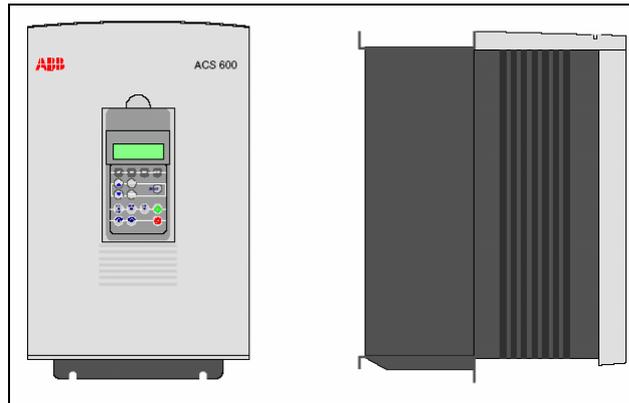
Especificaciones Técnicas:

NDPA-02	
Canales	1 (CH0)
Velocidad	DDCS: 5 MBd
Corriente de consumo	30 mA. máx.
Software de aplicación	DriveWindow desde 2.02 Drive OPC 2.03 DriveDebug 2.8
Conector	Para tarjeta PCMCIA, Cable conector DDCS/PC

CONVERSOR RS485/RS232 (CABLE PPI MULTI-MASTER)

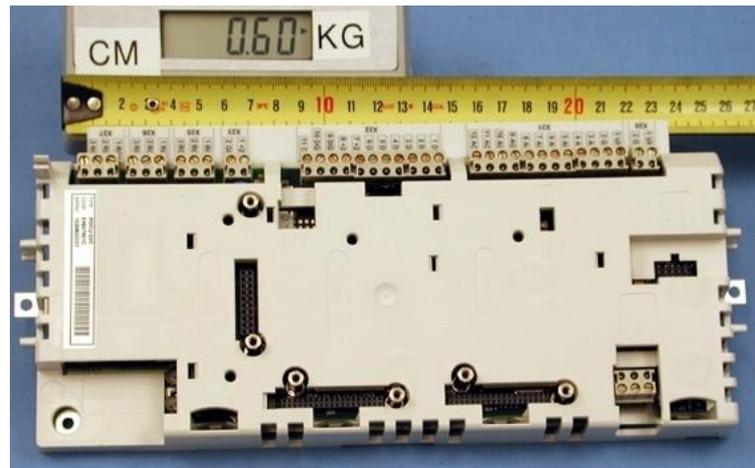
CABLE PC/PPI MULTI-MASTER	
Fabricante	Siemens
Velocidad de TX/RX	57 a 1152Kbaud
Configuración	Maestro, Esclavo
Control	Remoto DTE, Local DCE
Número de bits	10 bit, 11 bit
Temperatura	TTHA=TB40°C
Protecciones	Kema 04ATEKII30x FM aprobado Clase DIV2

INVERSOR ACS600



INVERSOR ACS 600	
Tecnología	IGBT y DTC
Conexión a red	Tensión de alimentación: 380...500 V ± 10 %
Corriente	58A
Potencia (Sn) (Pn)	50KVA 37KW
Control de frecuencia	0...±300 Hz 0...±120 Hz con filtros du/dt
Frecuencia de resolución	0.01Hz
Capacidad de cortocircuito	50 kA durante 1 segundo
Factor de potencia	cosj 1 = 0.97 (fundamental) cosj = 0.93...0.95 (total)
Tensión de salida trifásica	0...0.70 × Voltaje de entrada
Software de control del motor	Control de Par Directo ABB (DTC)
Control de velocidad	Precisión estática Precisión dinámica
Grado de protección	IP 22
Temperatura ambiente	Almacenamiento: -40...+70 °C Uso estacionario: 0...+40 °C +50 °C con reducción

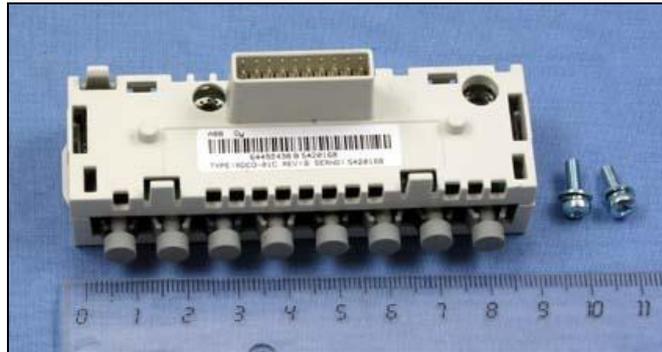
UNIDAD CONTROLADORA DEL DRIVE RDCU-02C



UNIDAD DE CONTROL DEL INVERSOR RDCU-02C	
Entradas analógicas(X21)	Dos entradas de corriente diferenciales programable de (0 mA / 4 mA ... 20 mA, $R_{in} = 100$ ohmios) Una entrada de voltaje diferencial programable de (-10 V / 0 V / 2 V ... +10 V, $R_{in} > 200$ k Ω).
Salida de tensión constante(X20)	+10 V CC, 0, -10 V CC $\pm 0,5$ % (Rango de escala completa) a 25 °C (77 °F) con intensidad máx. 10 mA
Salida de alimentación auxiliar(23)	24 V CC/ ± 10 %, a prueba de cortocircuito con intensidad máx. 250mA
Salidas analógicas(X21)	Dos salidas de intensidad programables: 0 (4) a 20 mA, $R_L < 700$ ohmios
Entradas digitales(X22)	Seis entradas digitales programables (tierra común: 24 V CC, -15 % al +20 %) y una entrada de bloqueo de marcha. Aisladas en grupo

UNIDAD DE CONTROL DEL INVERSOR RDCU-02C	
Salidas de relé(X25-X26-X27)	Tres salidas de relé programables con: Capacidad de conmutación 8 A a 24 V CC o 250 V CA, 0,4 A a 120 V CC
Enlace de fibra óptica DDCCS(X33)	Con módulo adaptador de comunicación opcional RDCO. Protocolo: DDCCS (Sistema de comunicación de convertidores distribuido de ABB)
Entrada de alimentación(X34)	24 V CC \pm 10%
Consumo de intensidad típico (sin módulos opcionales)	250 mA
Consumo máximo de intensidad	1200 mA (con módulos opcionales insertados)
Slot 1 (X31) Slot 2 (X32)	Para conexión de I/O de módulos de extensión
Conexión de control de Panel	Para conexión del control de panel CPD312
PPCS link (V57, V68)	General: Conector de fibra óptica al inversor o al módulo de alimentación IGBT. Protocolo: ABB PPCS (Power Plate Communication System)
Temperatura de operación	0 a 60 °C
Estándar aplicado	Inmunidad ruido: IEC 61800-3 Emisión ruido: EN 50081-2

MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS PARA COMUNICACIÓN DDCS RDCO-01C



RDCO-01C	
Conectores	20 pines para comunicación con RMIO-02. 4 pares de conectores para cables de fibra óptica.
Voltaje de operación	+5 V DC \pm 10%, suministrados por la tarjeta RMIO del drive.
Corriente de consumo	200 mA máximo.
Grado de Protección	IP 20
Inmunidad Electromagnética	IEC 1000-4-3; IEC 1000-4-4; IEC 1000-4-6.
Dimensiones	95 x 30 x 34 mm.

El módulo RDCO incluye conectores para canales de fibra óptica bajo el protocolo DDCS que son: CH0, CH1, CH2 y CH3. El uso de estos canales es determinado por el programa de aplicación. Sin embargo, los canales son normalmente asignados de la siguiente manera:

CH0.- Enlaces externos por ejemplo: Adaptador Fieldbus.

CH1.- Extensiones de entradas y salidas.

CH2.- Enlace del siguiente maestro.

CH3.- Herramientas de Software por ejemplo: DriveWare.

La velocidad de los canales depende del modelo del módulo a continuación se especifica este parámetro:

Tipo de Módulo	Tipo de componente óptico			
	CH0	CH1	CH2	CH3
RDCO-01C	10 Mbd	5 Mbd	10 Mbd	10 Mbd
RDCO-02C	5 Mbd	5 Mbd	10 Mbd	10 Mbd
RDCO-03C	5 Mbd	5 Mbd	5 Mbd	5 Mbd

ANEL DE OPERADOR GOP 2010



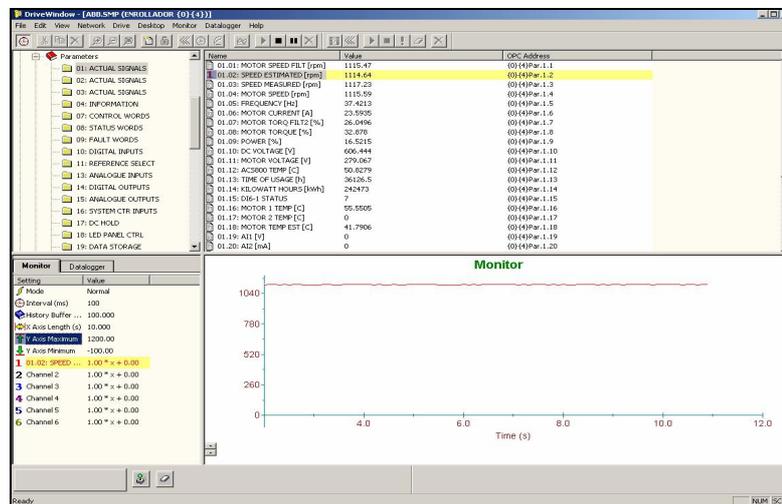
Especificaciones Técnicas:

GOP 2011	
Resolución	640 x 480 pixels
Dimensiones	350 x 255 83 x mm
Peso	5,75 KG.
Voltaje de alimentación	24 VDC
Corriente de consumo	625 mA.
Potencia	15 KW
Interfaces	RS-232/RS-485/RS-432
Protocolos de comunicación	Modbus, Profibus
Botones	16 botones tipo membrana

SOFTWARE DEL INVERSOR (DRIVEWINDOW)

Aplicación de Windows de 32 bits utilizado para el mantenimiento y supervisión de drives ABB equipados con comunicación a través de fibra óptica.

Los drives que utilizan esta aplicación son: ACS600, ACS800, ACS6000, DCS600. Además puede trabajar con múltiples drives sean estos esclavos o maestros.



Requerimientos de Software y Hardware:

Computador:

- PC compatible con IBM
- Procesador Pentium 150Mhz o más rápido
- 64 MB RAM
- 40 MB libres en disco duro
- Lector de CD
- Puerto ISA Slot PCI o PCMCIA

Comunicación DDCS:

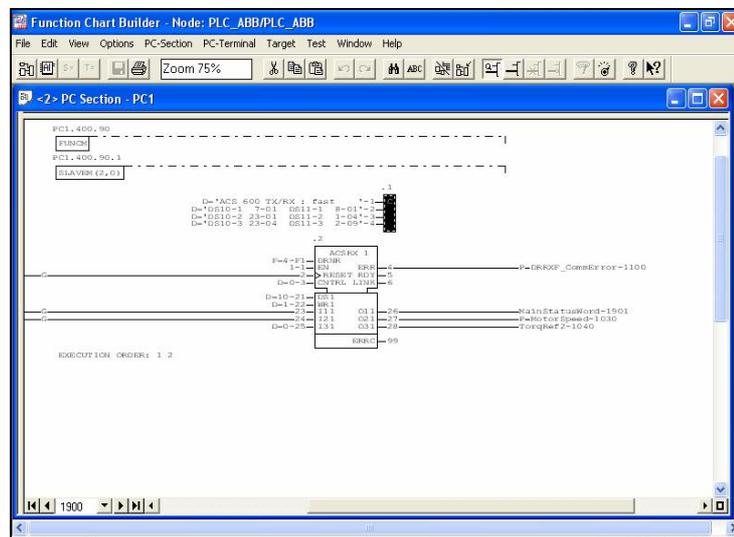
- Tarjeta ISA NISA-03
- Tarjeta NDPA 02 PCMCIA
- Cable DDCS

Software:

- Windows NT
- Windows 2000
- Windows XP

SOFTWARE DEL PLC (APLICACION BUILDER)

Aplicación de Windows de 32 bits, utilizado para iniciar la generación de programas de aplicación para autómatas programables ABB. Entre sus herramientas se encuentra el Software Function Chart Builder en el cuál se diseñará la aplicación para el PLC.



Requerimientos de Software y Hardware:

Computador:

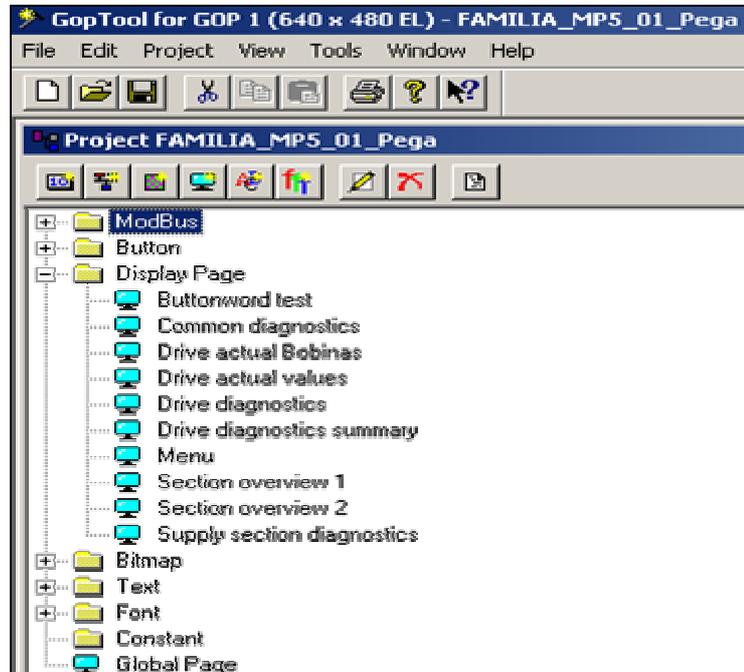
- PC compatible con IBM
- Procesador Pentium 90Mhz o más rápido
- 32 MB RAM
- 2 GB libres en disco duro
- Lector de CD
- Puerto serie

Software:

- Windows NT
- Windows 2000

SOFTWARE DEL PANEL DE OPERADOR (GOPTOOL)

Aplicación de Windows de 32 bits, utilizado para diseñar HMI's para paneles de operador ABB de la serie GOP. En el mismo se diseñan las pantallas que suministrarán información de acuerdo al criterio del programador y a los datos utilizados en la comunicación del panel y el autómata programable.



Requerimientos de Software y Hardware:

Computador:

- PC compatible con IBM
- Procesador Pentium 150Mhz o más rápido
- 64 MB RAM
- 20 MB libres en disco duro
- Lector de CD
- Puerto serie

Software:

- Windows NT
- Windows 2000
- Windows XP

ANEXO C

Planos Eléctricos

Nombre proyecto: SISTEMA DE PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIDRIVE ABB DE LA MAQUINA DE PAPEL MP5

Fecha de creación: 22/01/2008

Cliente PRODUCTOS FAMILIA SANCELA

Creado por: JORGE AVILA
MARCO LASCANO

Teléfonos: 032718253 / 032718254
032718255 / 032718256

Fecha Revisión: 22/01/2008

Based on

Dirección: LASSO / ECUADOR

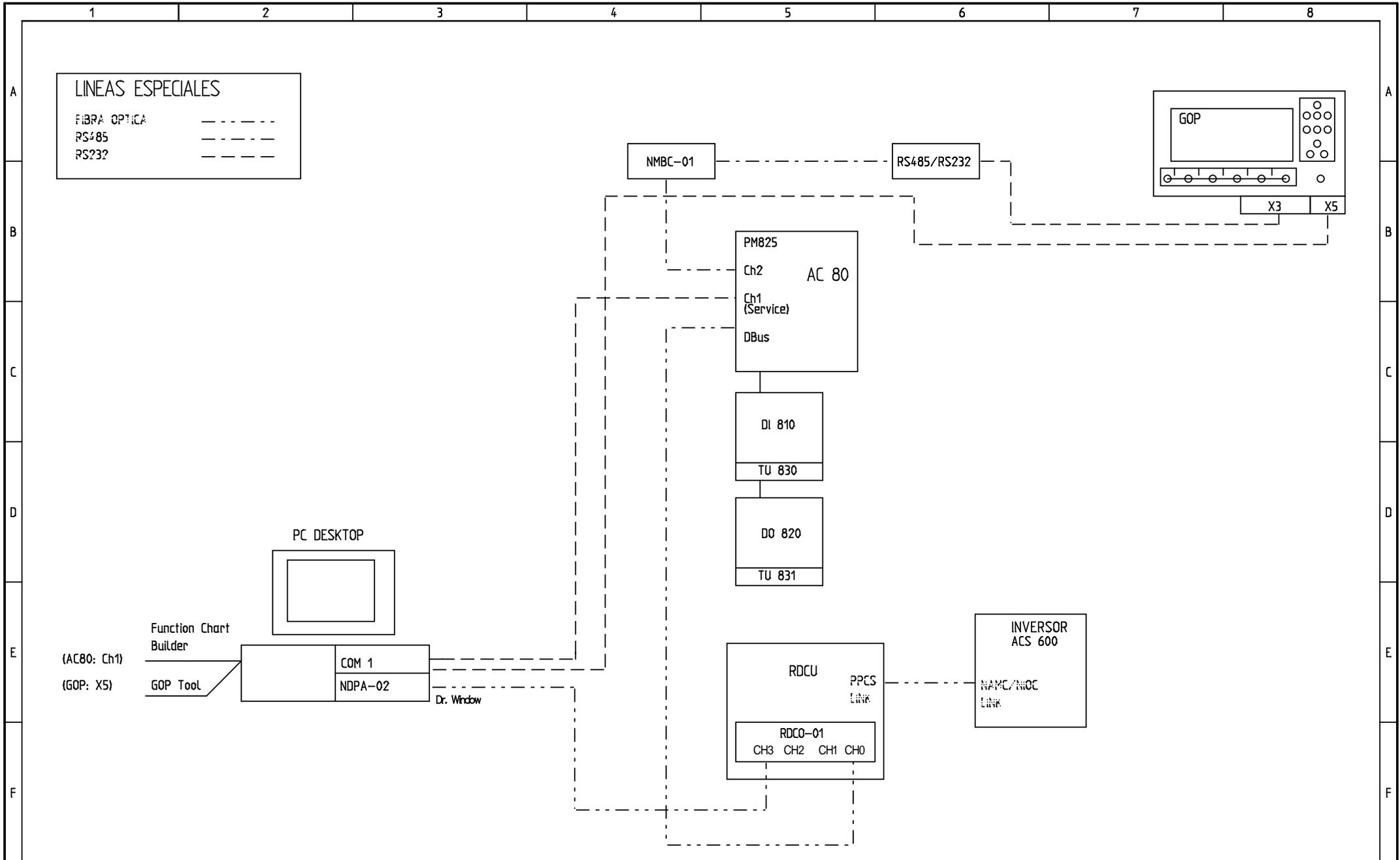


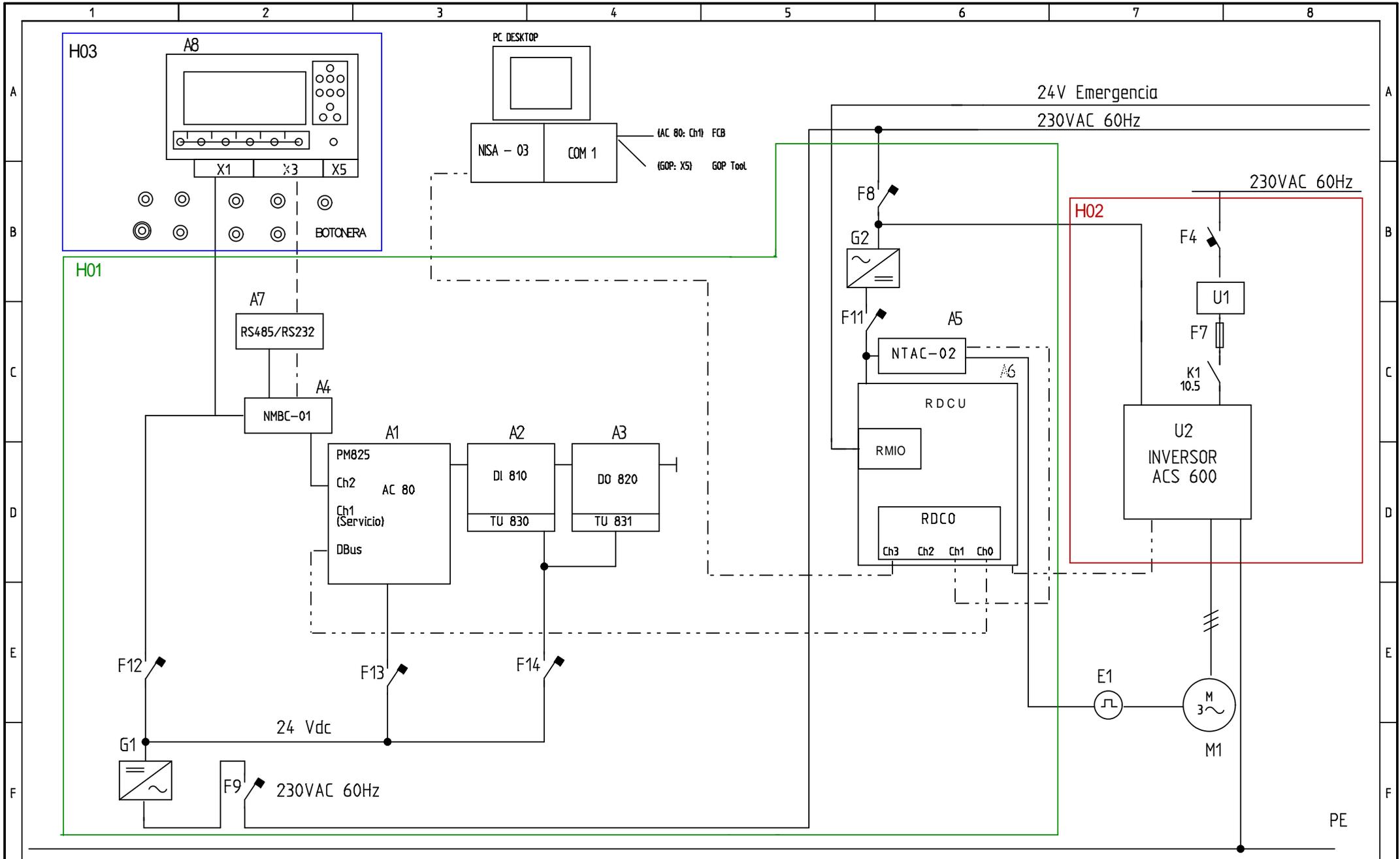
Tec hnolog ies

Ciudad: LATACUNGA / ECUADOR

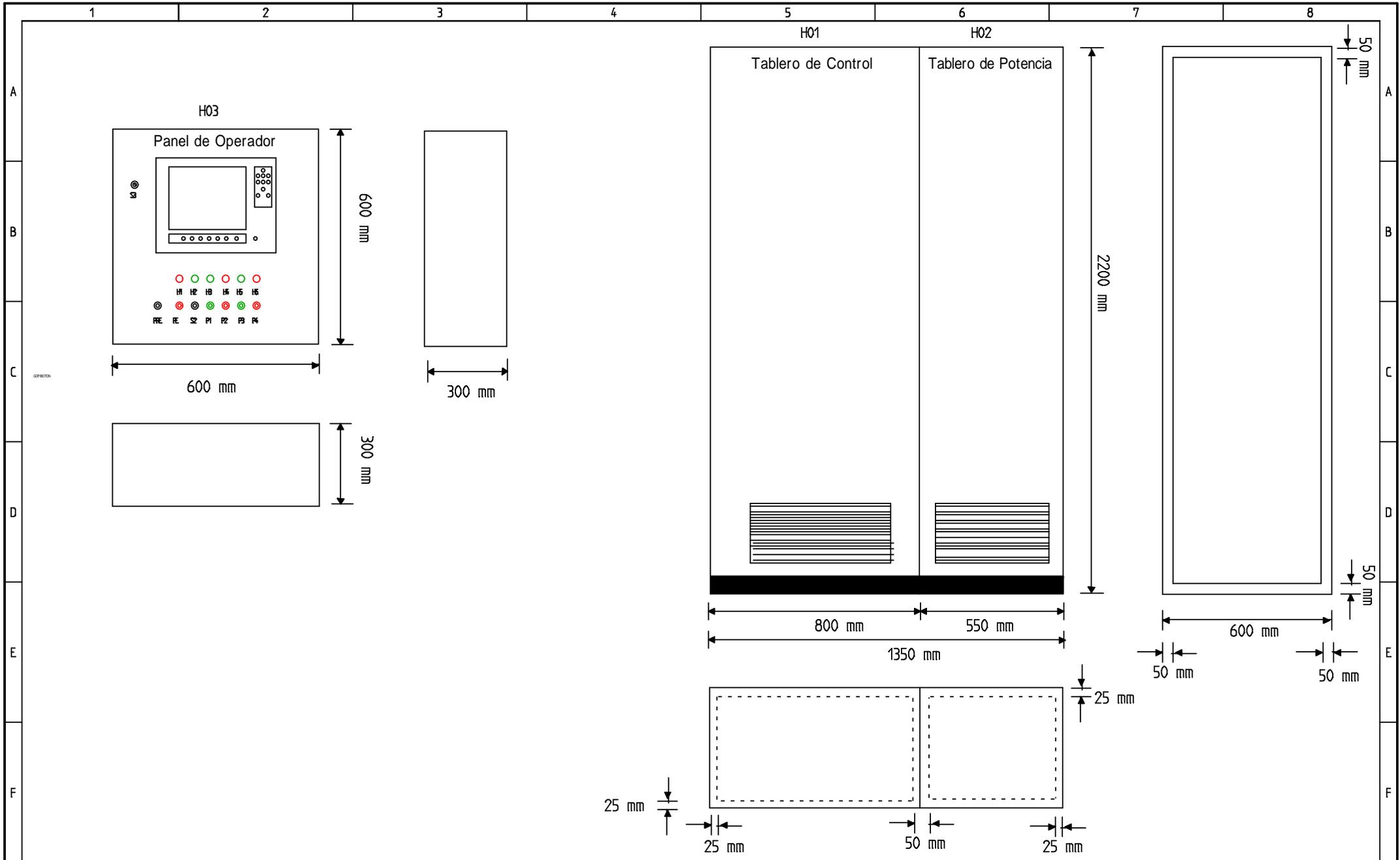
Asea Brown Boveri

Nombre de Sección:	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIDRIVE DE LA MAQUINA DE PAPEL MP5	
No. Hojas:	3	
Descripción 01:	Visión general del Sistema Diagramas de bloques de acción	
Based on: 	Descripción 02:	

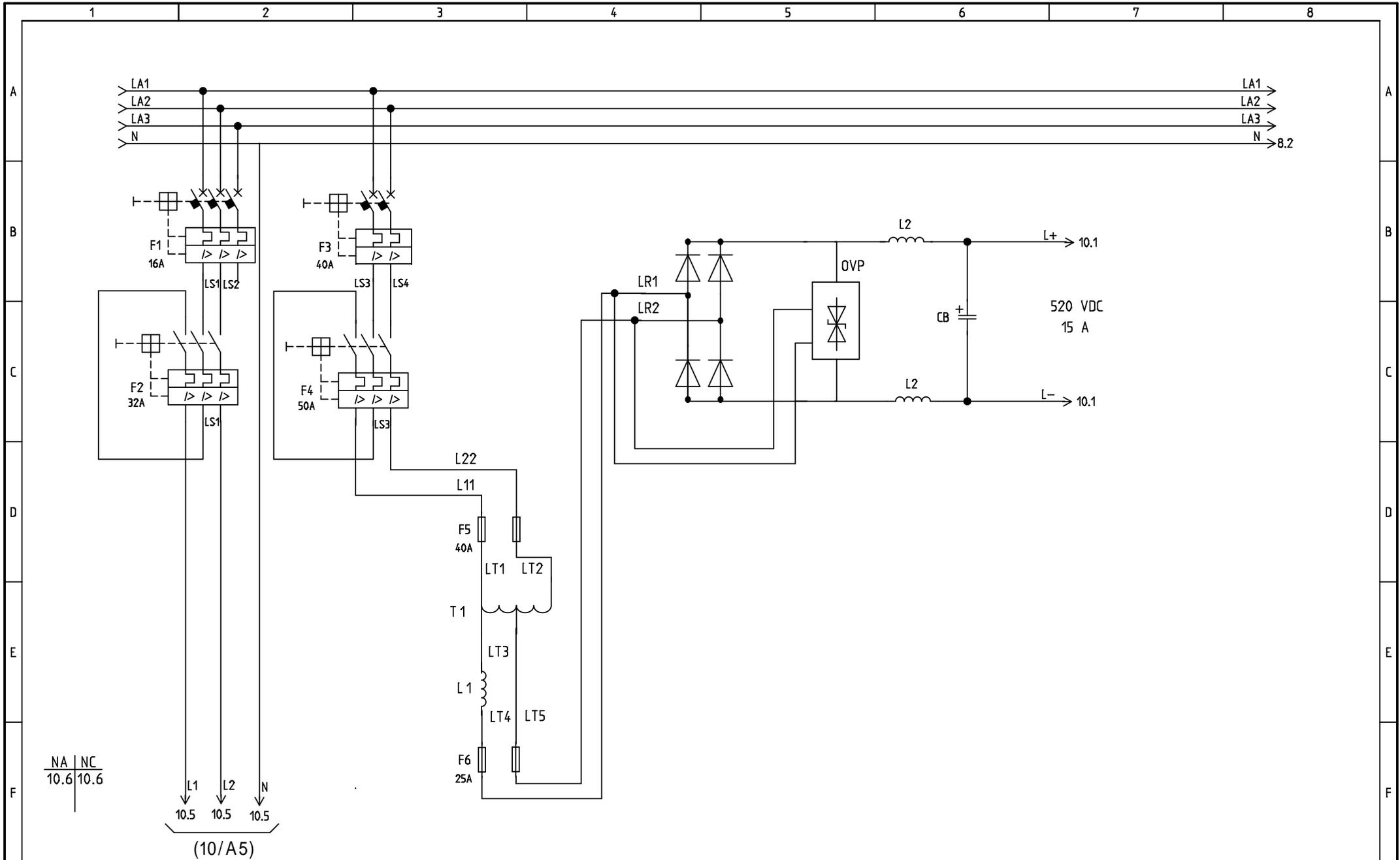




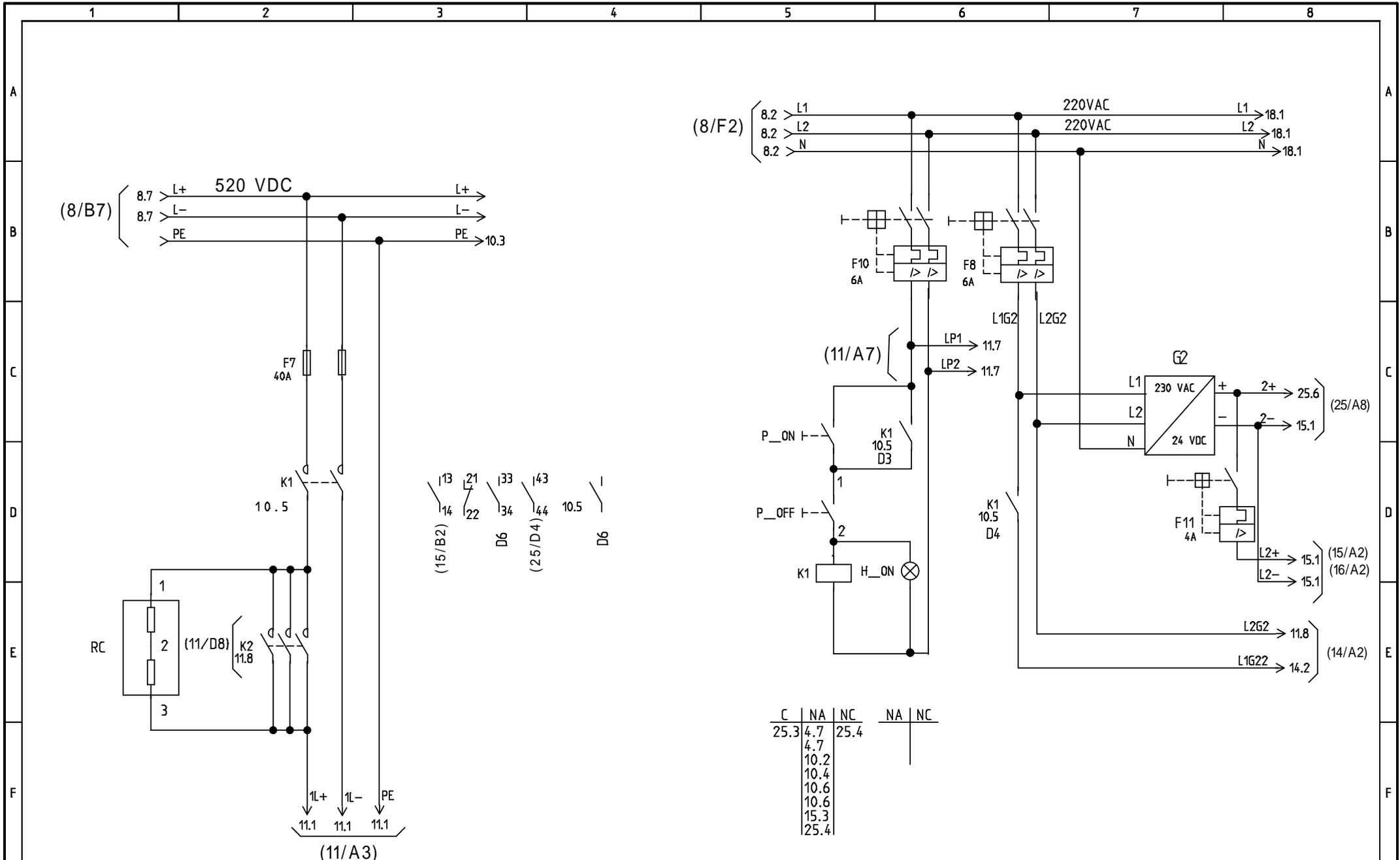
Nombre de Sección:	DIMENSIONAMIENTO DE LOS TABLEROS DE CONTROL, INVERSOR Y PANEL DE OPERADOR	
No. Hojas:	2	
Descripción 01:	Dimensiones de los tableros donde reside el Sistema	
Based on:	 <p>ABB Technologies Asea Brown Boveri</p>	Descripción 02:

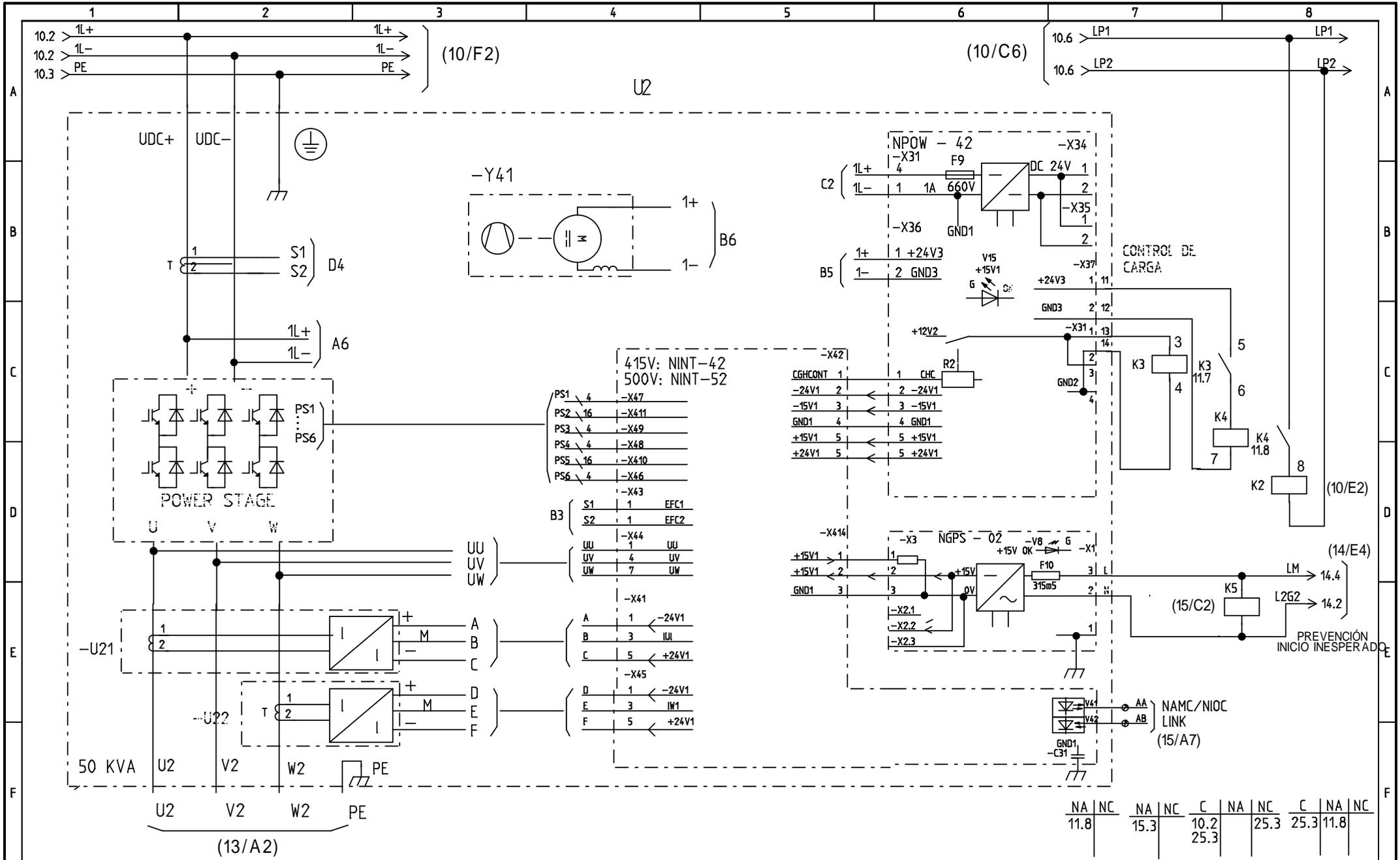


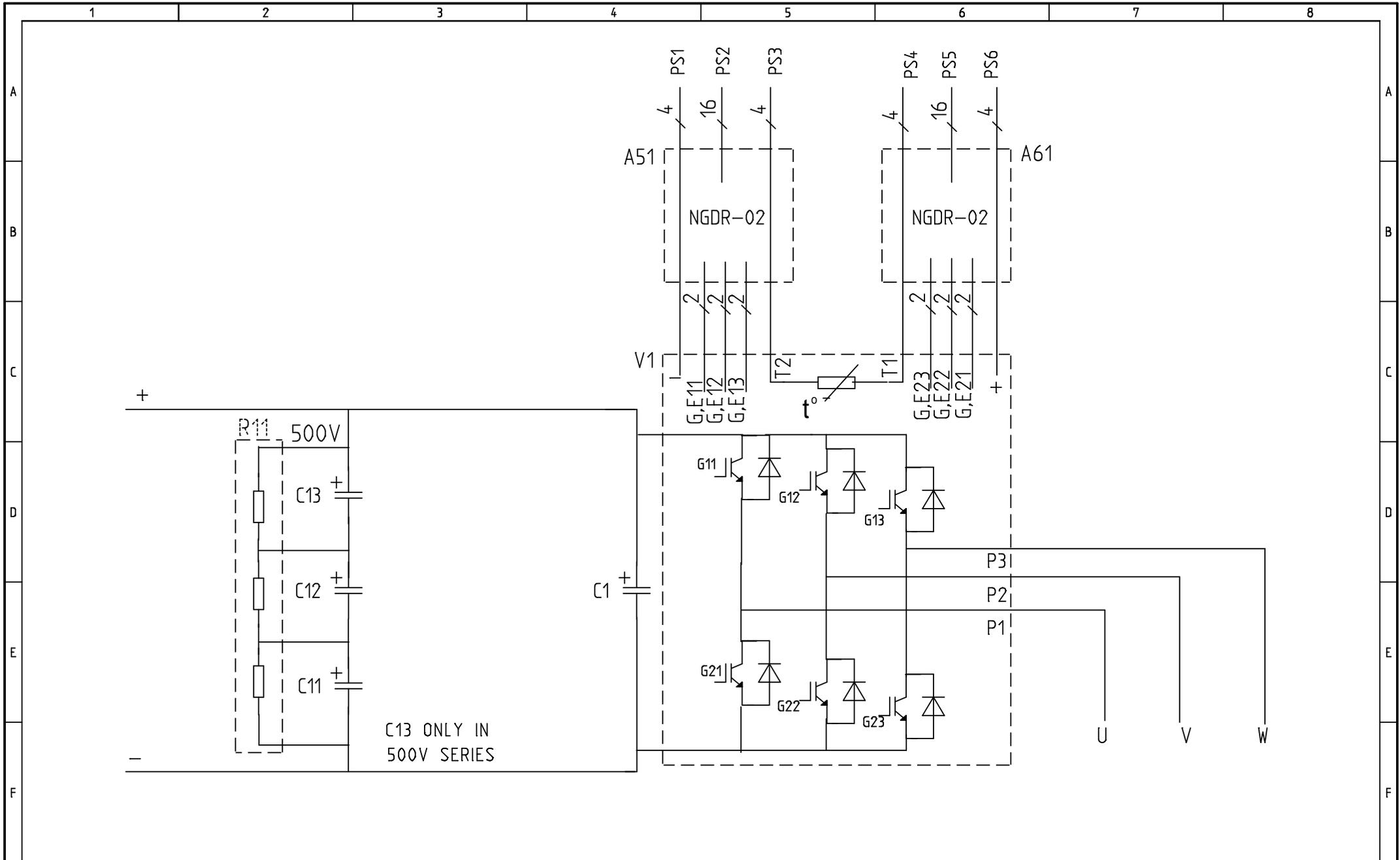
Nombre de Sección:	CONVERSION AC/DC	
No. Hojas:	2	
Descripción 01:	Sección que se encarga de generar el bus de DC (520 VDC) a partir de una alimentación de (220 VAC)	
Based on:	 Asea Brown Boveri	Descripción 02: Alimentación para las etapas de control y potencia del sistema

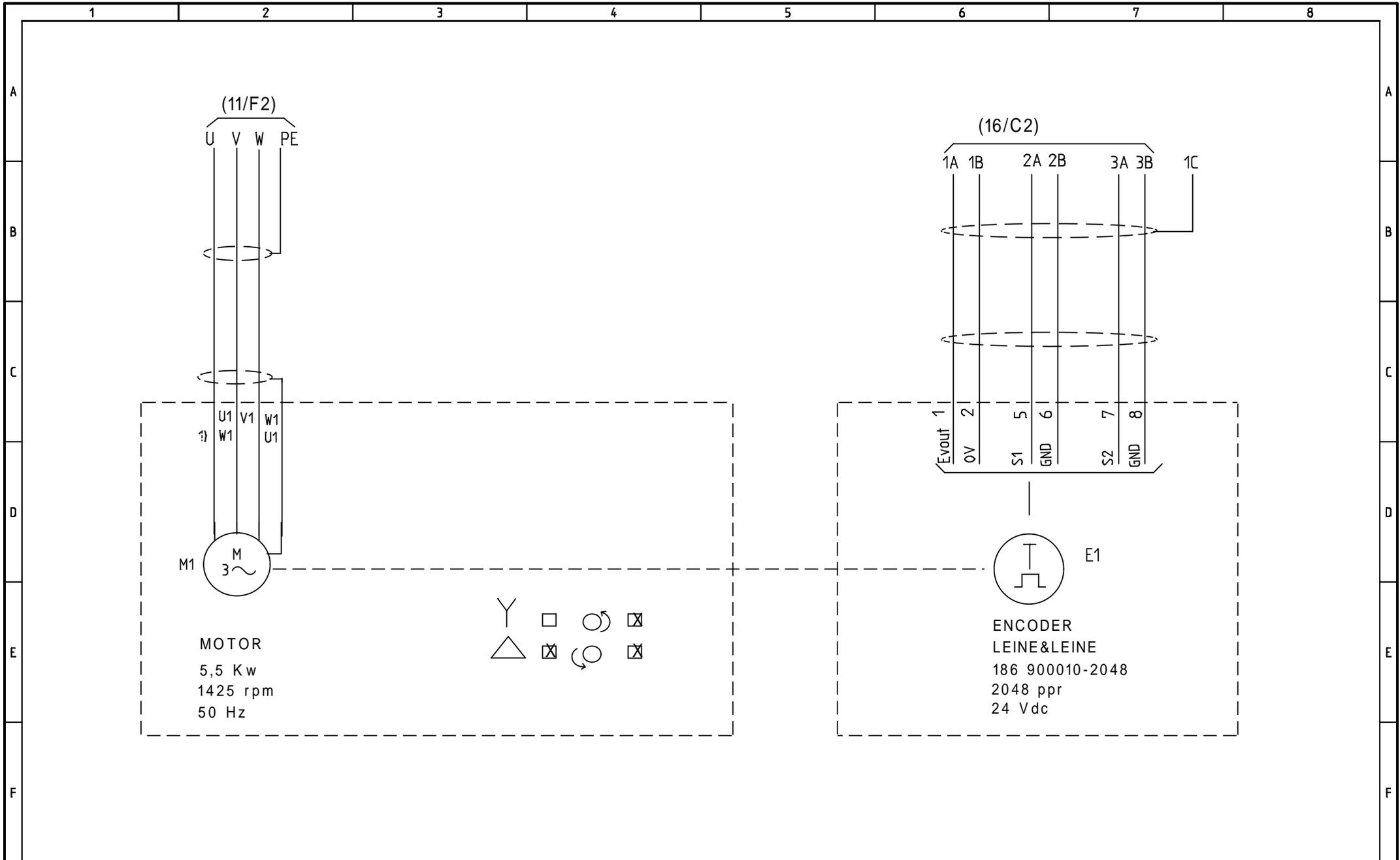


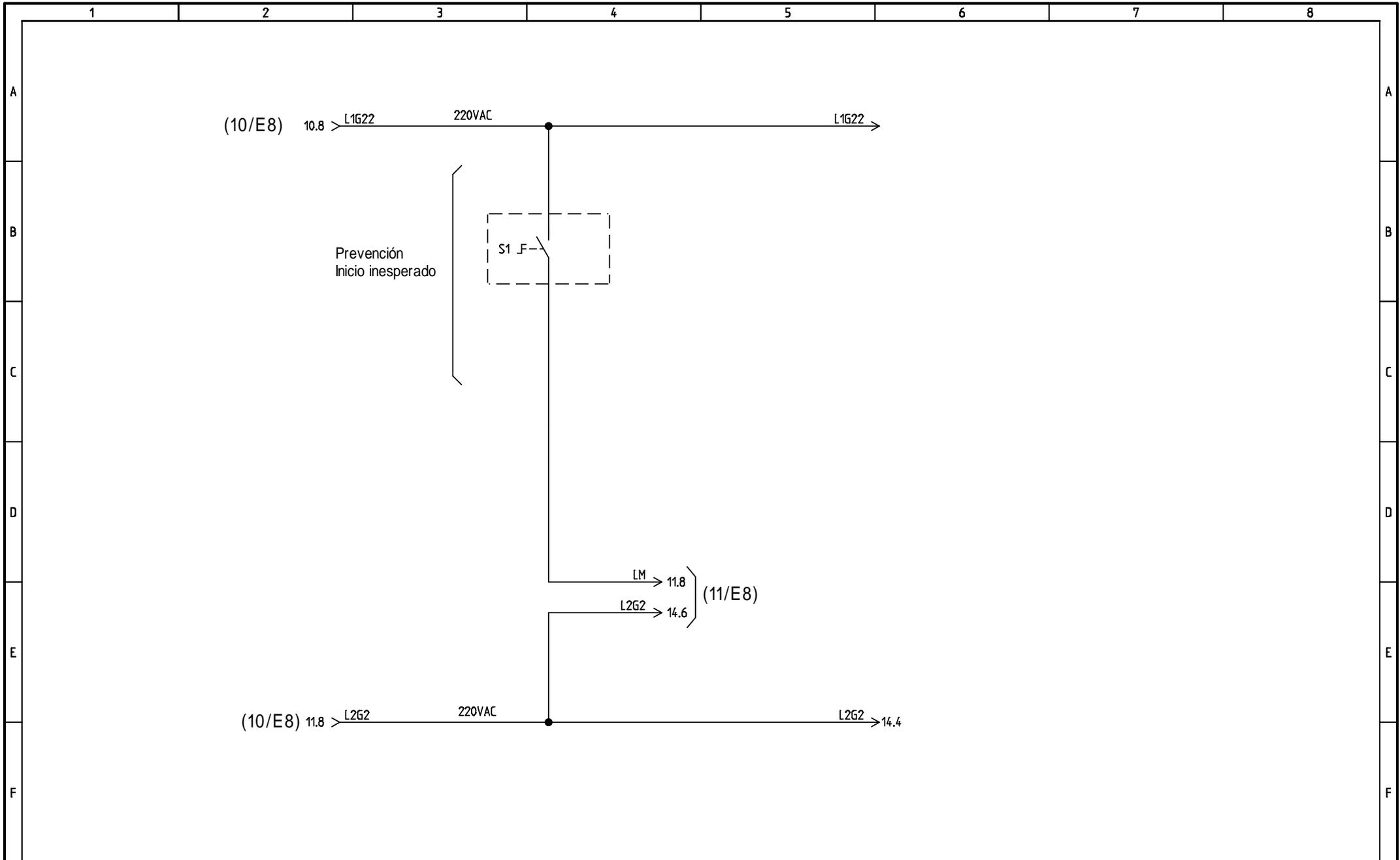
Nombre de Sección:	INVERSOR ACS 600	
No. Hojas:	8	
Descripción 01:	Alimentaciones, Vista Interna del Inversor Tarjetas de control, Conexiones a Motor, Módulos Adicionales.	
Based on:	 Asea Brown Boveri	Descripción 02:

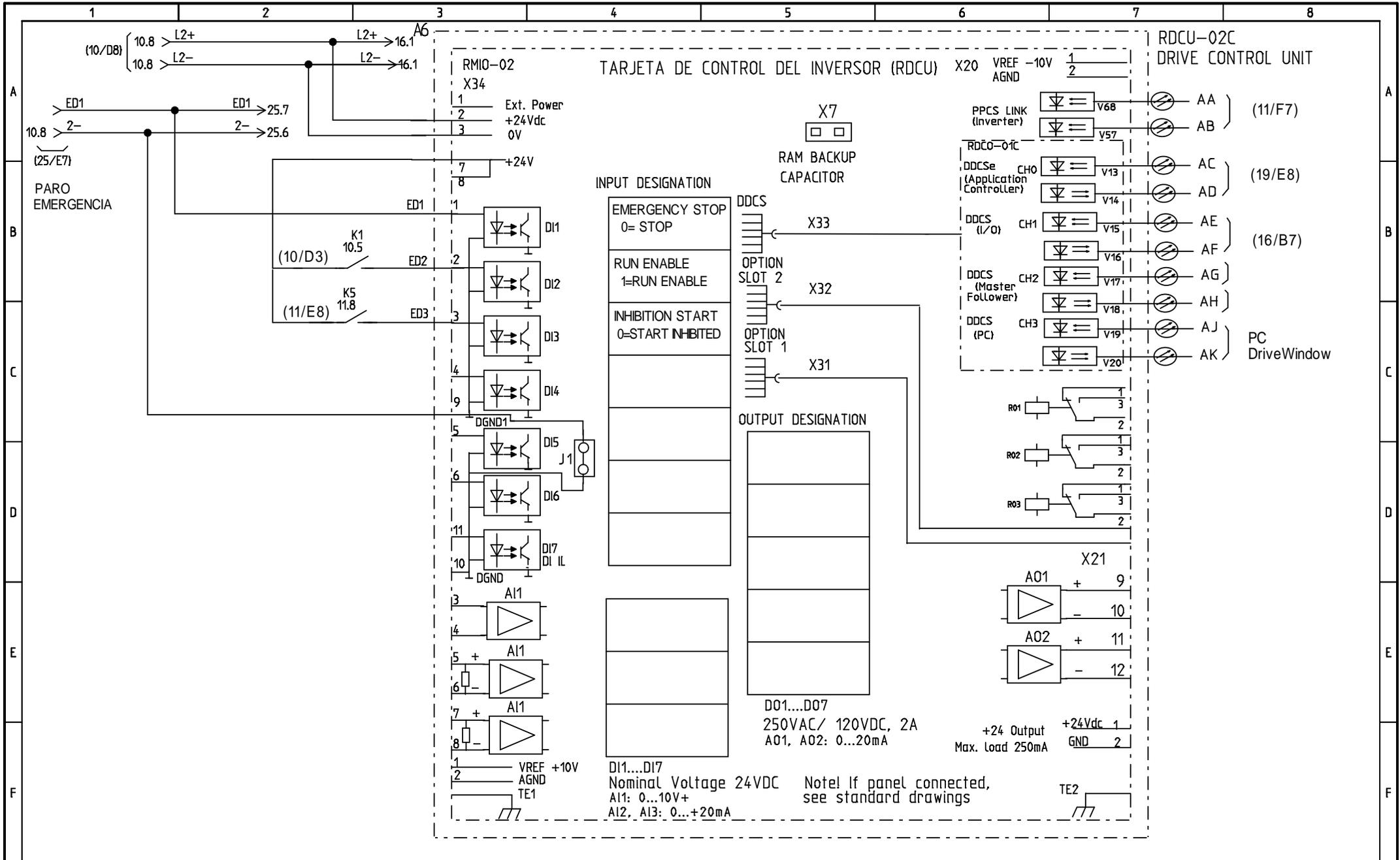


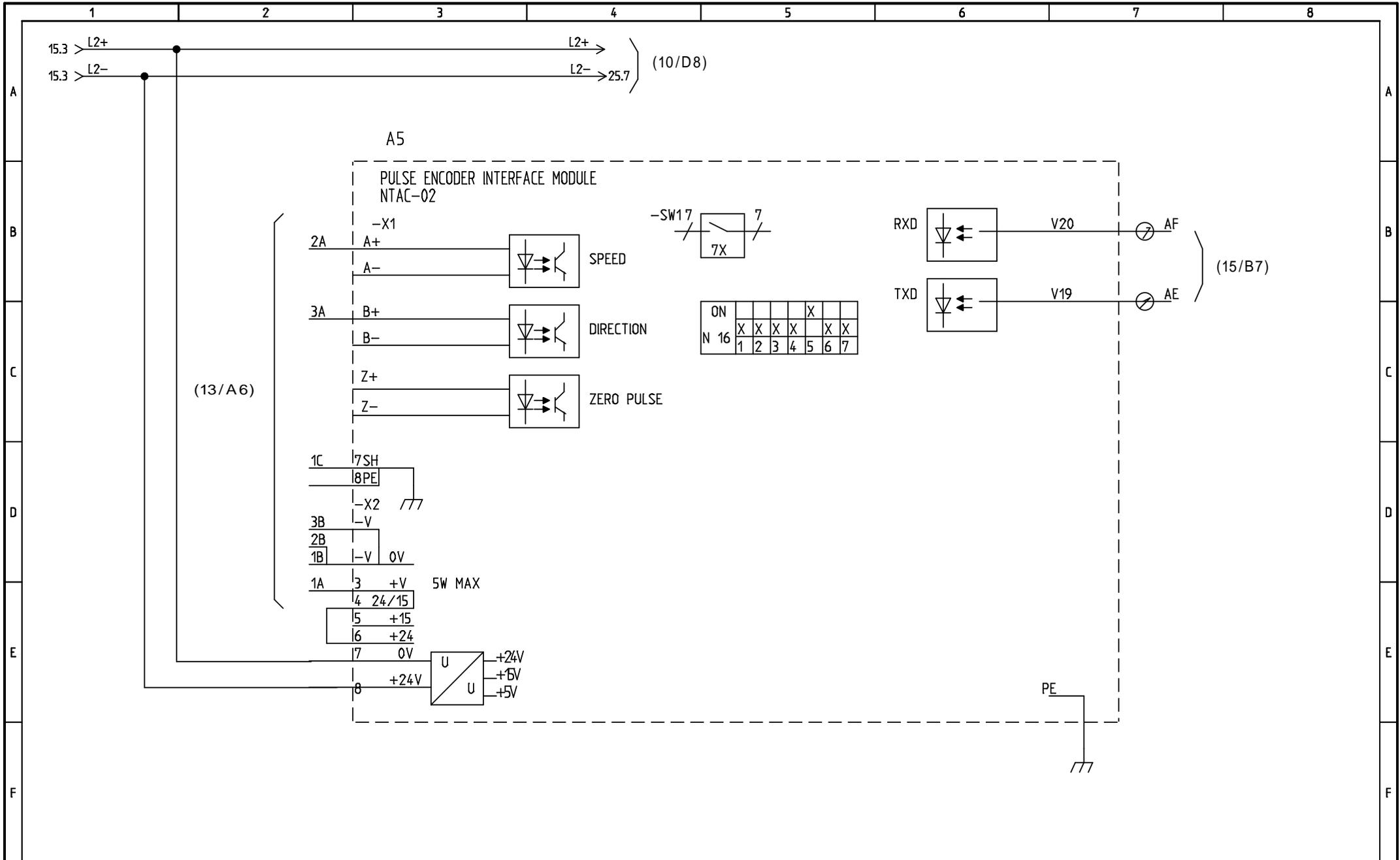




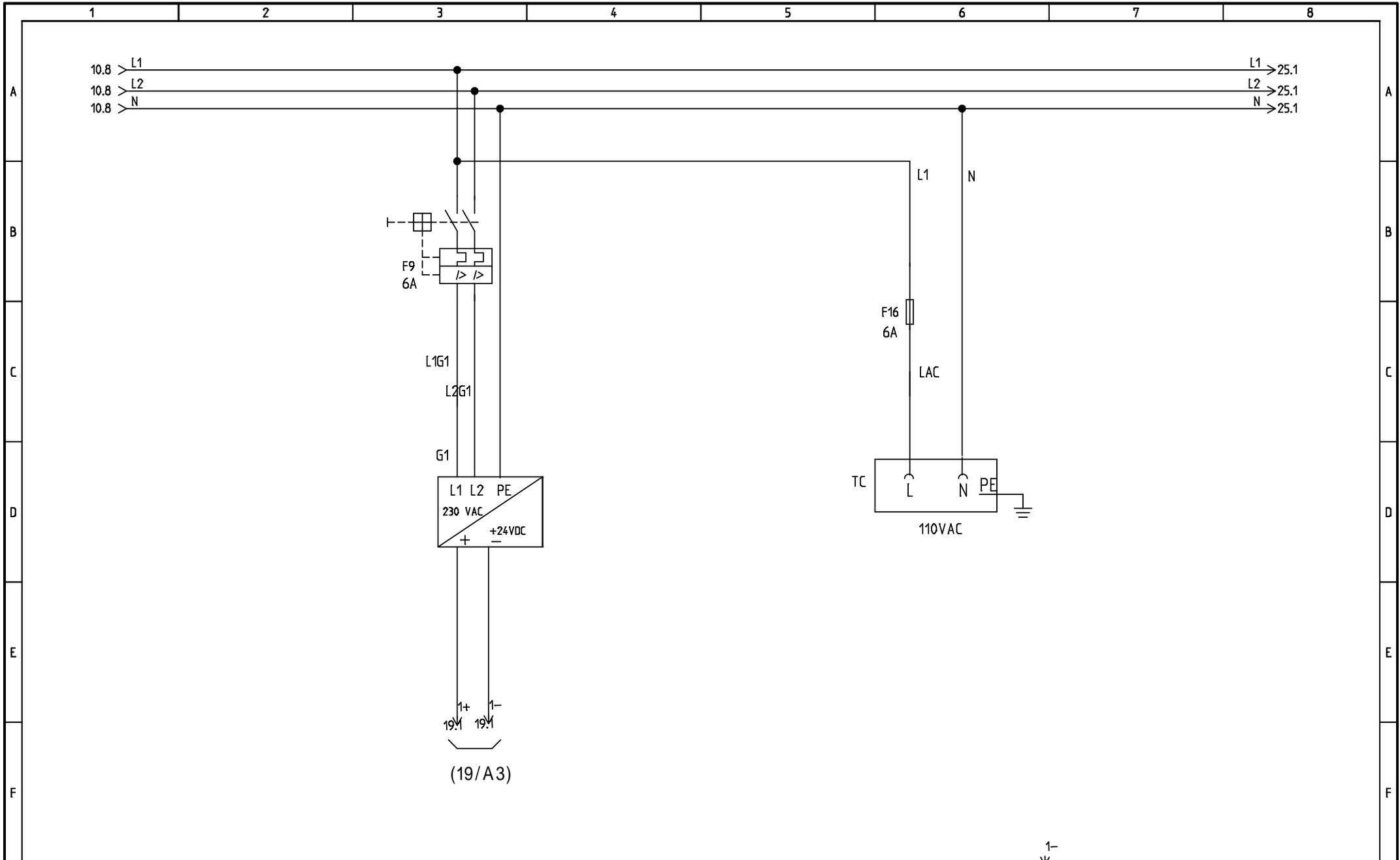


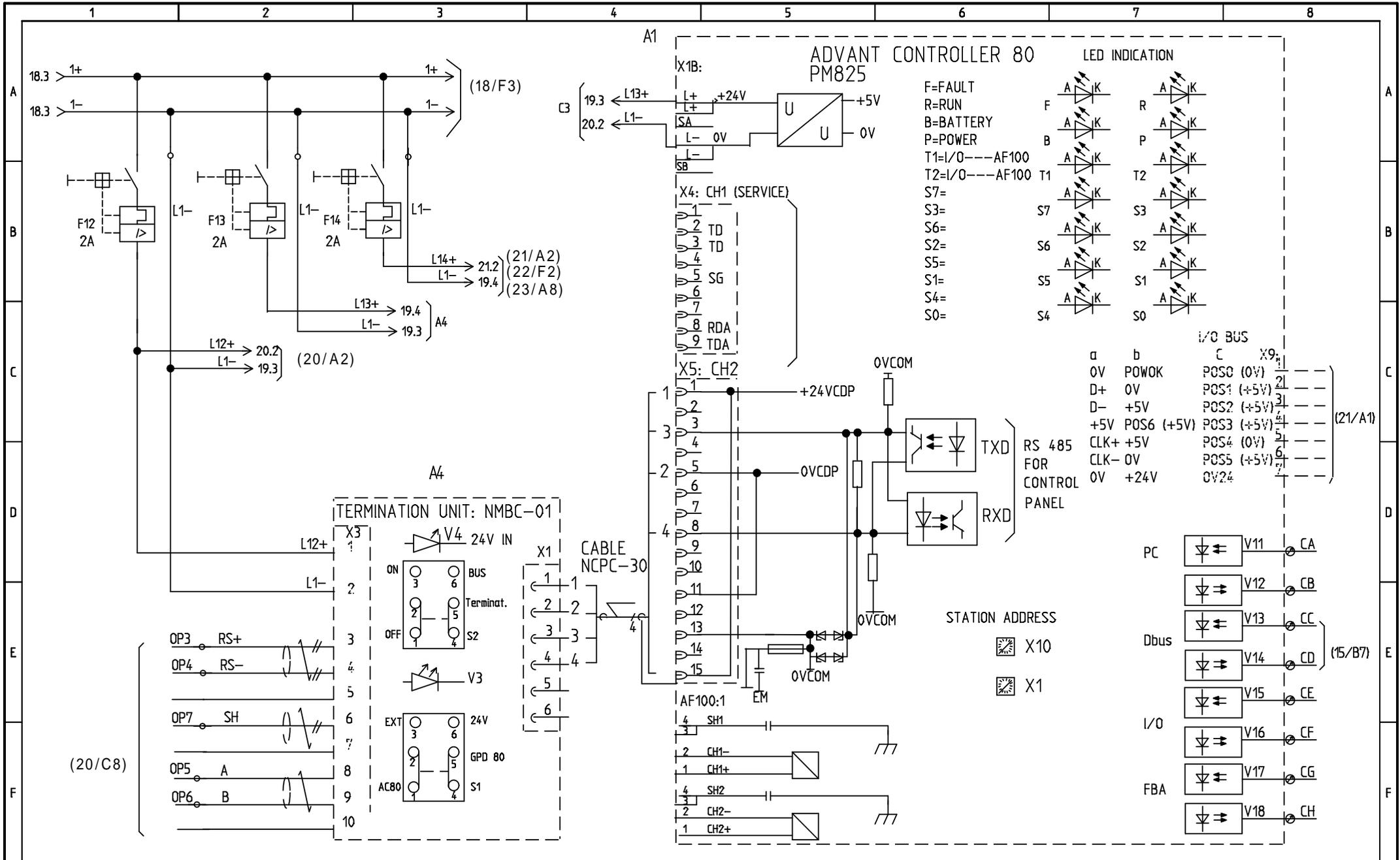


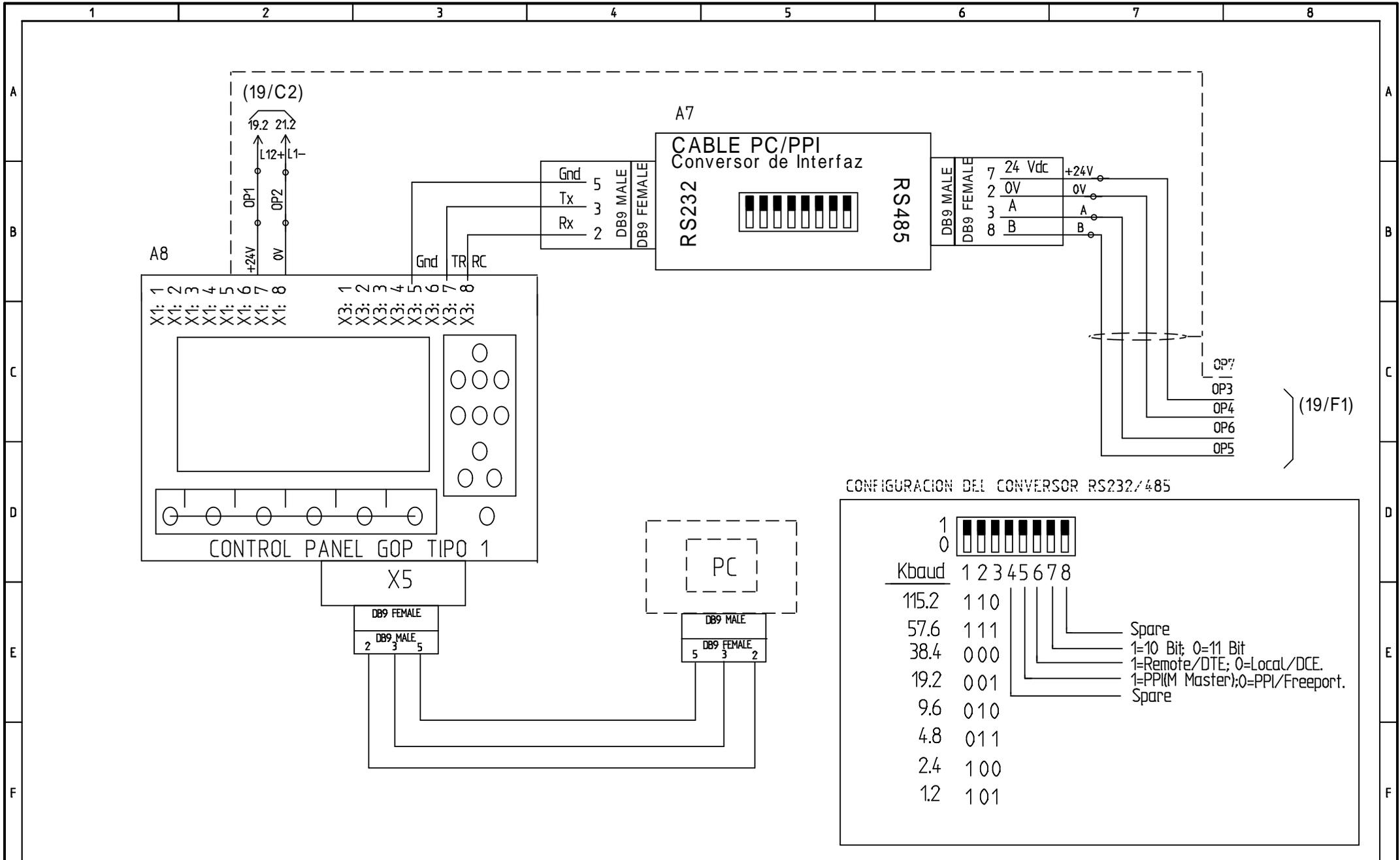


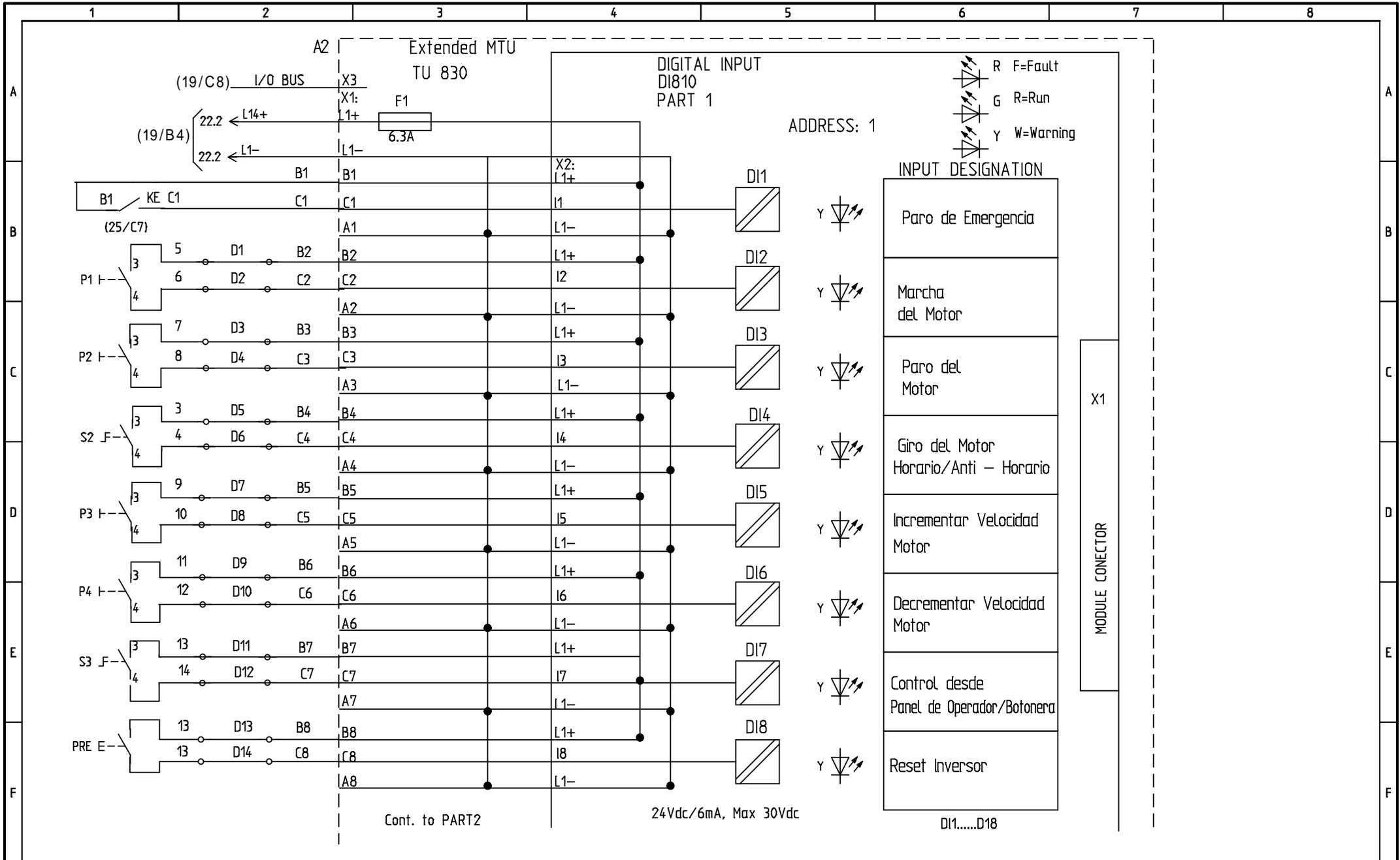


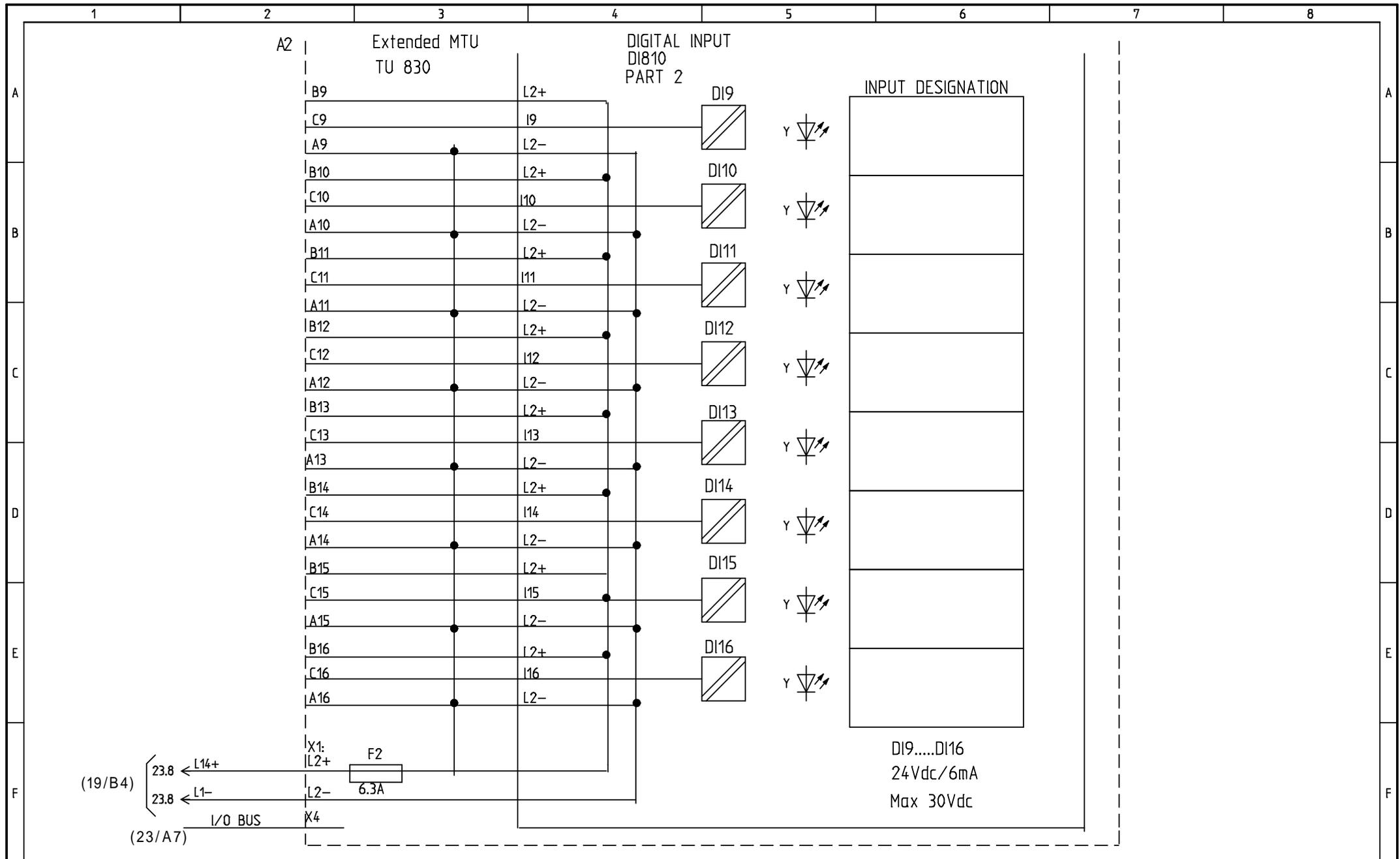
Nombre de Sección:	ETAPA DE CONTROL	
No. Hojas:	8	
Descripción 01:	Alimentaciones, Control PLC y Comunicaciones con los distintos dispositivos ABB.	
Based on:	 Asea Brown Boveri	Descripción 02:

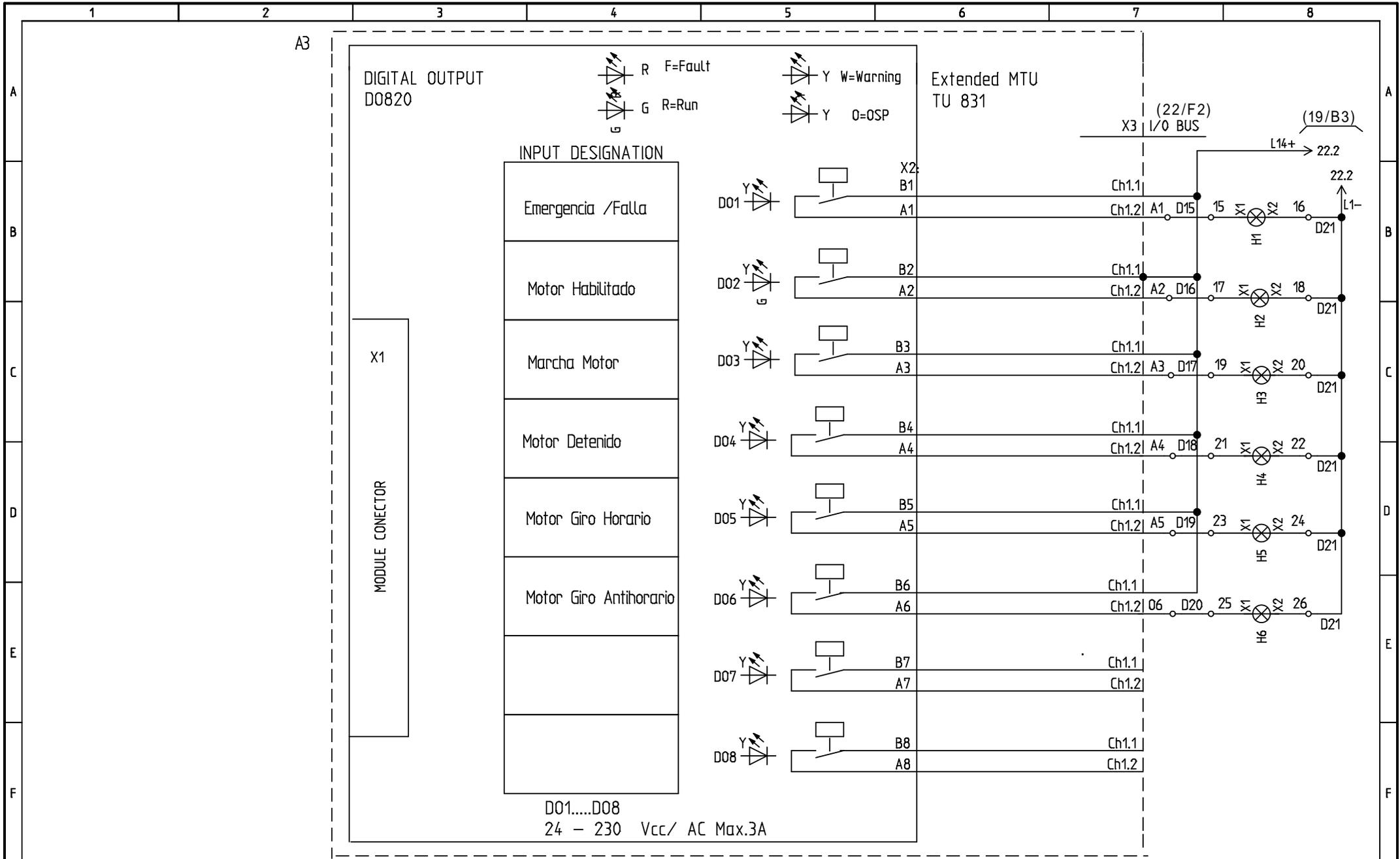




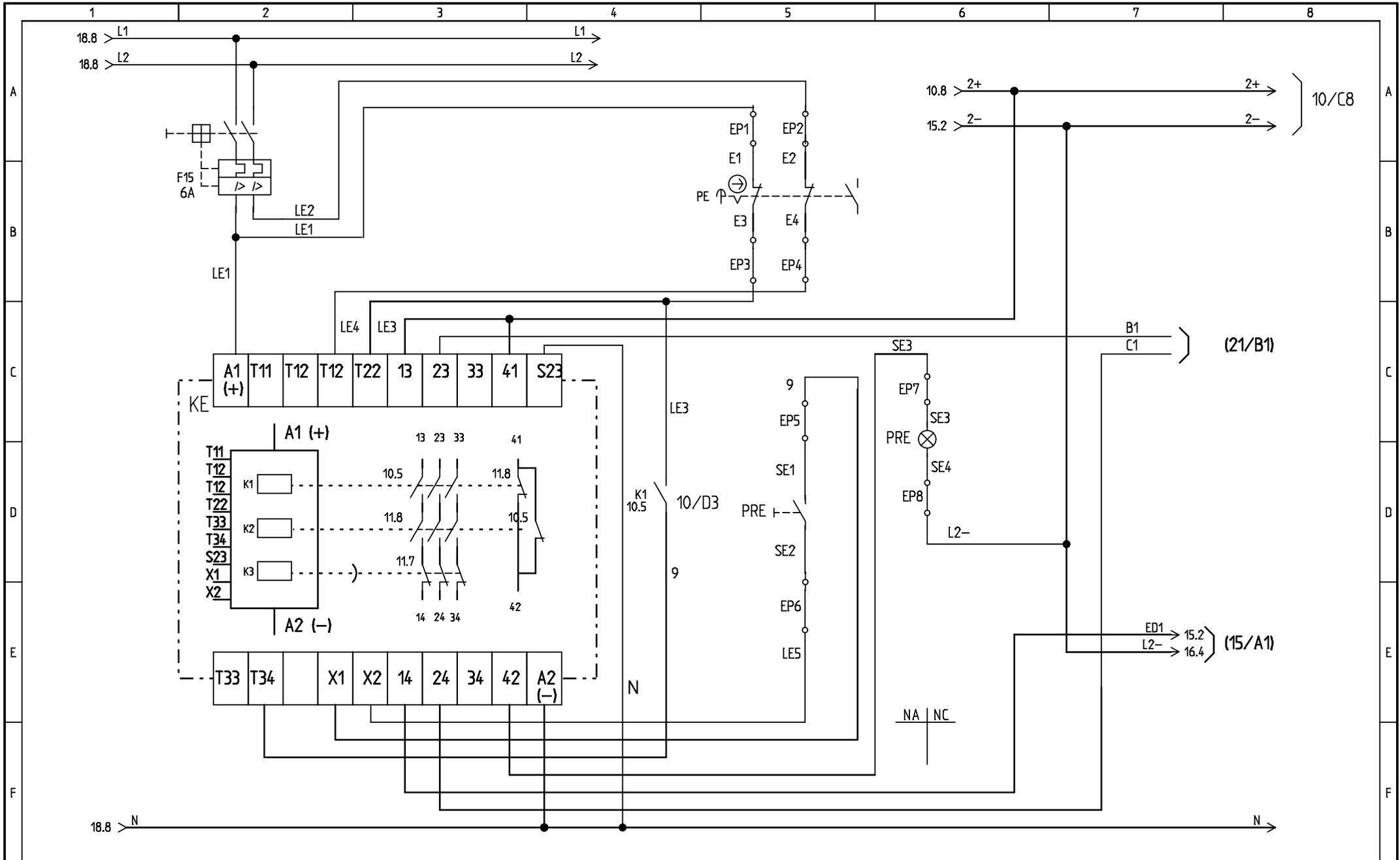




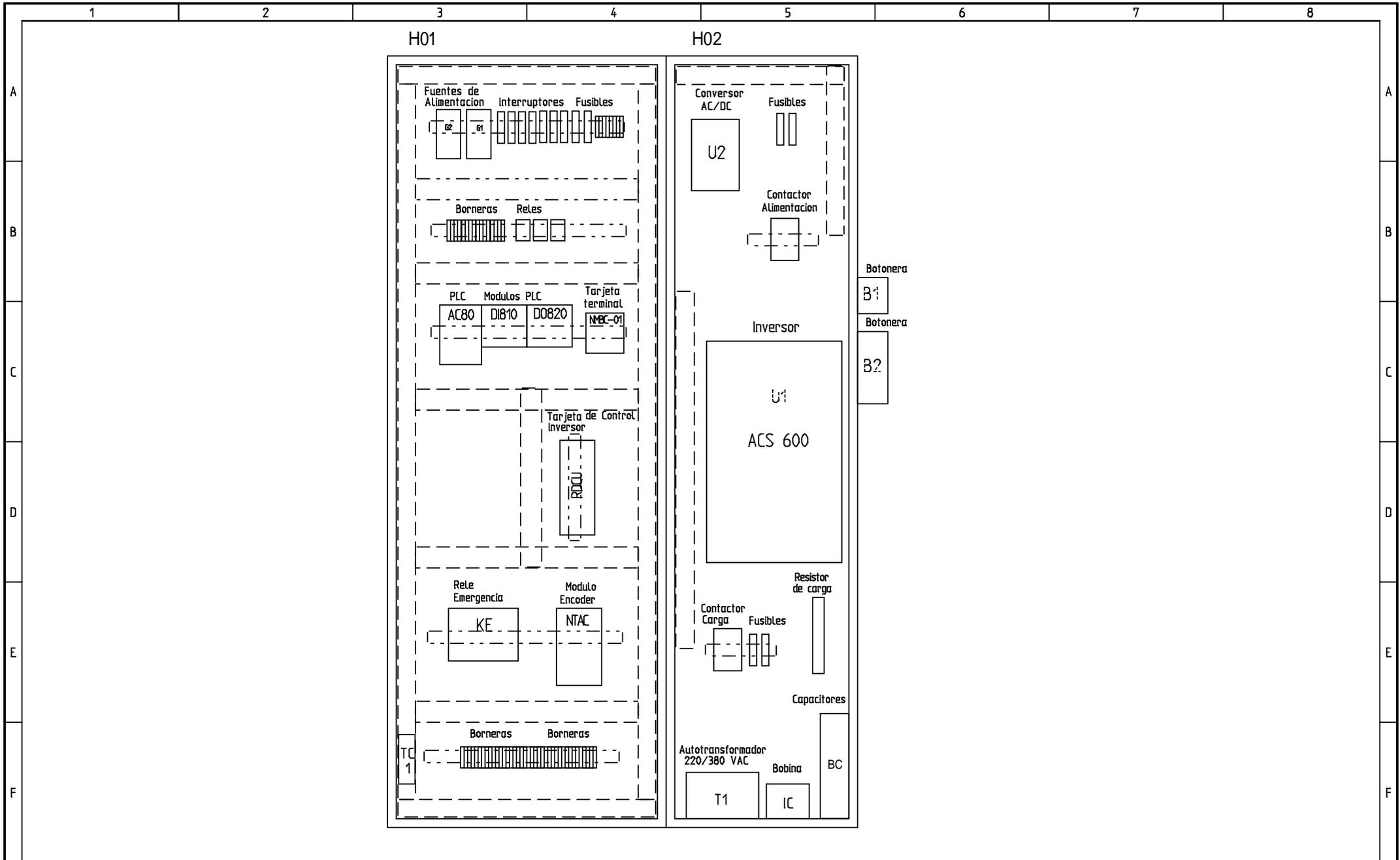


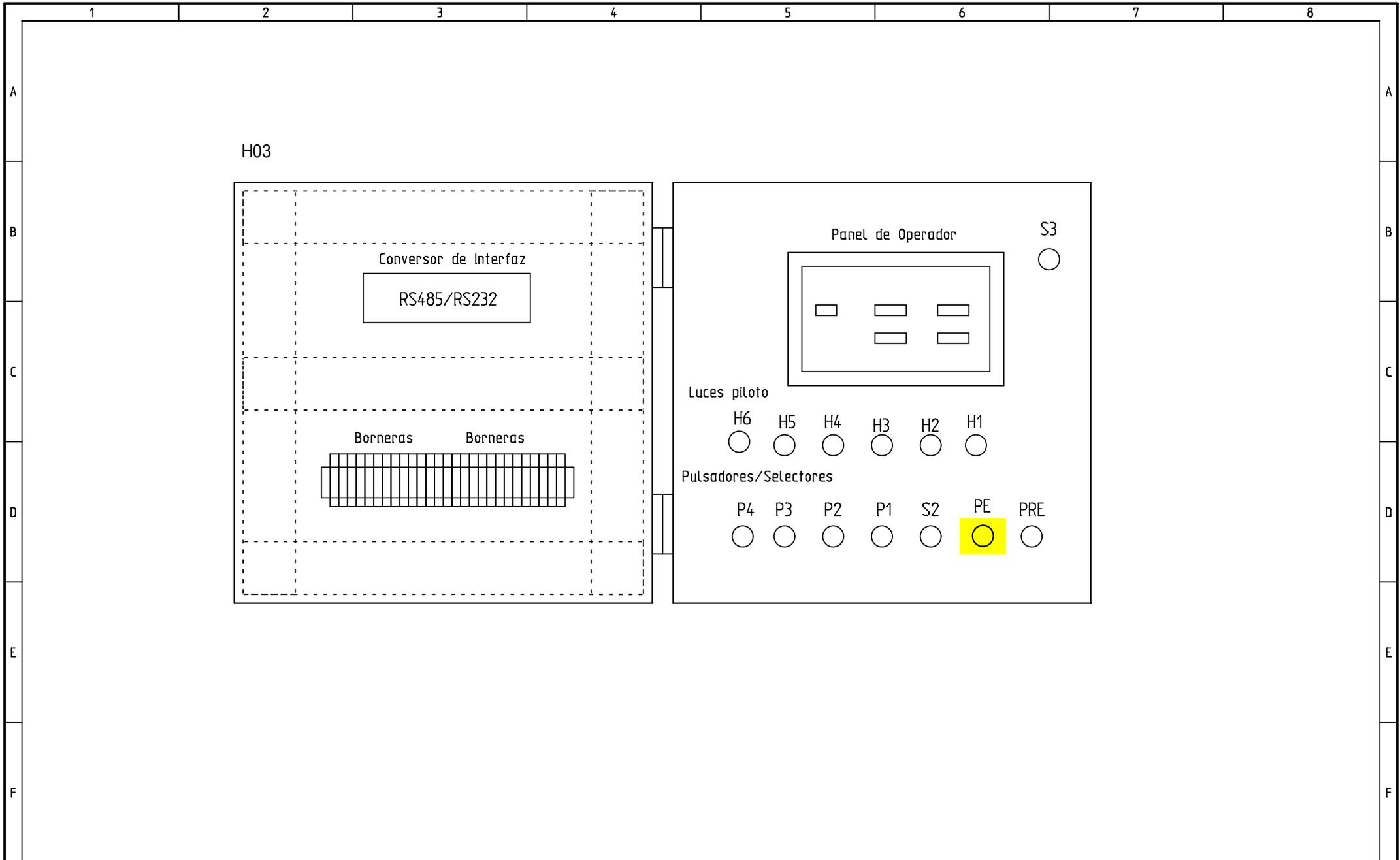


Nombre de Sección:	PARO DE EMERGENCIA (SEGURIDADES)		
No. Hojas:	2		
Descripción 01:	Lógica del paro de emergencia. Aplicación del relé de emergencia BN5930.48		
Based on:	 Asea Brown Boveri		Descripción 02: Reset del relé de emergencia



Nombre de Sección:	DISEÑO Y DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS EN LOS TABLEROS	
No. Hojas:	3	
Descripción 01:	Tablero de control, potencia y operación del sistema	
Based on:	 Asea Brown Boveri	Descripción 02:





Nombre de Sección:	LISTA DE COMPONENTES	
No. Hojas:	3	
Descripción 01:	Lista y especificación de todos los dispositivos del Sistema de Pruebas.	
Based on:	 Asea Brown Boveri	Descripción 02:

Lista de Componentes

Designacion	Ubicacion	Pagina	Cantidad	Nombre	Tipo	Descripcion Tecnica
A1	H01	19	1	Controlador Logico Programable (PLC)	AC80	24VDC, Bus Electrico, Optico, Comunicacion Profibus
A2	H01	21	1	Modulo de entradas digitales del PLC	DI810	16 Entradas, 5mA
A3	H01	23	1	Modulo de salidas digitales del PLC	DO820	8 Salidas a rele, 24 – 230 VAC/VDC, 3A max
A4	H01	19	1	Unidad terminal para comunicacion	NMBC-01	Unidad terminal para comunicacion
A5	H01	16	1	Modulo interfaz para el encoder.	NTAC-02	Modulo interfaz para el encoder.
A6	H01	15	1	Tarjeta de control del inversor	RDCU	Tarjeta de control del inversor
A7	H03	20	1	Convertor de Interfaz de RS485/RS232.		Cable PPI, 1.2-115 Kbauds/seg
A8	H03	20	1	Panel de Operador	GOP2011	24VDC, RS232/RS485, Profibus/Modbus Comunicacion
B1	H02	27	1	Caja plastica para botonera		Para un selector o muletilla de seguridad
B2	H02	27	1	Caja plastica para botonera		Para cuatro botones
CB	H02	8	1	Banco capacitores		4,5 KVA, 220V/380VAC
F1		8	1	Breaker trifasico		6000V, 16A
F2	H01	8	1	Interruptor termomagnetico automatico		Tripolar, 400V, 32A
F3		8	1	Breaker bifasico		6000V, 40A
F4	H02	8	1	Breaker Trifasico		690V, 50A
F5	H02	8	1	Fusible tipo cartucho bifasico		230/400V, 25A
F6	H02	8	1	Fusible tipo cartucho bifasico		230/400V, 25A
F7	H02	10	2	Fusible Ultra rapido tipo cuchilla		690VAC,40A
F8	H01	10	1	Interruptor termomagnetico automatico		Bipolar, 400V, 6A
F9	H01	18	1	Interruptor termomagnetico automatico		Bipolar, 400V, 6A
F10	H01	10	1	Interruptor termomagnetico automatico		Bipolar, 400V, 6A
F11	H01	10	1	Interruptor termomagnetico automatico		Monopolar, 230/400V, 4A
F12	H01	19	1	Interruptor termomagnetico automatico		Monopolar, 230/400V, 2A
F13	H01	19	1	Interruptor termomagnetico automatico		Monopolar, 230/400V, 2A
F14	H01	19	1	Interruptor termomagnetico automatico		Monopolar, 230/400V, 2A
F15	H01	25	1	Interruptor termomagnetico automatico		Bipolar, 400V, 6A
F16	H01	18	1	Fusible tipo cartucho		230/400V, 6A

Lista de Componentes

Designacion	Ubicacion	Pagina	Cantidad	Nombre	Tipo	Descripcion Tecnica
G1	H01	10	1	Fuente de alimentacion	SITOP	110/220VAC, 24VDC 5A
G2	H01	18	1	Fuente de alimentacion	SITOP	110/220VAC, 24VDC, 5A
H1	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Roja, mm
H2	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Verde, mm
H3	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Verde, mm
H4	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Roja, mm
H5	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Verde, mm
H6	H03	23	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Verde, mm
H_ON	H03	10	1	Luz Piloto		24 Vdc, 100mA, Verde, mm
L1	H02	8	1	Bobina		
L2	H02	8	1	Bobina de choque		
K1	H02	10	1	Contactor		220/380-400V,65A
K2	H02	11	1	Contactor		24VDC, ITH45A
K3	H01	11	1	Rele de 11 pines		12 VDC / 10A, 250VAC
K4	H01	11	1	Rele de 11 pines		24VDC/ 10A, 250VAC
K5	H01	11	1	Rele de 11 pines		220 VAC/ 10A, 250VAC
KE	H01	25	1	Rele de Emergencia	BN59.30/204	230 VAC 1/10 A, 70*100*120 mm
M1	Exterior	13	1	Motor trifasico AC, ABB		37.5 Kw, 1800rpm.
PE	H03	21	1	Pulsador de paro de emergencia		Rojo, 30 mm, no enclavable
P1	H03	21	1	Pulsador		V2048 ppr, 24 Vdc
P2	H03	21	1	Pulsador		Rojo, 22mm, no enclavable
P3	H02	21	1	Pulsador		Verde, 22 mm, no enclavable
P4	H03	21	1	Pulsador		Rojo, 22 mm, no enclavable
P_ON	H02	10	1	Pulsador		Verde, 22 mm, no enclavable
P_OFF	H02	10	1	Pulsador		Rojo, 22 mm, no enclavable
PRE	H03	25, 21	1	Pulsador iluminado		Verde, 22 mm, no enclavable
RC	H02	10	2	Resistencia de carga		20 OHM, 870 W
S1	H02	14	1	Selector 2 posiciones		
S2	H03	21	1	Selector 2 posiciones		
S3	H03	21	1	Selector 2 posiciones		

ANEXO D

Listado del programa del PLC

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY:



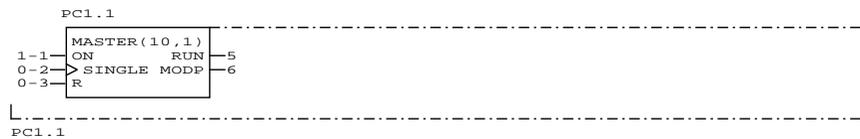
Inicio de Programa

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 1
Date			Cont. 2

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



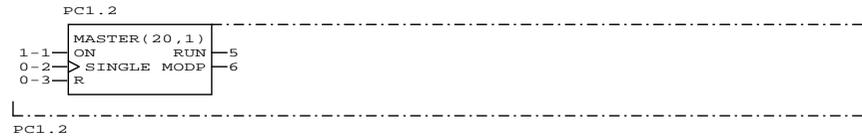
Inicio de Programa

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 2
Date			Cont. 3

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



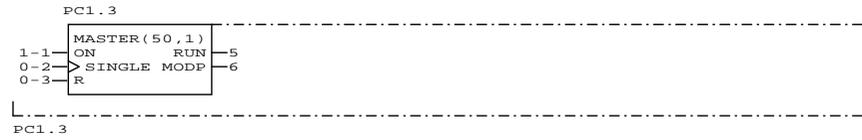
Inicio de Programa

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 3
Date			Cont. 4

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



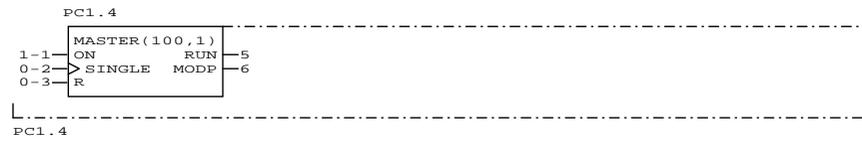
Inicio de Programa

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 4
Date			Cont. 5

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



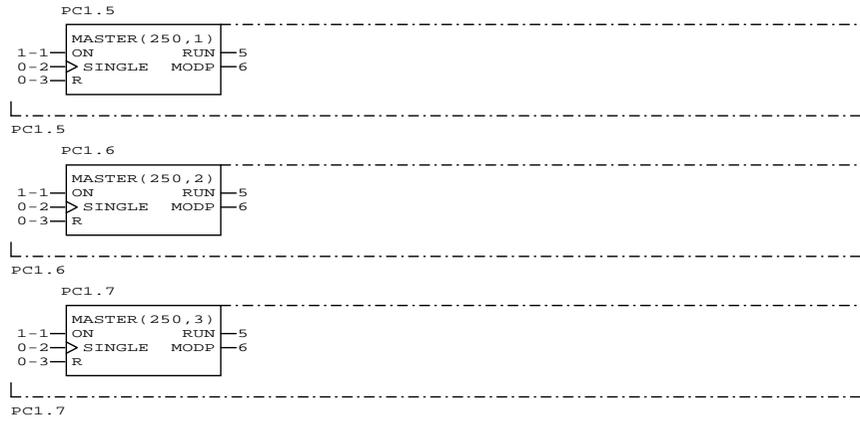
Inicio de Programa

Design ch.	PC DIAGRAM PC1	Lang.
Tech. ref.		Rev. ind.
Resp. dept.		Sheet 5
Date		Cont. 6

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



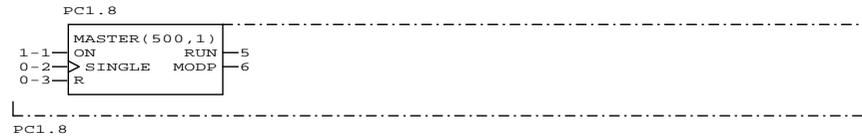
Master 250ms

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 6
Date			Cont. 7

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



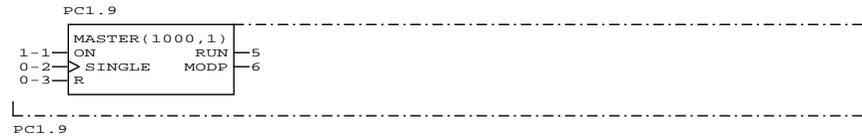
Master 500ms

Design ch.	PC DIAGRAM PC1	Lang.
Tech. ref.		Rev. ind.
Resp. dept.		Sheet 7
Date		Cont. 8

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



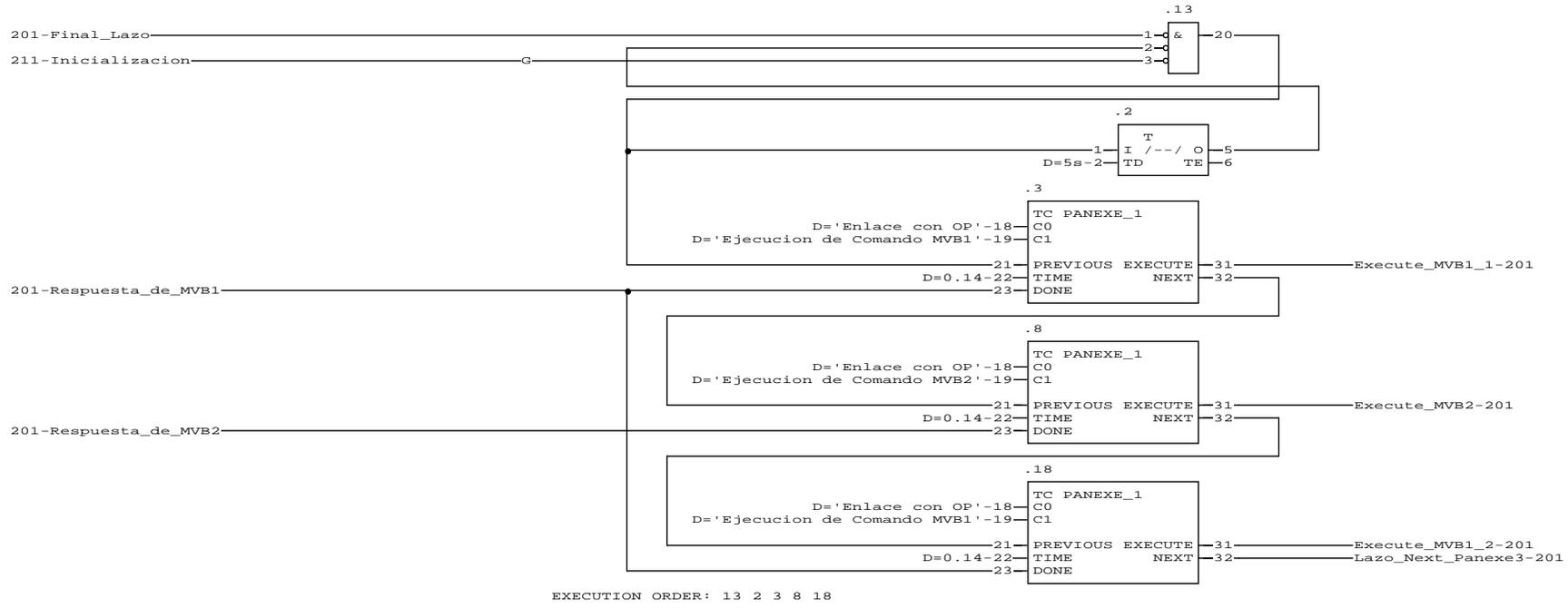
Master 100ms

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 8
Date			Cont. 200

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:32

COMMON IDENTITY: PC1



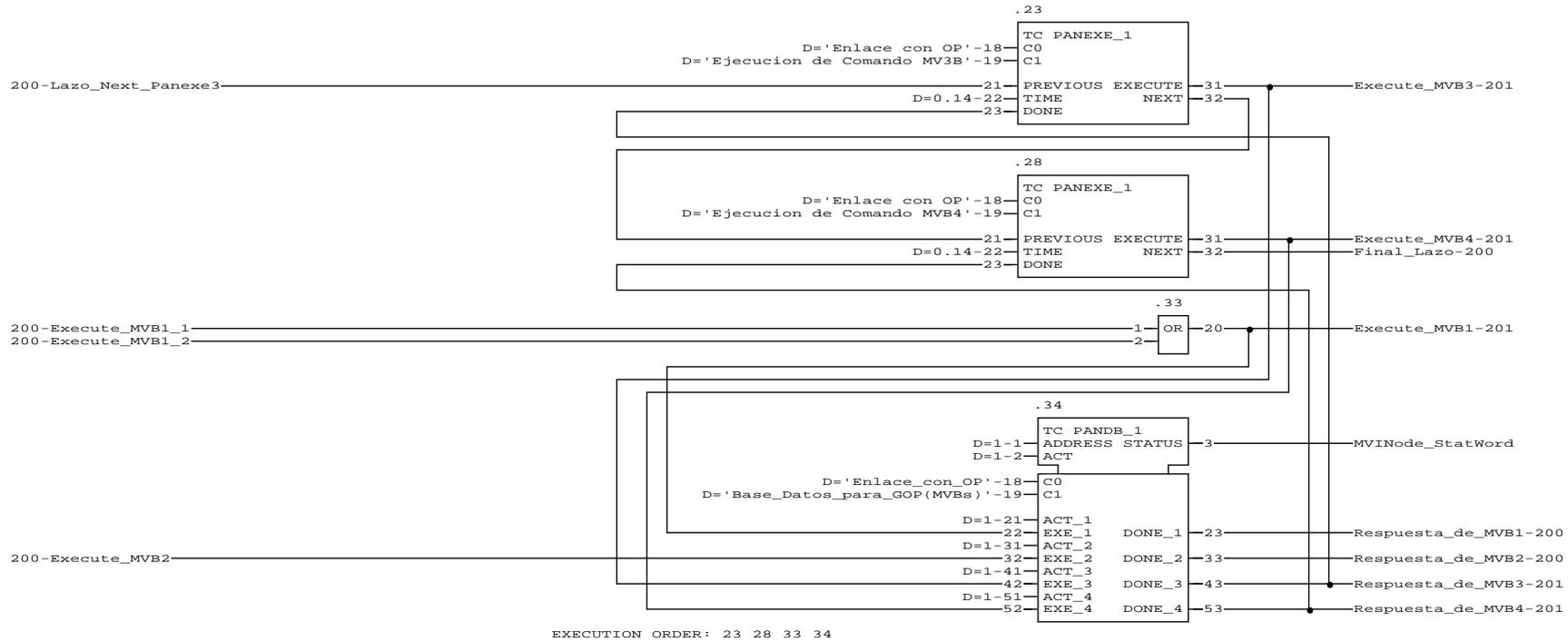
CONFIGURACION COMUNICACION GOP

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 200
Date			Cont. 201

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.20.1

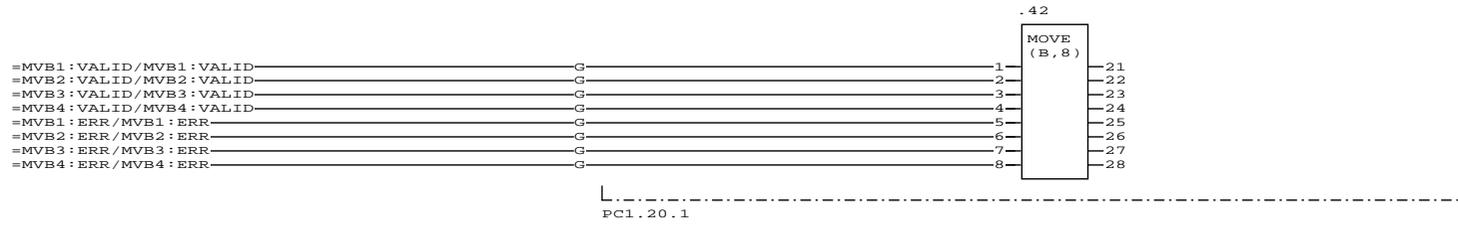


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 201
Date			Cont. 202

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.20.1



Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 202
Date			Cont. 210

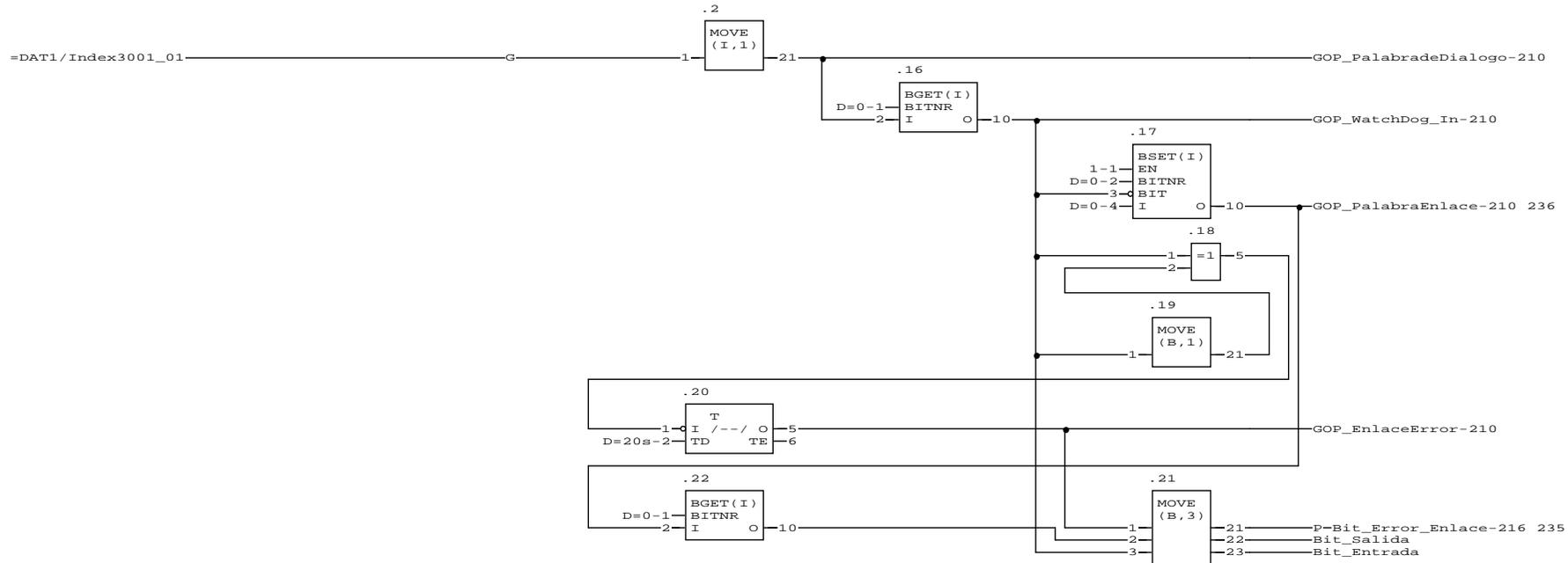
ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.20

PC1.20.2

SLAVEM(5,0)



EXECUTION ORDER: 2 16 17 18 19 20 22 21

PC1.20.2

PC1.20

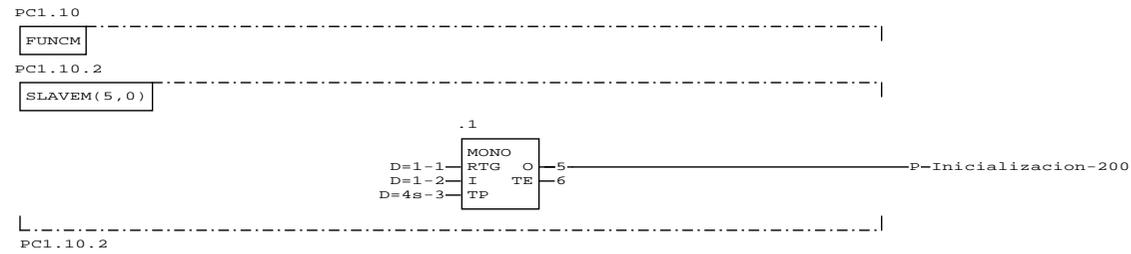
ENLACE CON EL OP

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 210
Date			Cont. 211

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1

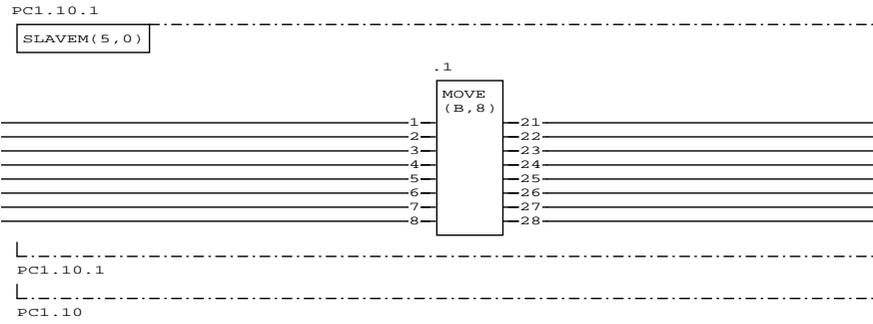


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 211
Date			Cont. 212

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.10



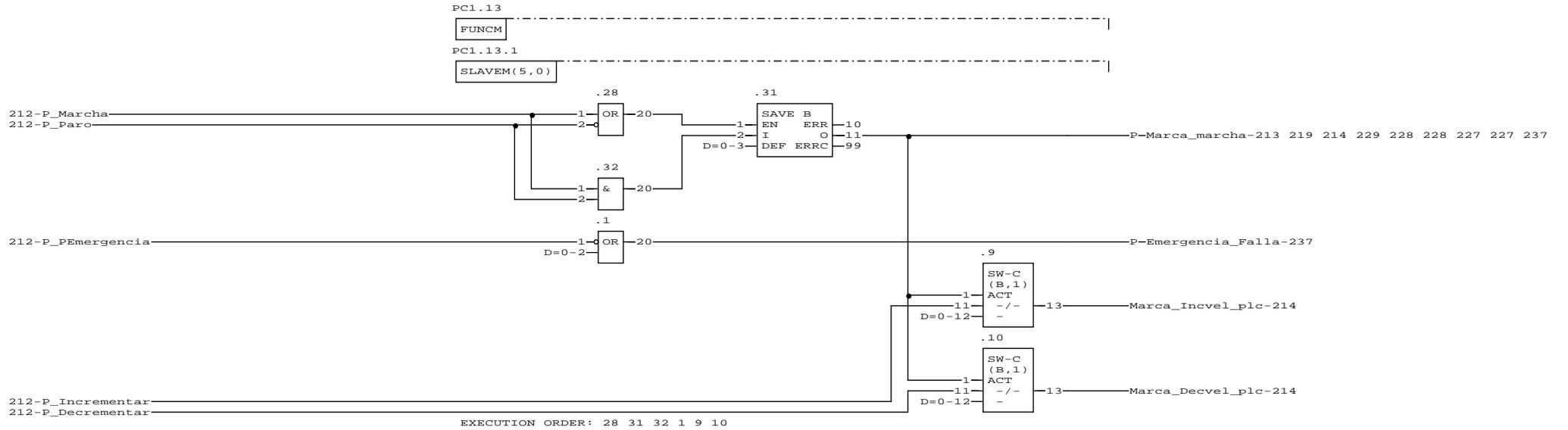
EVALUACION ENTRADAS

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 212
Date			Cont. 213

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



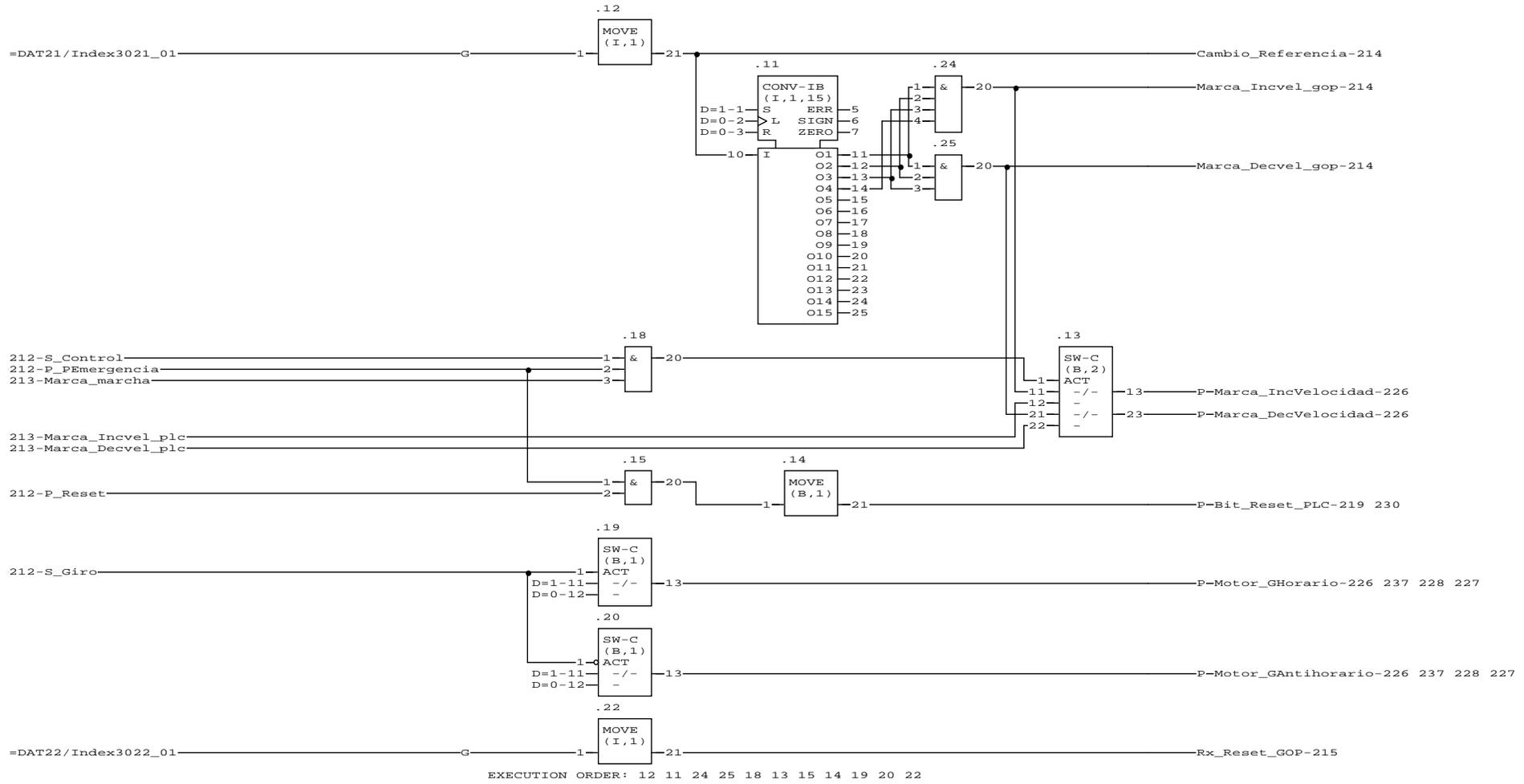
EVALUACION ENTRADAS

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 213
Date			Cont. 214

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.13.1



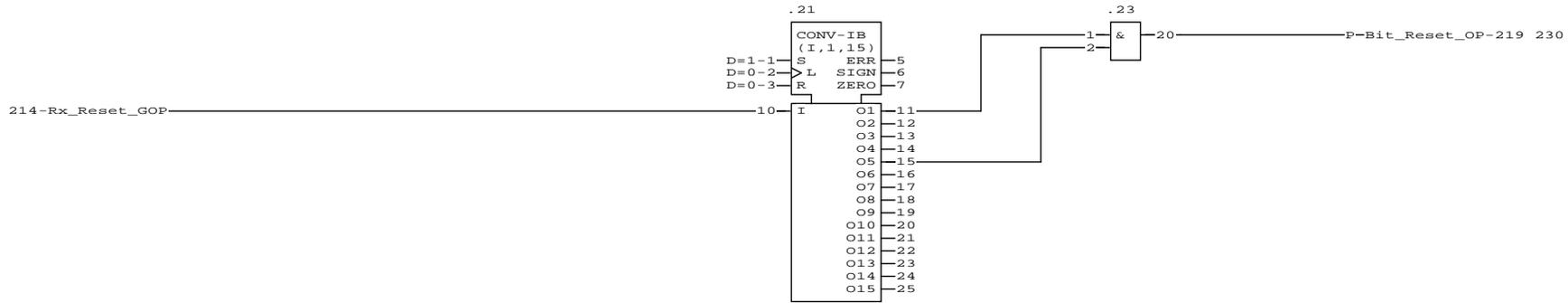
EVALUACION ENTRADAS

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 214
Date			Cont. 215

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.13.1



```

EXECUTION ORDER: 21 23
|-----|
PC1.13.1
|-----|
PC1.13
    
```

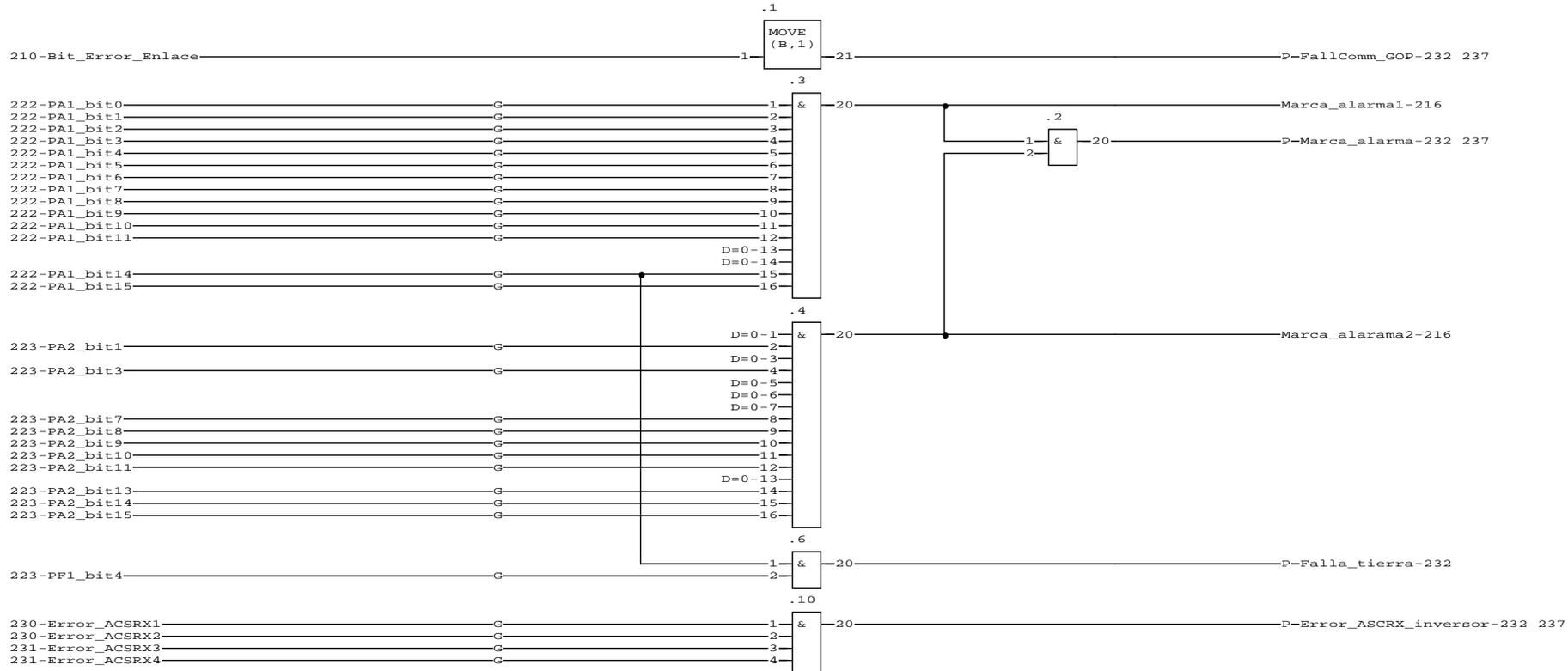
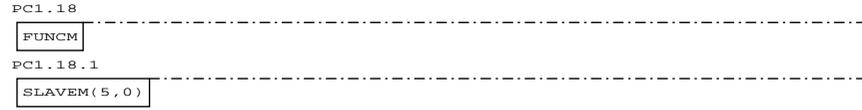
Reset GOP

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 215
Date			Cont. 216

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



EXECUTION ORDER: 1 3 2 4 6 10

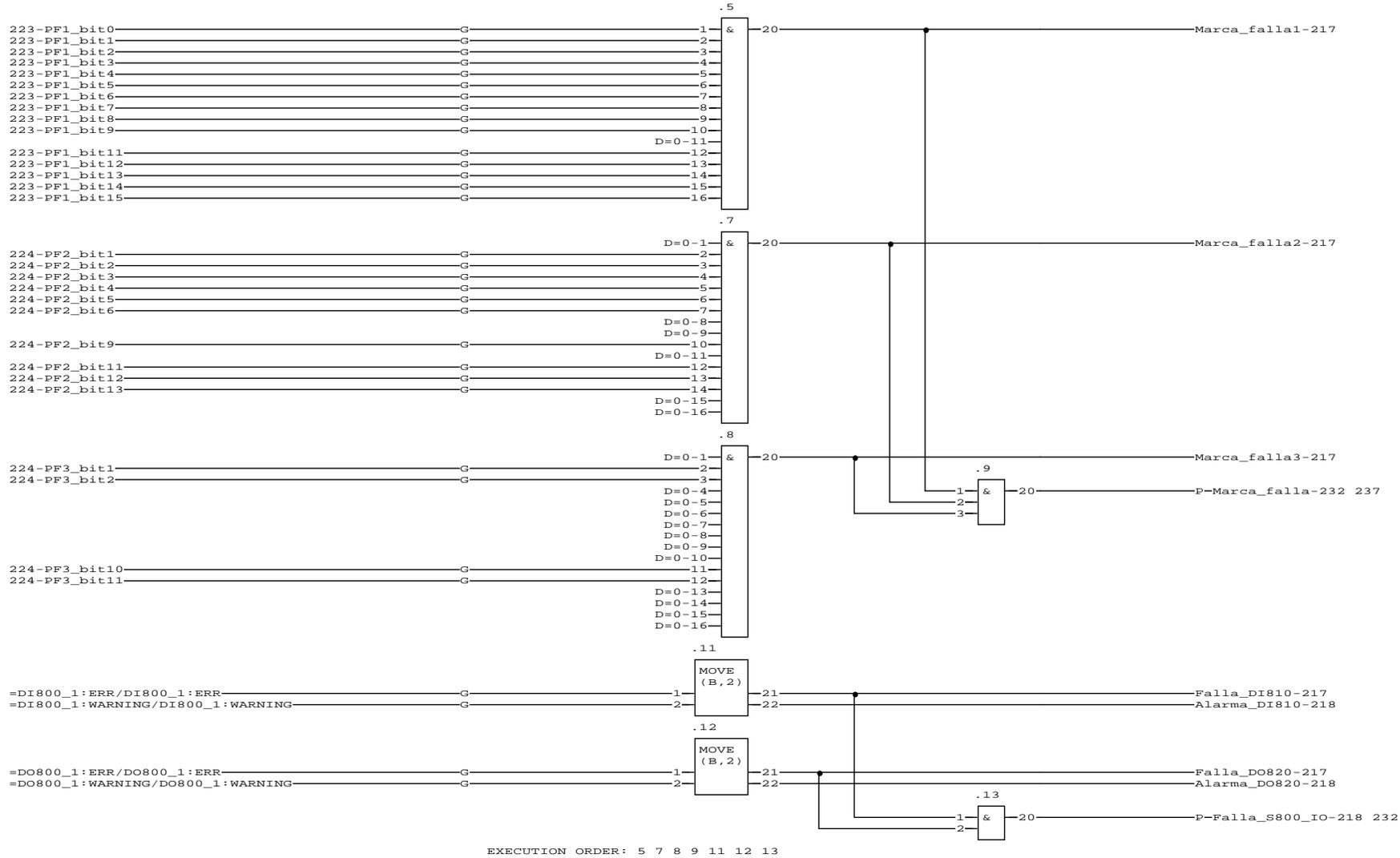
GESTION ALARMAS

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 216
Date			Cont. 217

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.18.1

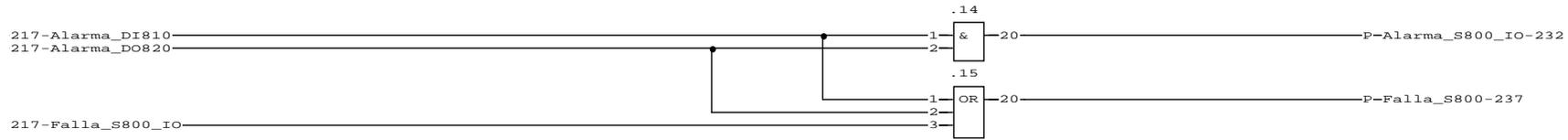


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 217
Date			Cont. 218

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.18.1



```

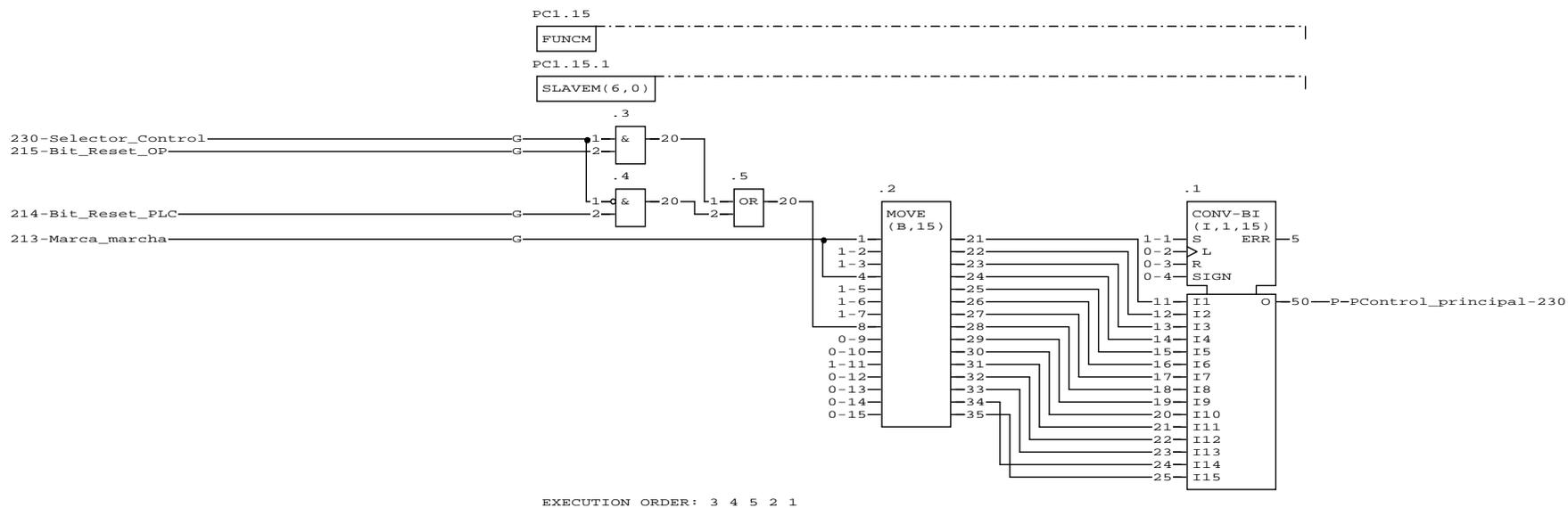
EXECUTION ORDER: 14 15
┌-----┴-----┐
PC1.18.1
└-----┬-----┘
PC1.18
    
```

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 218
Date			Cont. 219

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



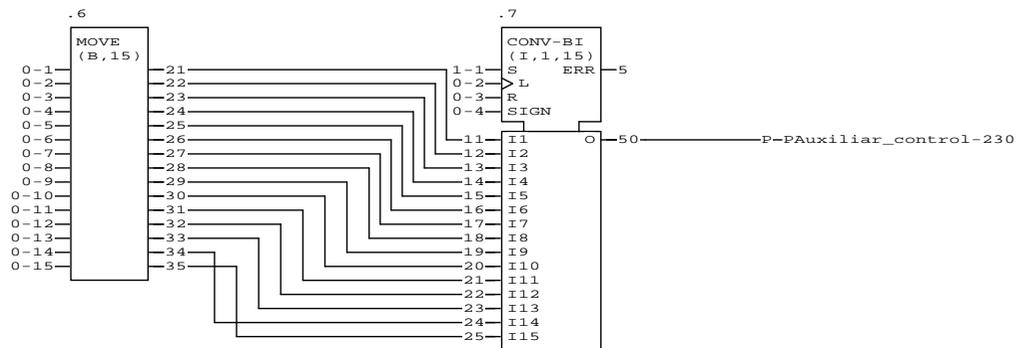
ACONDICIONAMIENTO DATOS INVERSOR

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 219
Date			Cont. 220

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



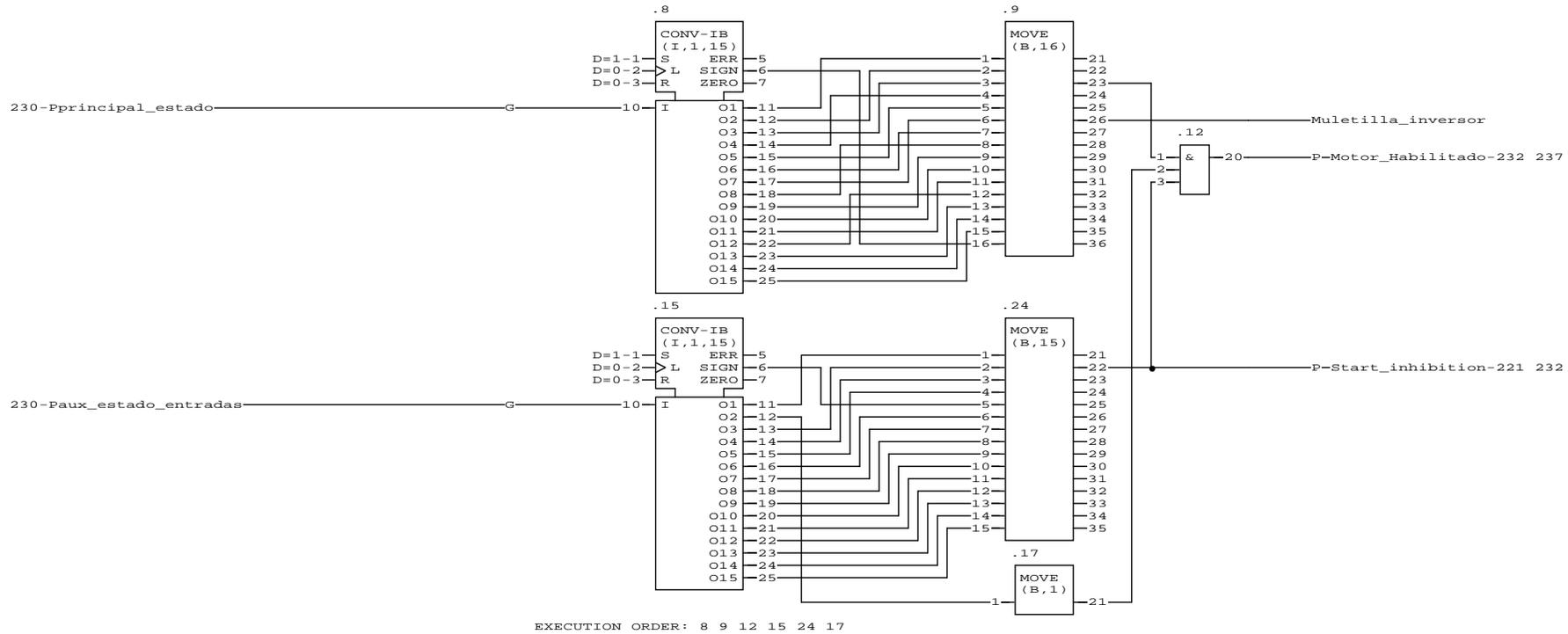
EXECUTION ORDER: 6 7

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 220
Date			Cont. 221

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



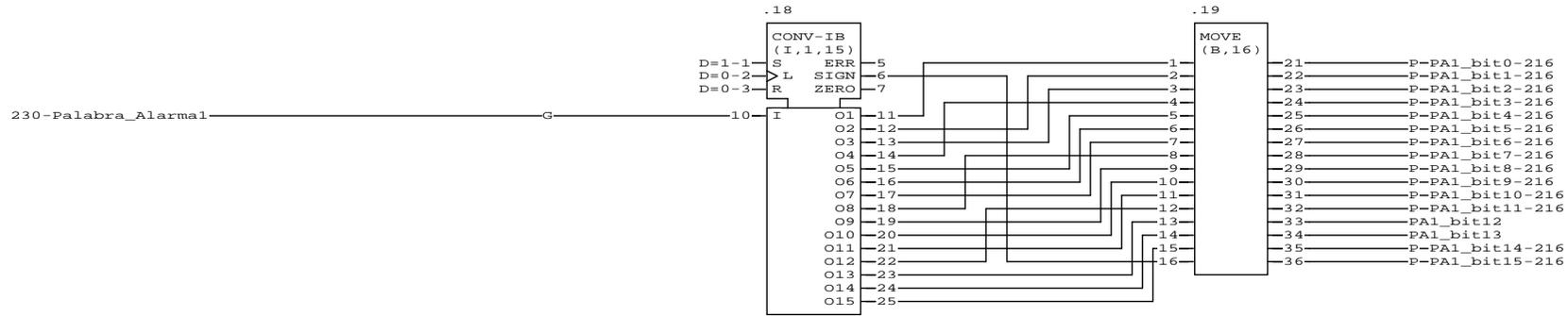
EXECUTION ORDER: 8 9 12 15 24 17

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 221
Date			Cont. 222

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



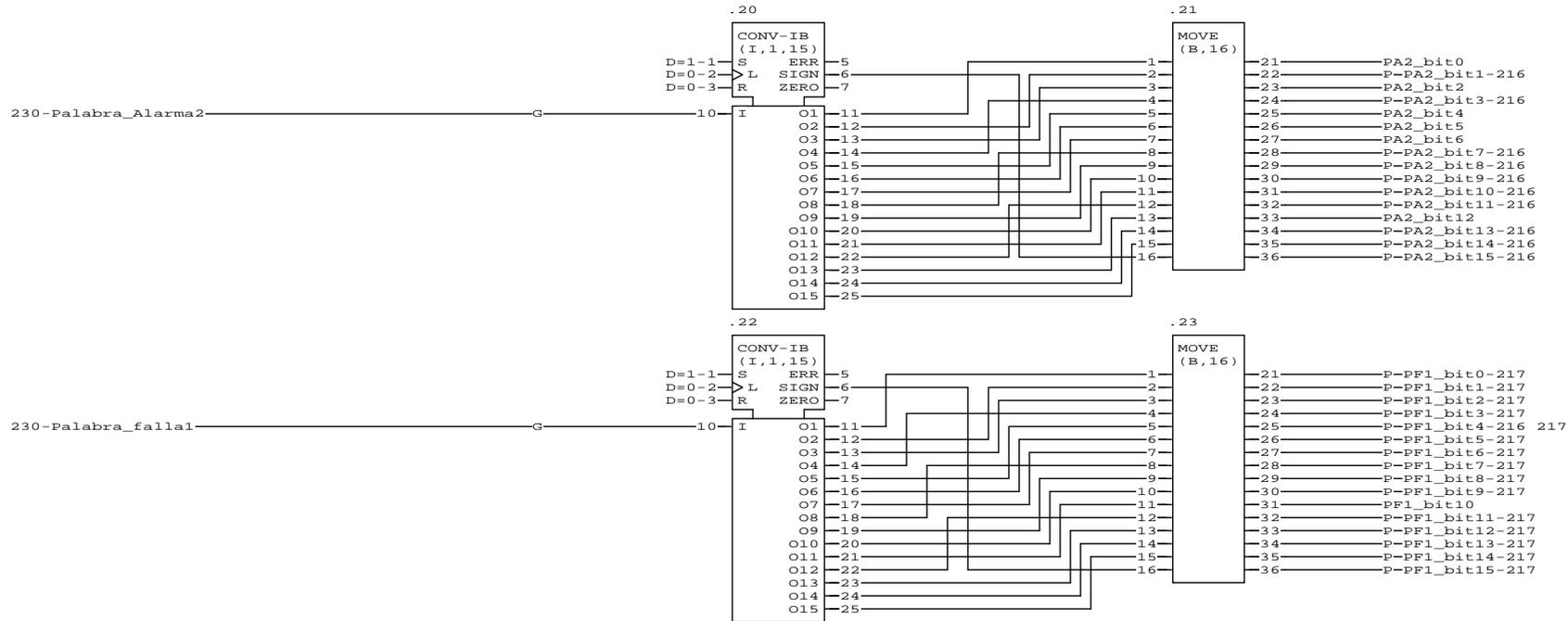
EXECUTION ORDER: 18 19

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 222
Date			Cont. 223

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



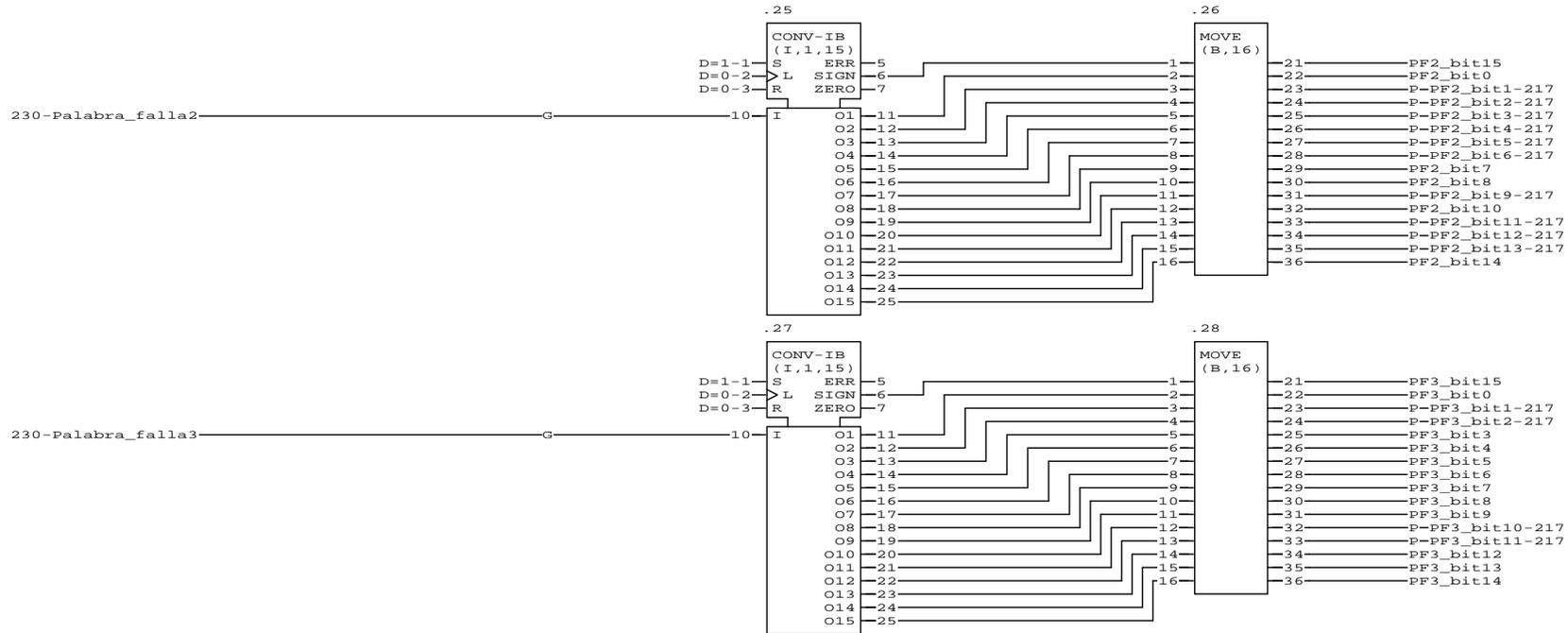
EXECUTION ORDER: 20 21 22 23

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 223
Date			Cont. 224

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



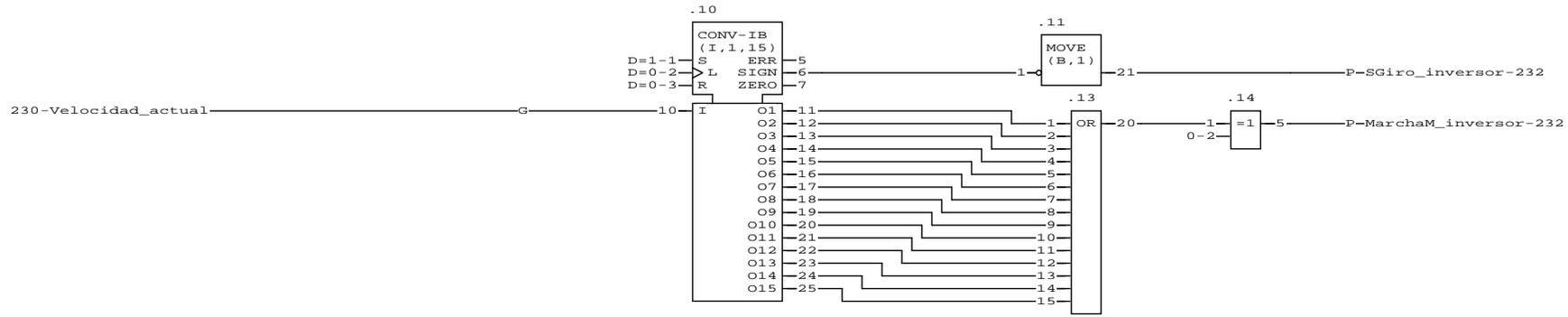
EXECUTION ORDER: 25 26 27 28

Design ch.	PC DIAGRAM PC1	Lang.
Tech. ref.		Rev. ind.
Resp. dept.		Sheet 224
Date		Cont. 225

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.15.1



EXECUTION ORDER: 10 11 13 14

PC1.15.1

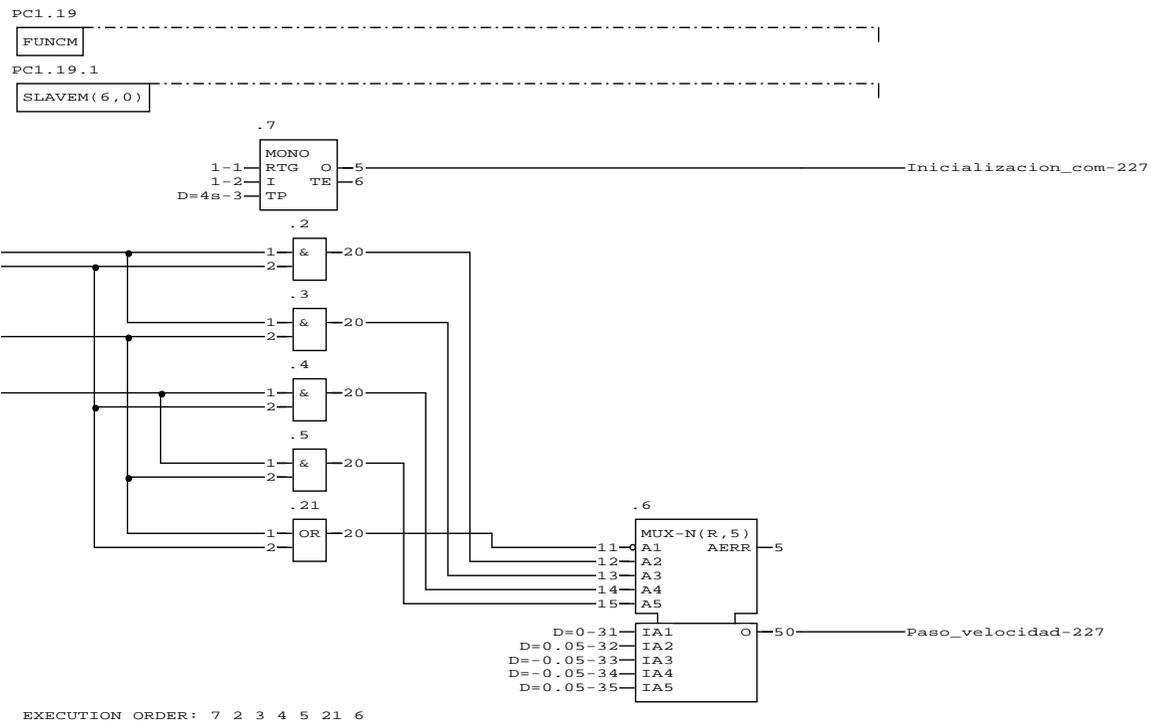
PC1.15

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 225
Date			Cont. 226

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1

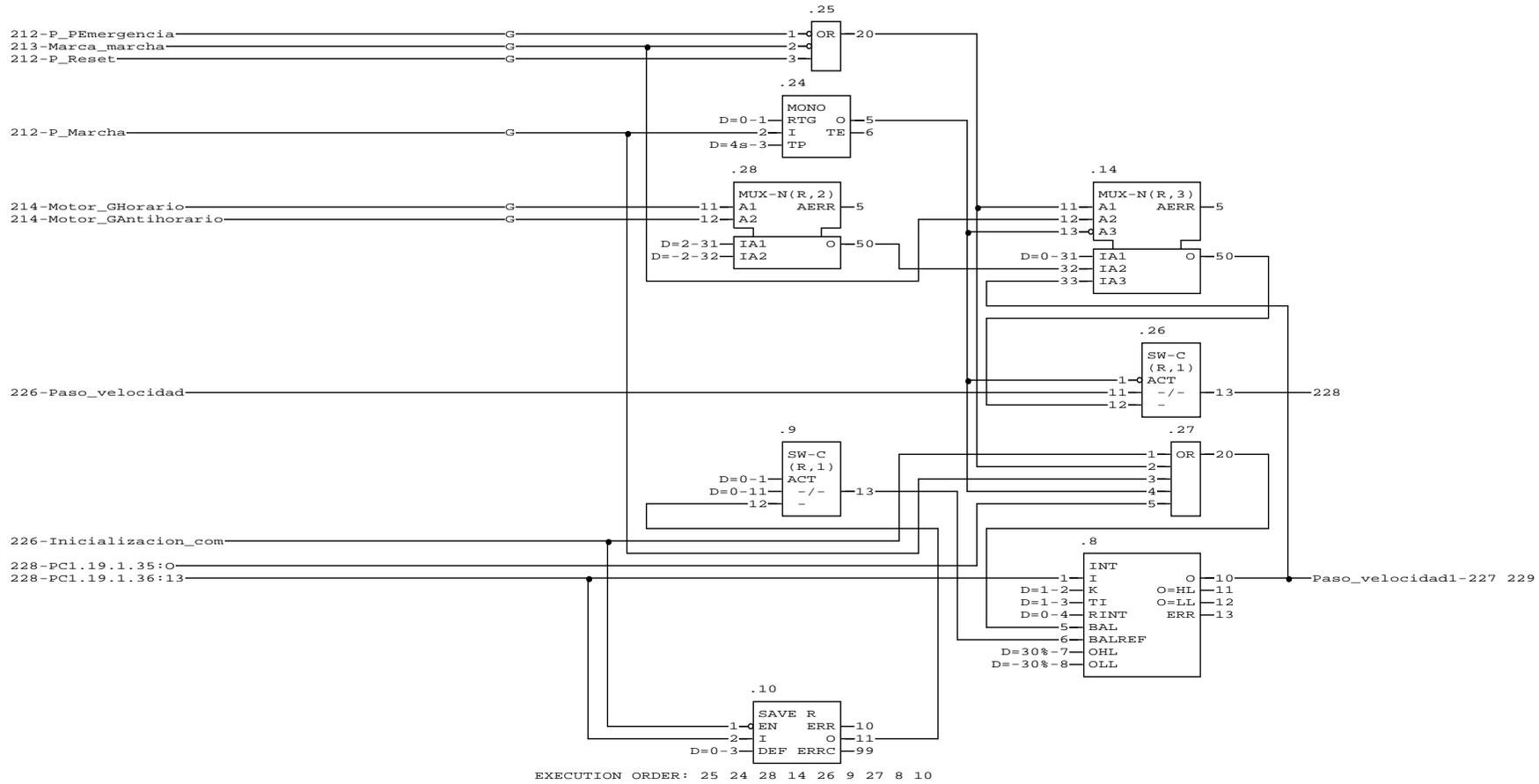


Design ch.	PC DIAGRAM PC1	Lang.
Tech. ref.		Rev. ind.
Resp. dept.		Sheet 226
Date		Cont. 227

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.19.1

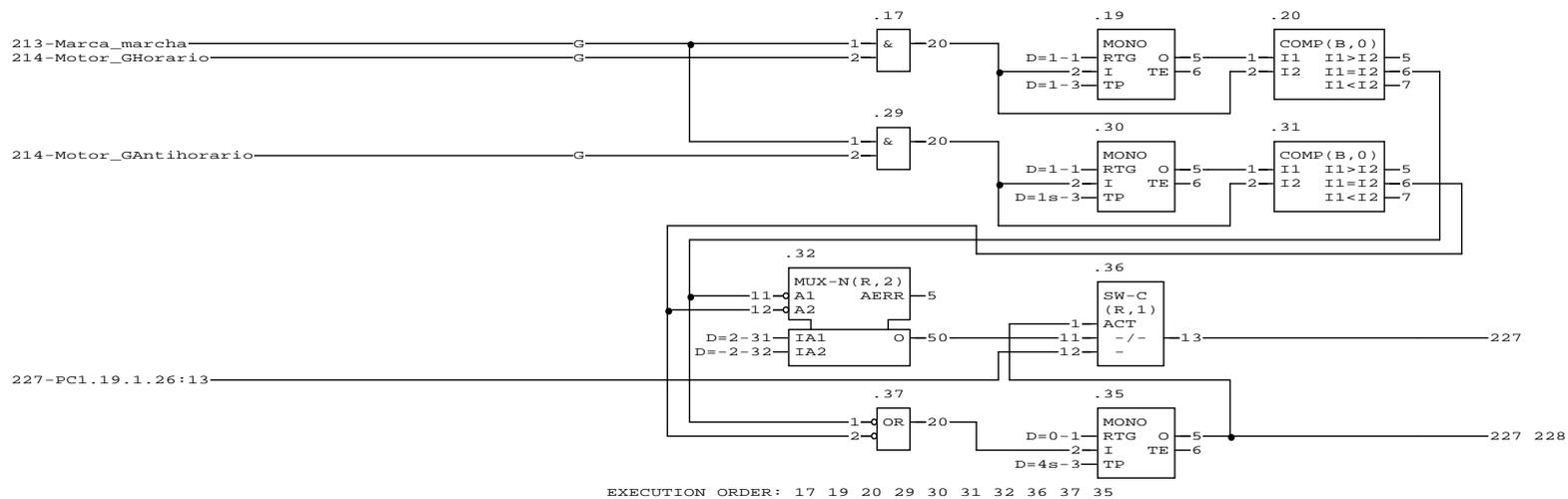


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 227
Date			Cont. 228

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.19.1

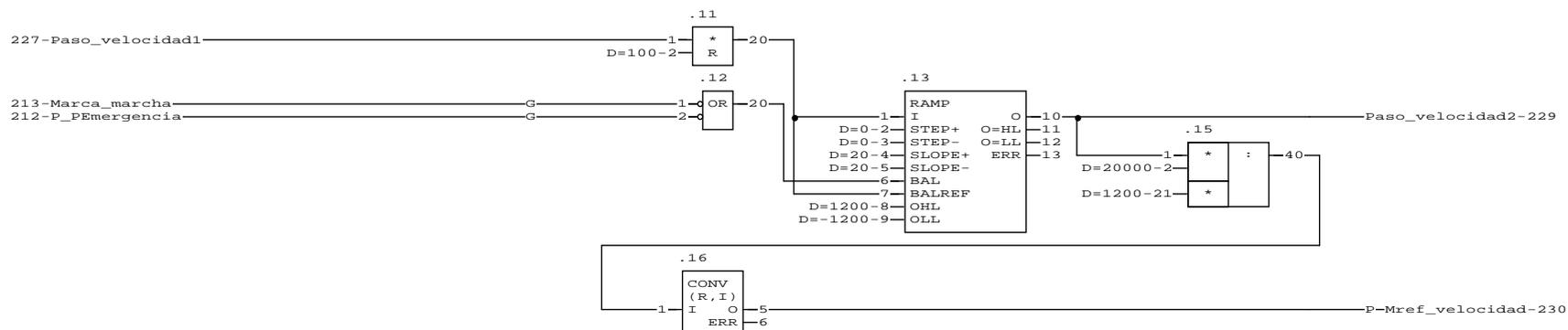


Design ch.	PC DIAGRAM PC1	Lang.
Tech. ref.		Rev. ind.
Resp. dept.		Sheet 228
Date		Cont. 229

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.19.1



EXECUTION ORDER: 11 12 13 15 16

PC1.19.1

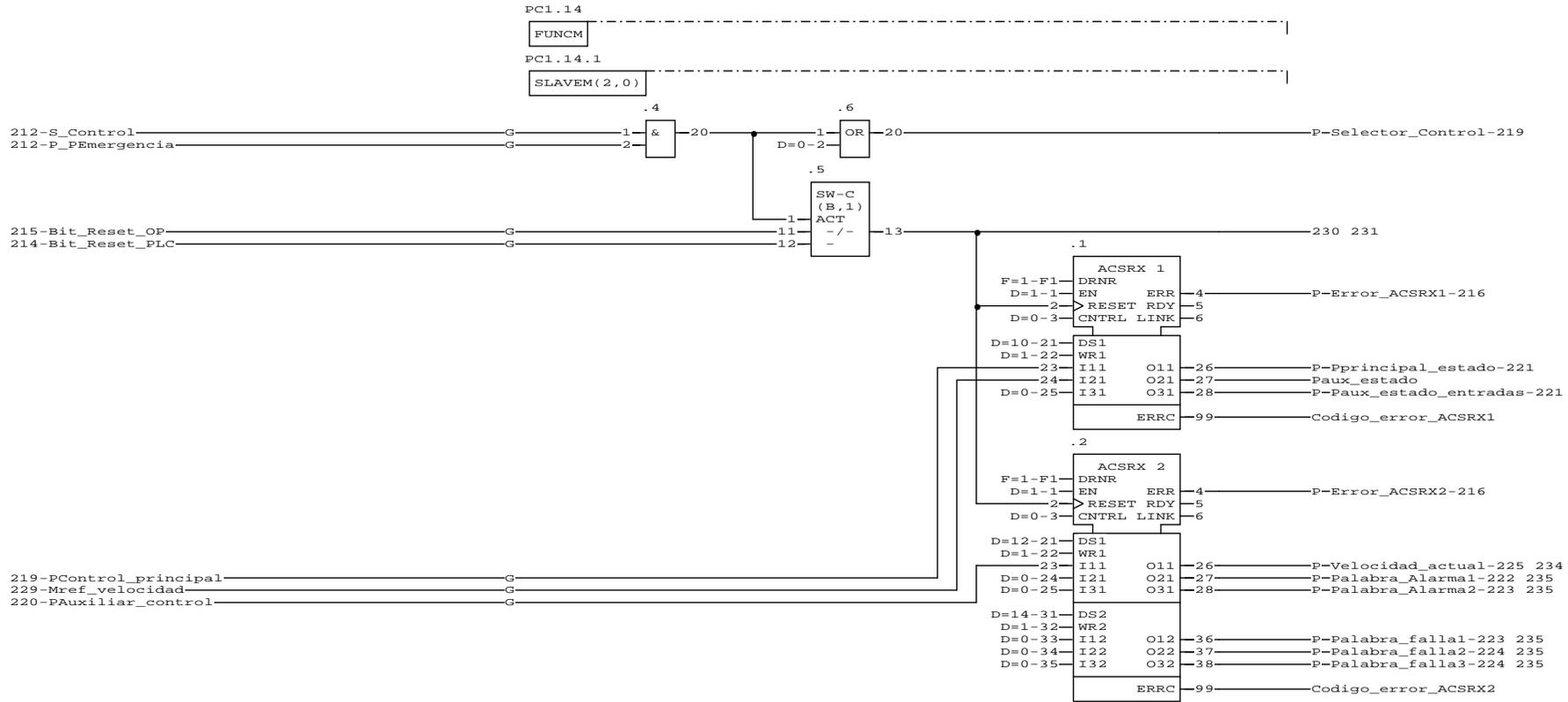
PC1.19

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 229
Date			Cont. 230

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



EXECUTION ORDER: 4 6 5 1 2

ENLACE INVERSOR

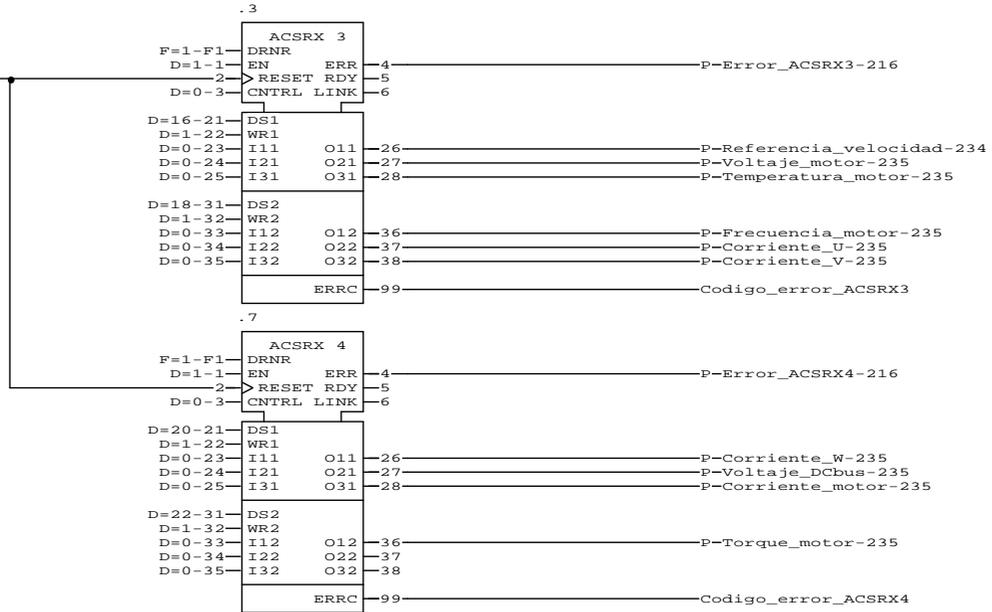
Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 230
Date			Cont. 231

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.14.1

230-PC1.14.1.5:13



EXECUTION ORDER: 3 7

PC1.14.1

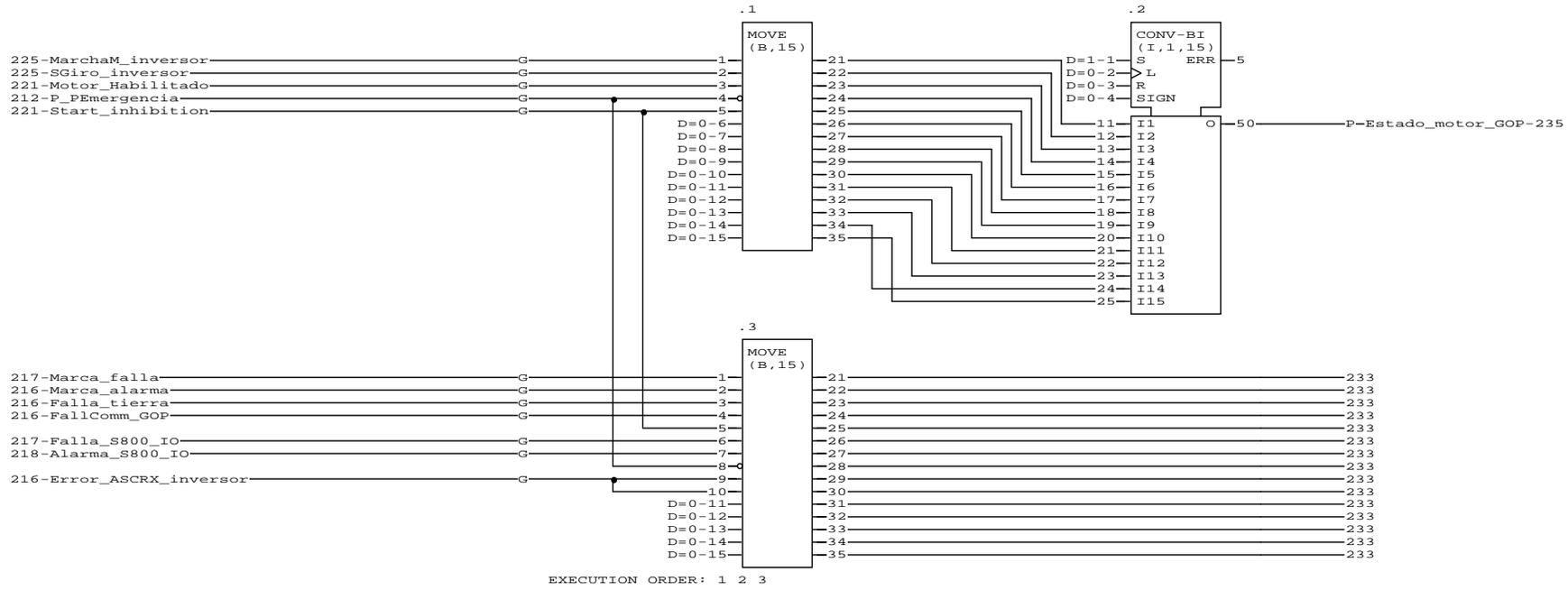
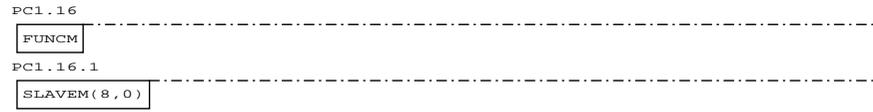
PC1.14

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 231
Date			Cont. 232

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



EXECUTION ORDER: 1 2 3

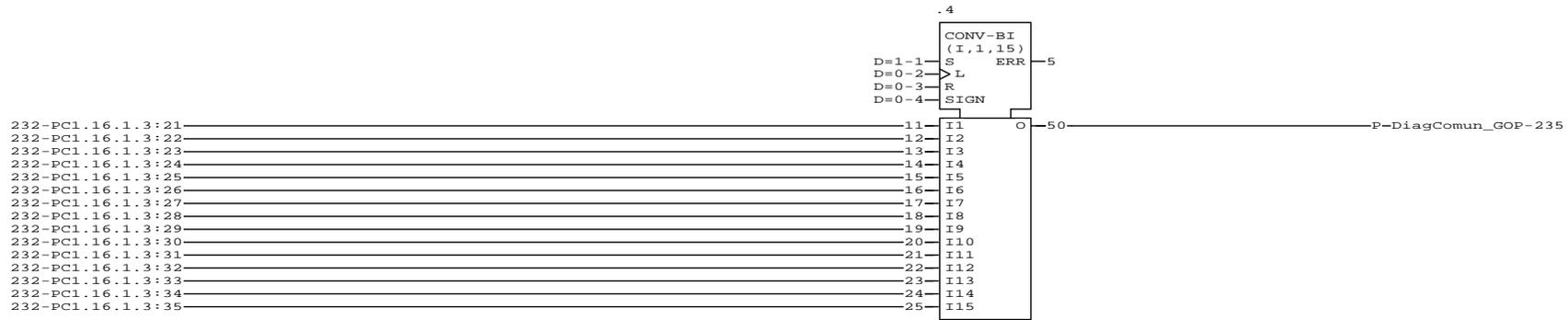
ACONDICIONAMIENTO DATOS OP

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 232
Date			Cont. 233

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.16.1

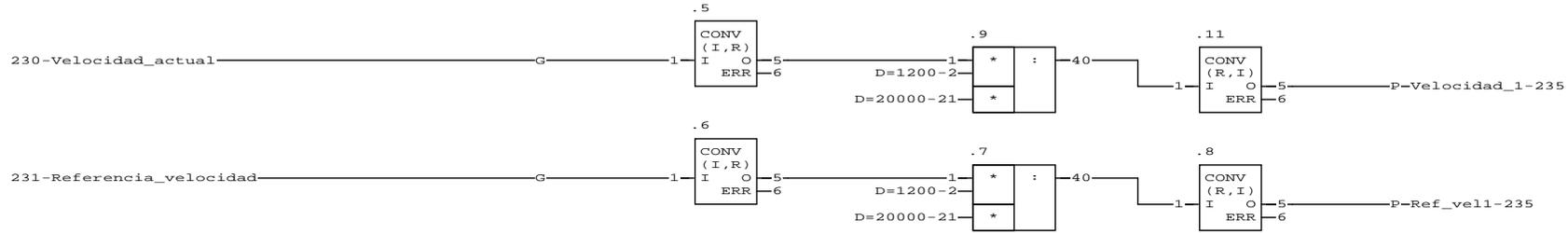


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 233
Date			Cont. 234

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1.16.1



```

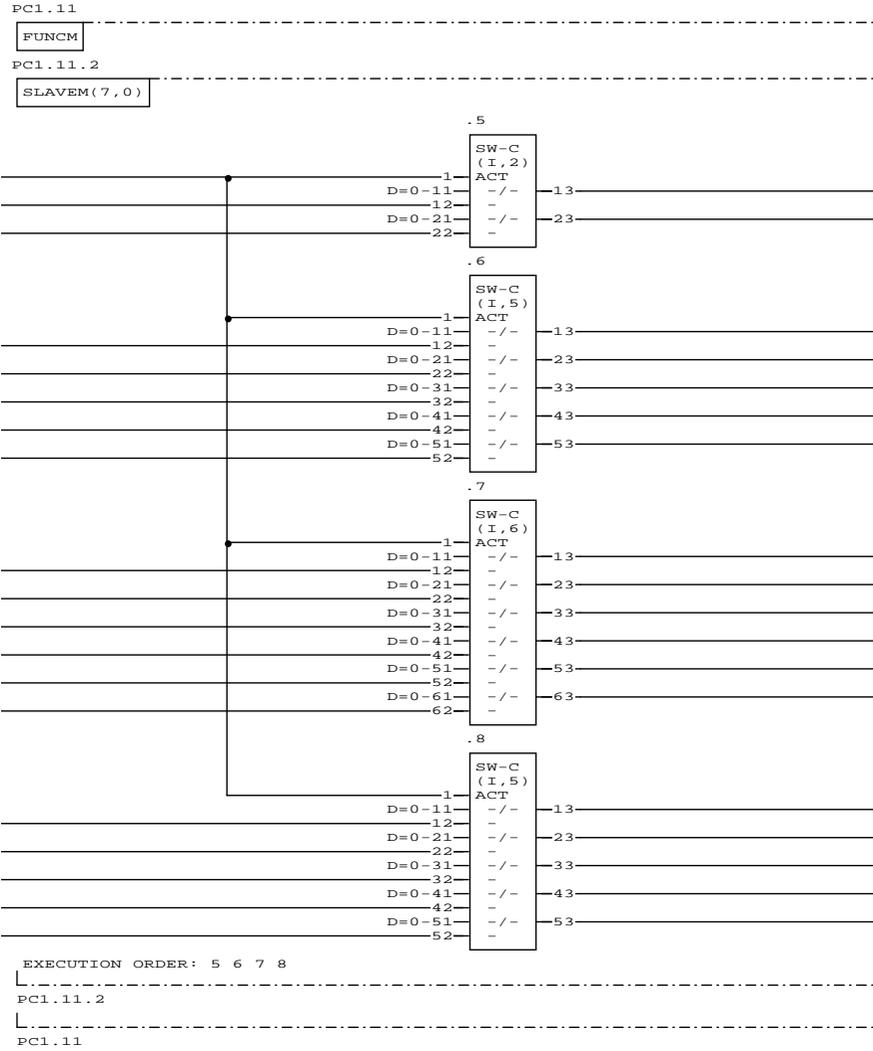
EXECUTION ORDER: 5 9 11 6 7 8
-----|
PC1.16.1
-----|
PC1.16
    
```

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 234
Date			Cont. 235

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



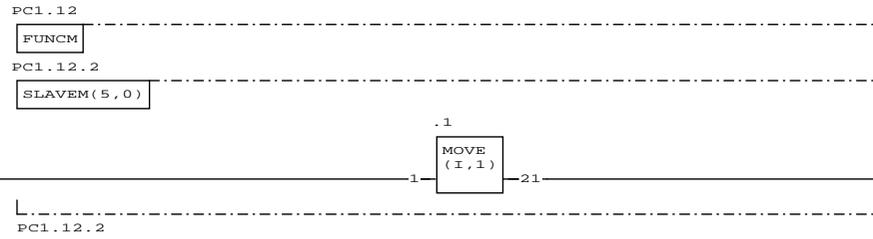
ENLACE CON EL OP

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 235
Date			Cont. 236

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1

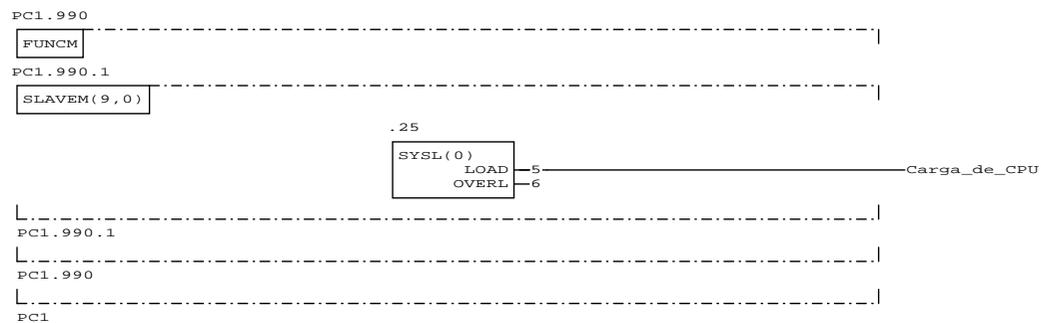


Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 236
Date			Cont. 237

ABB Automation and Drives

15-AUG-2008/10:33

COMMON IDENTITY: PC1



Carga de CPU

Design ch.	PC DIAGRAM PC1		Lang.
Tech. ref.			Rev. ind.
Resp. dept.			Sheet 238
Date			Cont. -

ANEXO E

Manual de Operación del Sistema de Pruebas

SISTEMA DE PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIDRIVE DE LA MÁQUINA DE PAPEL MP5

MANUAL DE OPERACIÓN

CONTENIDOS

1.- Descripción general.....	E-2
2.- Puesta en marcha del sistema de pruebas.....	E-4
3.- Propiedades de la botonera del panel de operador.....	E-7
4.- Descripción de las pantallas y operación.....	E-9
5.- Pantalla de valores actuales.....	E-10
6.- Pantalla de accionamientos.....	E-11
7.- Pantalla de diagnóstico común.....	E-12
8.- Pantalla de diagnóstico del inversor.....	E-14
9.- Pantalla de configuración.....	E-15
10.- Pantalla de acerca del proyecto.....	E-15
11.- Informativo de fallas y soluciones generales.....	E-16

1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

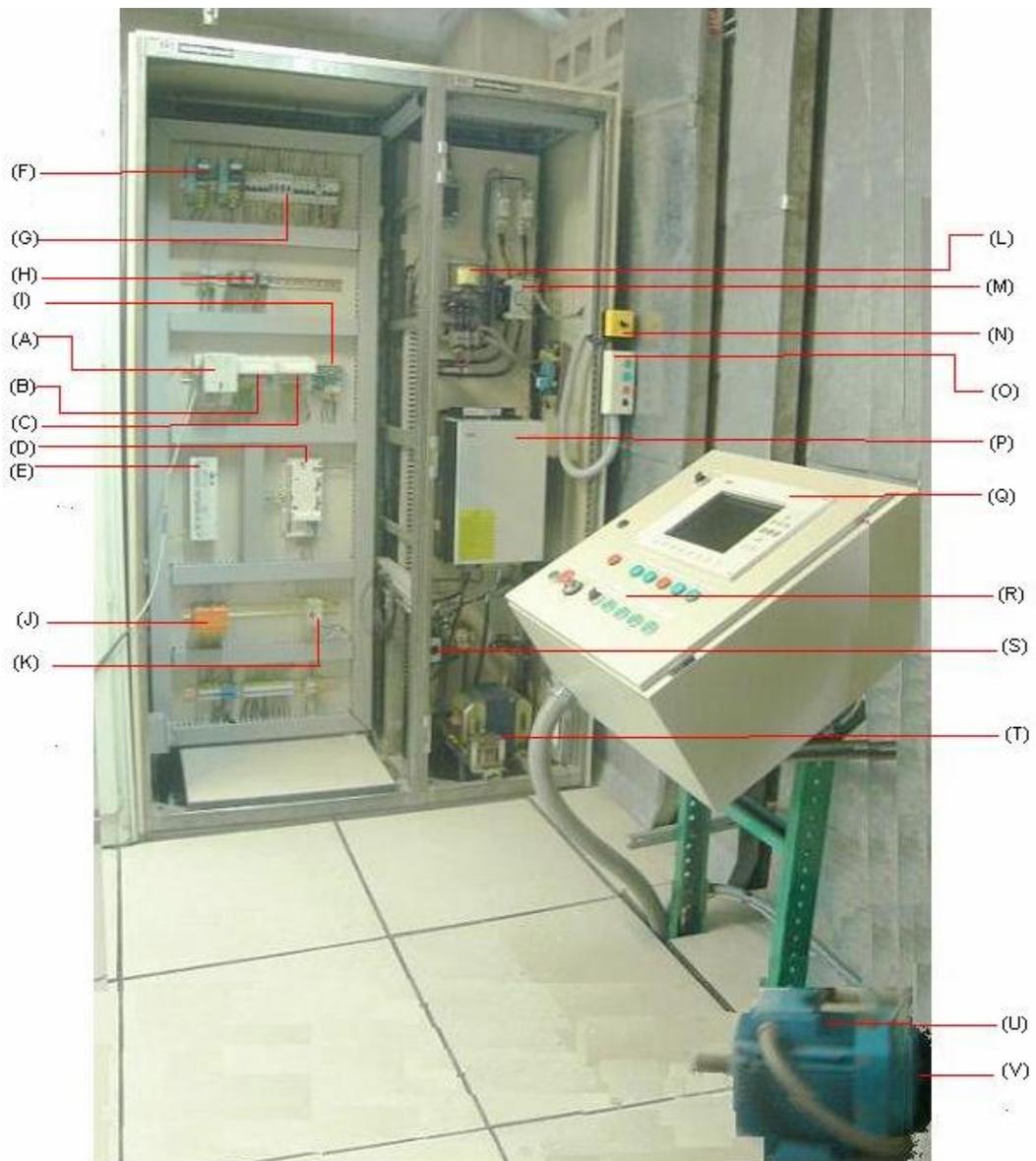
El sistema de pruebas, ha sido diseñado para verificar la funcionalidad de cada uno de los dispositivos, basado en el sistema MultiDrive ACS600, conexiones de hardware de cada elemento, herramientas de software, aspectos de comunicación de forma didáctica, con el objetivo de fortalecer los conocimientos del personal de mantenimiento eléctrico.

Para lo expuesto se detalla los atributos que presenta este sistema de pruebas y procedimientos para la puesta en marcha.

El sistema de pruebas esta compuesto por los siguientes elementos.

- A. PLC ABB AC80
- B. Módulo de entradas DI810
- C. Módulo de salidas DO820
- D. Unidad de control del inversor RDCU-02C
- E. Units Branching 9CH NDBU-95C
- F. Fuente de alimentación
- G. Breaker del cuadro eléctrico de control
- H. Relés del circuito de precarga
- I. Unidad Terminal NMBC-01Modbus
- J. Módulo de paro de emergencia
- K. Módulo de encoder NTAC-02
- L. Rectificador
- M. Seccionador del inversor
- N. Llave de seguridad
- O. Botonera del seccionador
- P. Inversor ACS 634005050

- Q. Panel de operador
- R. Botonera de puesta en marcha
- S. Contactor de precarga
- T. Transformador de alimentación del rectificador
- U. Motor de pruebas
- V. Encoder



Dispositivos del Sistema de Pruebas

2.- Puesta en marcha del sistema de pruebas

La puesta en marcha del sistema, se inicia con el encendido de los dispositivos de control, con el breaker que se encuentra en el tablero de distribución de la bodega de cables eléctricos, luego activando el breaker principal de control, y los breaker de la fuente de alimentación de 24VDC, módulo de paro de emergencia, circuito de control del seccionador, toma de 110VAC y el breaker de los elementos de control residentes en el cuadro eléctrico, detallados en la siguiente tabla:

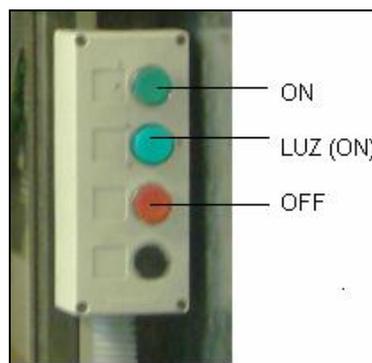


La parte de potencia es activada seguidamente con el breaker que se encuentra en el cuadro eléctrico de potencia, para alimentar al rectificador no controlado que es utilizado por el inversor. En la siguiente tabla se detalla el orden de activación de los breaker.

BREAKER	DESCRIPCIÓN
F1-F3	Tablero de distribución.
F2	Tablero de control principal.
F8	Fuente de alimentación 24VDC
F9	Fuente de alimentación 24VDC

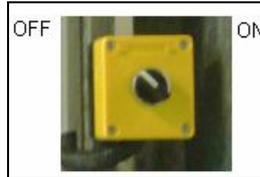
BREAKER	DESCRIPCIÓN
F15	Modulo de paro de emergencia
F10	Control del seccionador
F13	PLC AC80
F14	Módulos I/O
F12	Panel de operador
F11	RDCU-02C
F16	Toma de 110VAC
F4	De potencia/Rectificador

La alimentación llega hasta los fusibles de protección del inversor, luego se pulsa el botón de encendido (P_ON), que activa al contactor el cual actúa como seccionador de la parte de potencia energizando al accionamiento y lo desactiva mediante el pulsante de apagado (P_OFF).



Durante la fase de encendido, los condensadores de paso del circuito intermedio de corriente continua del inversor se cargan a través de resistencias para limitar la intensidad de carga, el mismo es controlado internamente por el accionamiento, para conmutar al contactor de precarga.

La muletilla de la llave de seguridad del inversor, debe ser colocada en la posición (ON) para habilitar el motor, en caso de protección retornar a la posición (OFF) de la muletilla.



Una vez terminada la alimentación eléctrica del sistema y activadas sus habilitaciones, el sistema se encuentra listo para la puesta en marcha desde el tablero de mando.

En caso de visualizar una luz roja en la unidad de control del inversor se debe dar un reset desde el OP o la botonera, para borrar las alarmas de esta unidad.

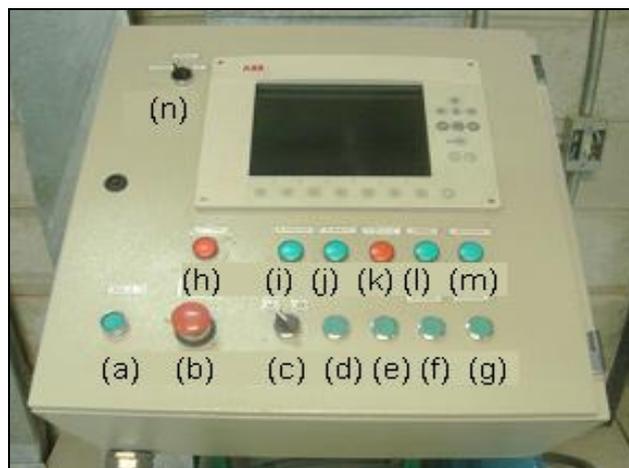
Para apagar el sistema, se desactiva la muletilla de seguridad y el pulsador del seccionador del inversor y finalmente el breaker de fuerza del cuadro eléctrico de potencia.

Desactivado la parte de potencia, se procede a desactivar el breaker del circuito de control del seccionador, precarga y de los dispositivos de control, luego los breaker que alimentan a las fuentes de alimentación de 24Vdc que suministran la energía a los dispositivos de control y finalmente el breaker principal del cuadro eléctrico de control.

3.- Propiedades de la botonera del panel de operador

Los pulsadores del panel de operador, poseen una función específica, de acuerdo a los planos eléctricos y programación en el autómata AC80. Con las siguientes funciones:

- a) (RESET PE) Reset
- b) (PARO EMERGENCIA) Paro de emergencia
- c) (GIRO) Sentido de giro del motor
- d) (MARCHA) Marcha de motor
- e) (PARO) Paro de motor
- f) (INCREMENTAR VELOCIDAD) Incrementar velocidad
- g) (DECREMENTAR VELOCIDAD) Decrementar velocidad
- h) (E/F ACTIVA) Luz de paro de emergencia
- i) (M HABILITADO) Luz de motor habilitado
- j) (M MARCHA) Luz de motor en marcha
- k) (M DETENIDO) Luz de paro de motor
- l) (M HORARIO) Giro de motor horario
- m) (M ANTIHORARIO) Giro de motor antihorario
- n) (CONTROL BOTONERA/OP)



Cuando el sistema está preparado, el motor se arranca desde el pulsador de marcha, y este empezará a girar con un valor de setpoint de 200 rpm determinado en la programación del autómatas, lo mismo que se indicará con el estado de la luz piloto correspondiente (j). Así mismo la información del estado y valores actuales del motor se visualiza desde la interfaz del OP.

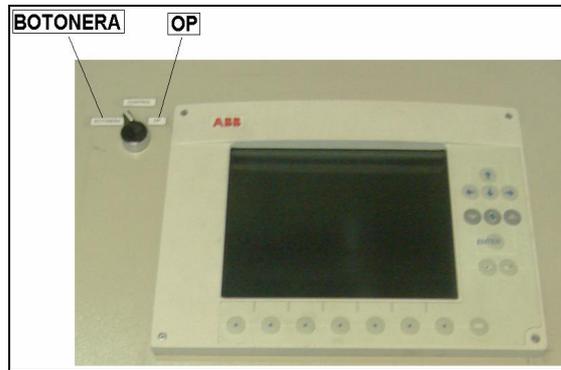
Previamente la muletilla de control, se debe encontrar en la opción (botonera), que indica que el control es tomado por los pulsadores, y en el otro caso desde el OP.

Una vez seleccionado el control desde los pulsadores (Botonera), se puede cambiar la referencia de velocidad del motor, pulsando los botones de velocidad (incrementar o decrementar). En el OP se permitirá visualizar solamente valores actuales del motor y del inversor.

Para detener el funcionamiento del motor, se pulsa sobre el botón (Paro), este se detendrá con una rampa de deceleración definida en los parámetros del inversor, una señal luminosa (k) indicará que el motor se encuentra detenido (M. Detenido), luego se permite invertir el sentido de giro del motor por medio de la muletilla (Giro), mientras que el estado de las luces (l/m) de dirección cambiará de acuerdo al sentido de giro seleccionado para el motor. Para poner en marcha nuevamente al motor se debe pulsar sobre el botón (Marcha).

La muletilla de (Giro) también permite, cambiar el sentido de giro del motor en funcionamiento, sin antes haber pulsado el botón (Paro). Dado el caso el motor se parará de forma automática e invertirá el sentido de giro del motor, con la posibilidad de también poder variar la velocidad del mismo.

Cuando se toma el control desde la pantalla, con el selector de control (OP), se desactivan los botones de velocidad de la botonera (Incrementar/Decrementar) y el pulsador Reset PE, los demás botones seguirán trabajando normalmente.



Para resetear las fallas y alarmas cuando se halla el control desde el OP, se accederá a las páginas de diagnóstico del panel y se presionarán los botones indicados. Con los botones del panel de operador, además existe la opción de cambiar la referencia de velocidad del motor.

4.- Descripción de las pantallas y operación

En la pantalla principal se visualiza un menú, que posee el enlace a otras pantallas, con los botones de navegación se puede desplazar sobre el menú (B9,B11) y acceder a sus diferentes pantallas, seleccionando una de ellas y pulsando sobre el botón enter (B16) de la OP. Para poder visualizar los detalles y estado de cada una de ellas.



Pantalla Principal del HMI del Sistema de Pruebas

5.- Pantalla de valores actuales

En esta pantalla se permite visualizar valores de velocidad actual y de referencia medidos en rpm además del sentido de giro del motor, valor de torque, parámetros eléctricos y voltaje en el bus de DC para el inversor. Así mismo dos gráficas de barras verticales muestran el valor de velocidad actual y torque del motor cuando se encuentra en funcionamiento.

Además de los valores y gráficas a visualizar, en la parte inferior de cada pantalla se encuentra un menú, que se vincula a cada pantalla pulsando los respectivos botones (B1, B2) y (B7) de acuerdo a la necesidad.



Pantalla de Valores Actuales del HMI del Sistema de Pruebas

6.- Pantalla de accionamientos

Desde esta pantalla se observa la velocidad de la máquina y también se da la referencia de velocidad pulsando el botón (B13, B15) de incremento/decremento de velocidad.

Esta página también nos indica el estado del motor, su torque actual en porcentaje, el sentido de giro y estado operativo, al mismo tiempo que muestra una animación del motor de acuerdo a su estado operativo. Con el menú en la parte inferior se permite retornar a la pantalla anterior y regresar al menú principal.



Pantalla de Accionamientos del HMI del Sistema de Pruebas

7.- Pantalla de diagnóstico común

Sobre esta pantalla se visualiza un diagnóstico general, acerca de las fallas y alarmas de los módulos digitales de entrada/salida, por daño ó falta alimentación de estos.

La falla de comunicación entre el PLC y la OP, puede presentarse debido a la falta de enlace entre ellos pudiendo deducirse un error en: la tarjeta NMBC-01, el conversor RS485/RS232 o en las conexiones de alimentación.

El error de comunicación en la RDCU, se debe a errores de programación, direccionamiento incorrecto y conexiones deficientes en lo que refiere al conductor de fibra óptica. Una de las formas de visualizar cualquier error es observando el led rojo que se enciende en esta unidad.

Cuando se activa el paro de emergencia, se activa un indicador en la pantalla, y así mismo en la botonera. Revisada y superada cualquier anomalía se desactiva el paro de emergencia y se pulsa el botón de reset para eliminar estados de error y fallas en cada dispositivo.

Si se indica en la pantalla el estado de falla de la llave de seguridad, es por que la muletilla de seguridad se encuentra desactivada, y debe cambiar de estado para la operación del sistema.

En las pantallas de diagnóstico existe la opción de resetear las alarmas generadas por una anomalía en el sistema pulsando el botón indicado (B1).



Pantalla de Diagnóstico Común del HMI del Sistema de Pruebas

En el menú inferior de esta pantalla, se observa el enlace a un submenú (Diagnóstico Drive), que no se dispone en el menú principal.

8.- Pantalla de diagnóstico del Drive

En esta pantalla se expone el diagnóstico del inversor, usando la información enviada por el mismo dispositivo, acerca del estado en el que se encuentra, palabras de estado, fallas y de alarmas. Dichas palabras son generadas para determinar fallas, errores y recurrir al manual del inversor en los parámetros del grupo 7 al 9 donde se encuentra información detallada acerca de ellas.

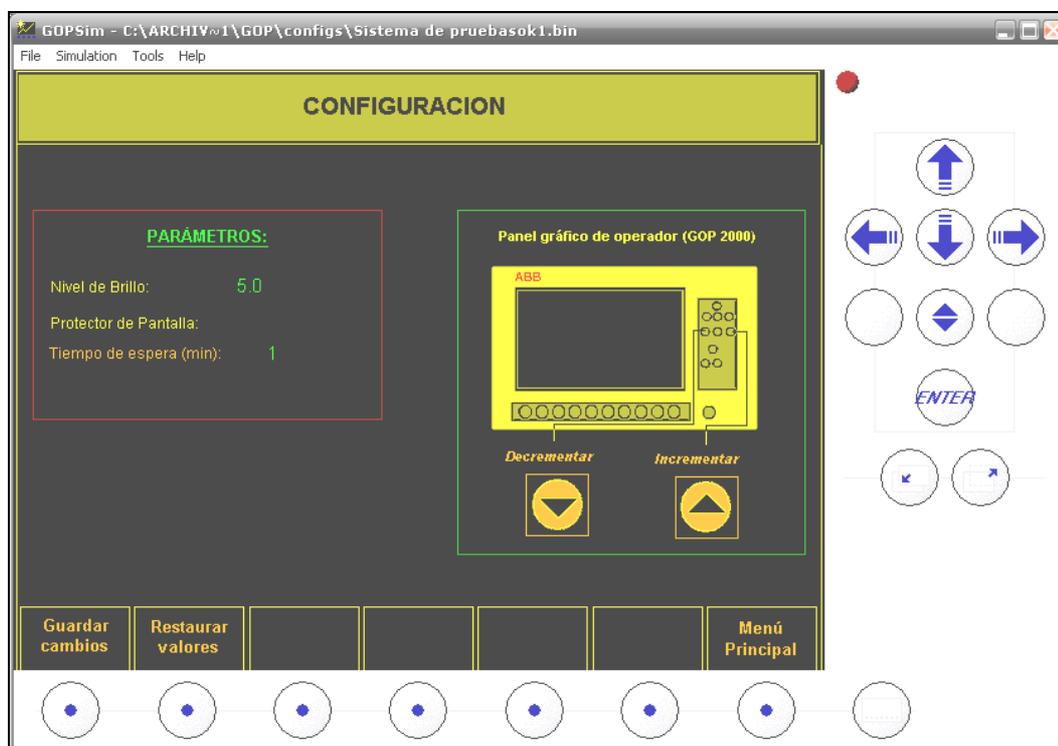
En esta pantalla se halla también la opción de resetear al inversor, enviando a borrar fallas y errores activos de las palabras de estado antes mencionadas, pulsando el botón respectivo (B1).



Pantalla de Diagnóstico del Drive del HMI del Sistema de Pruebas

9.- Pantalla de configuración

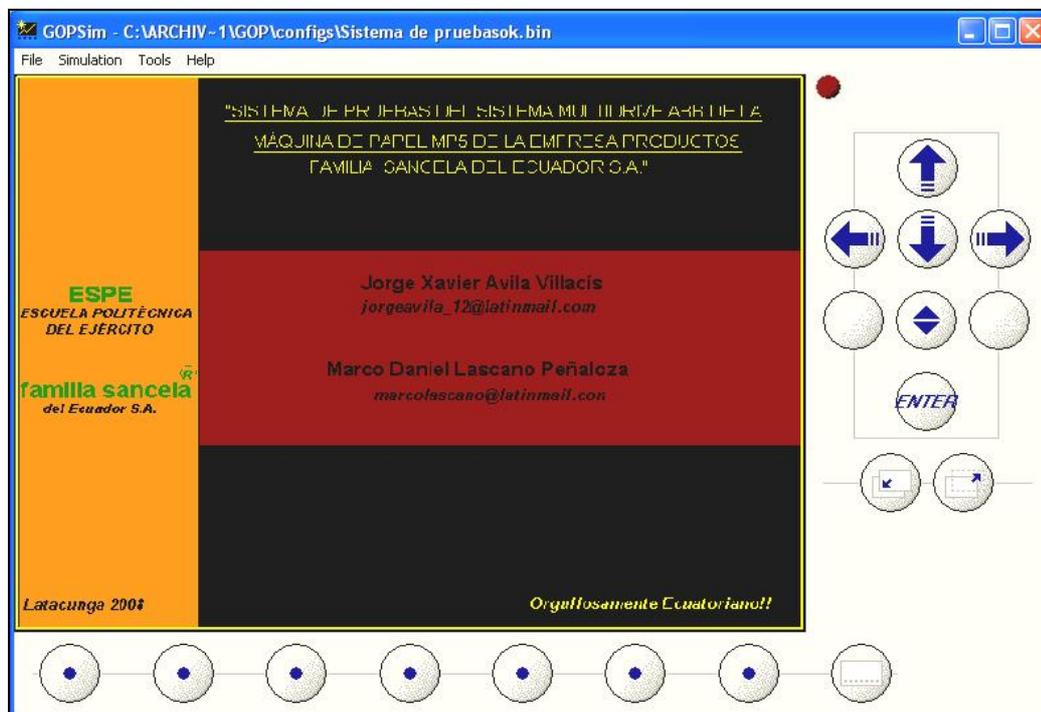
Desde esta pantalla se puede cambiar parámetros de nivel de brillo y tiempo de espera del protector de pantalla. Con los botones de navegación se puede desplazar sobre el menú con (B9, B11) y acceder a cambiar el valor de cualquiera de estos dos parámetros, pulsando los botones (B13, B15) y pulsando sobre el botón guardar cambios (B1) para aceptar el nuevo valor en el panel.



Pantalla de Configuración del HMI del Sistema de Pruebas

10.- Pantalla de autores

En esta pantalla se visualiza el nombre del proyecto implementado para la empresa Productos Familia Sancela S.A. y el nombre de los autores que diseñaron e implementaron el sistema de pruebas.



Página de Autores del HMI del Sistema de Pruebas

11.- Informativo de fallas y soluciones generales

MENSAJES DE FALLA DEL INVERSOR		
Alarma/Falla	Causa	Solución
CH0 COM LOSS 9.02FW_2 bit 12	Comunicación fallida detectada en el canal CH0. (programación en el PLC, parámetro 70.04 del inversor)	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el tramo de fibra óptica entre el PLC/NDBU-95 y el canal CH0 del inversor. - Revisar la dirección del nodo, si es correcta en la programación.
ENCODER ERR 9.02 FW_3 bit 5 9.04 AW_1 bit 5	Falla detectada en la velocidad medida. Por los cables de conexión, tiempo de comunicación con el encoder. (programable para falla/ alarma parámetro 50.05 del inversor)	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los valores del grupo 50 de parámetros - Revisar las conexiones de los canales del encoder canal A, B. - Verificar la velocidad del parámetro 1.03 SPEED MEASURED, en caso de error, cambiar a la velocidad interna actual 1.02 MOTOR SPEED. - Revisar el canal CH1 de la RDC0-01 de la unidad de control del inversor. - Revisar el módulo del codificador de impulsos NTAC-02. - Revisar el encoder.

MENSAJES DE FALLA DEL INVERSOR		
Alarma/Falla	Causa	Solución
PPCC LINK 9.02 FW_2 bit 11	Comunicación no detectada entre la parte de potencia y la unidad de control del inversor.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar las conexiones de fibra óptica entre la parte de potencia y la unidad de control del inversor del canal PPCC_LINK. - Cambiar la unidad de control del inversor RDCU/RMIO.
RUN DISABLD 9.02 FW_2 bit 4	Entrada digital desactivada de la RDCU DI2=0.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la habilitación de la entrada digital de la RDCU DI2 en el inversor.
START INH HW 9.06 FW_3 bit 1	Llave de seguridad del inversor desactivada.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la muletilla de la llave de seguridad del inversor. - Revisar el estado de las entradas digitales en el parámetro 8.05 DI STATUS WORD.
EM STOP 9.04 AW_1 bit 1	Paro de emergencia activado	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el pulsador del para o de emergencia. - Revisar la palabra de control MAIN CONTROL WORD parámetro 7.01.
PANEL LOST 9.05 AW_2 bit 13	Control local del panel CDP-312 o Drivewindow.	<ul style="list-style-type: none"> - Retorne el tipo de control a externo (PLC AC80) - Revisar el conector del panel de control.
ENCODER ERR 9.06 FW_3 bit 10	Fase incorrecta del encoder en los terminales A,B.	<ul style="list-style-type: none"> - Intercambiar la conexión de los canales de encoder A, B.
DC UNDERVOLT 9.02 FW_2 bit 2	Voltaje intermedio en el bus de DC no es suficiente. Problema en el puente de diodos del rectificador.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los fusibles de la fuente y inversor - Revisar la entrada digital DI2, en el inversor.

NOTA: Para determinar un estado de falla y alarma debe ser usado el DriveWindow, ya que el mismo detalla en forma específica la palabra y el bit de falla, lo cuál ayudará a tomar el correctivo necesario por medio del manual del inversor donde se detallan las causas y posibles soluciones del imprevisto.

ANEXO F

Manual de Procedimientos de Acciones Correctivas de Programación
y Parámetros en el Software de Aplicación

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ACCIONES
CORRECTIVAS DE PROGRAMACIÓN Y PARÁMETROS
EN EL SOFTWARE DE APLICACIÓN**

CONTENIDOS

1.- Descripción general.....	F-2
2.- Manejo del software del controlador lógico programable AC80.....	F-3
3.- Procedimiento para cargar el respaldo en el PLC AC80.....	F-16
4.- Procedimiento para cargar el firmware en el PLC AC80.....	F-23
5.- Manejo del software DriveWindow de los accionamientos ACS600.....	F-25

1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

El software destinado para la programación del autómatas AC80, llamado Application Builder es una herramienta que permite crear, editar y configurar un programa de aplicación para los autómatas de la familia ABB. El software diseñado para la puesta en servicio y el mantenimiento de accionamientos de ABB de gama alta se denomina DriveWindow. El software de programación para el panel de operador diseñado por ABB es el conocido como GOPTool.

El software Application Builder posee las siguientes herramientas informáticas:

- Function Chart Builder.- Software para el diseño de un programa de aplicación para el PLC.
- Bus Configuration Builder.- Herramienta utilizada para la configuración del bus de comunicación que utilizará el autómatas programable.
- On-line Builder.- Haerramienta informática del Aplication Builder que permite la comunicación en línea con el PLC.

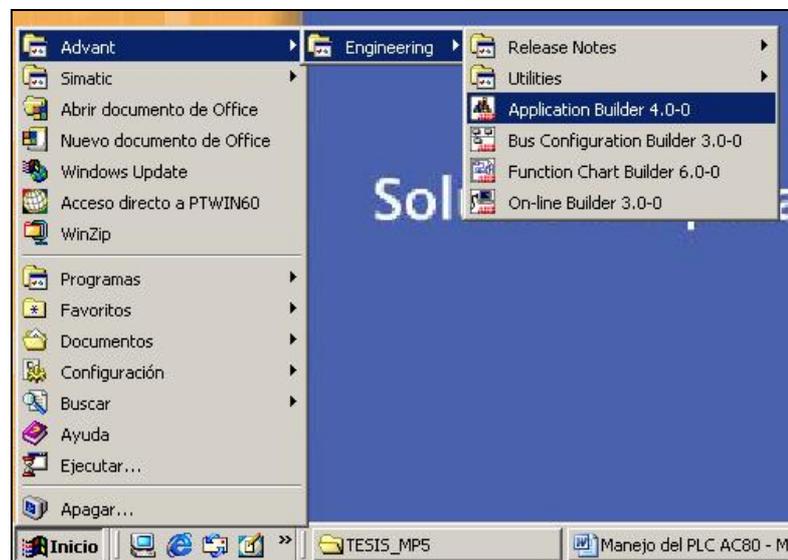
En Drive Window se realiza configuraciones para la comunicación a través del DriveBus, así como también se especifican los parámetros de lectura y escritura que se manejarán desde el PLC.

El software GOPTool fue diseñado para la configuración del hardware y para la programación de paneles gráficos de la serie GOP.

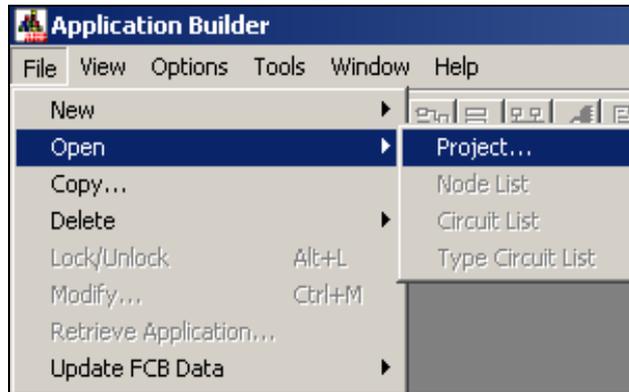
2.- MANEJO DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE AC80

a. Procedimiento para cargar el respaldo en el PLC AC80

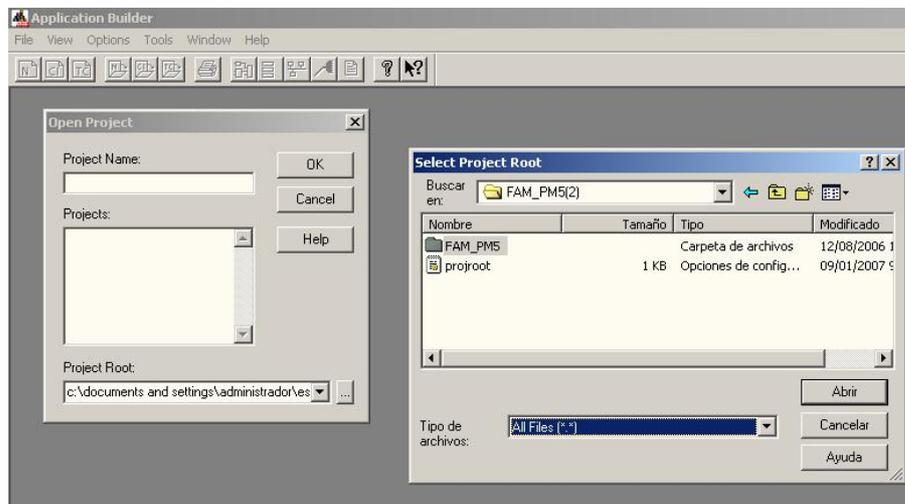
Seleccionar en la barra de tareas el menú: Inicio, Advant Engineering y Application Builderm 4.0 para crear, editar y configurar un proyecto de aplicación para la familia de controladores Advant Controller.



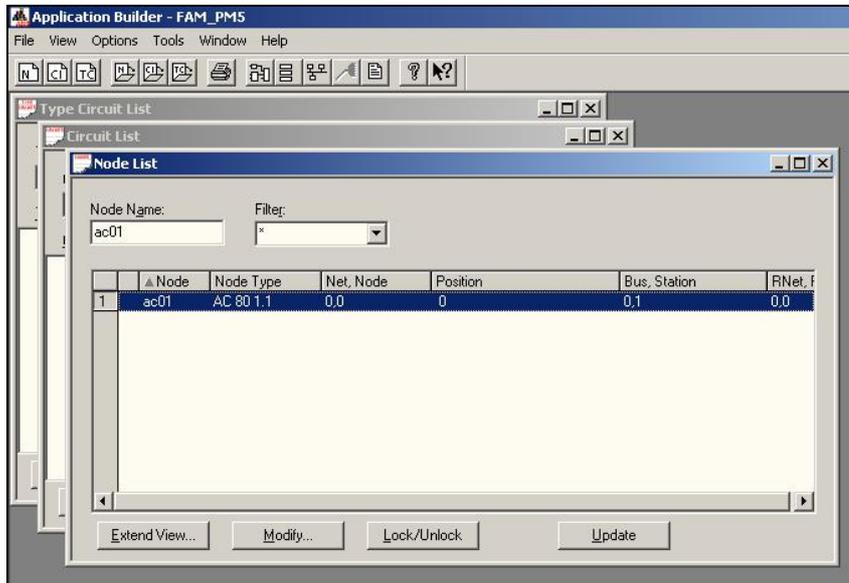
Una vez ejecutado el Application Builder 4.0, se selecciona en su barra de menú: File, Open y Project.



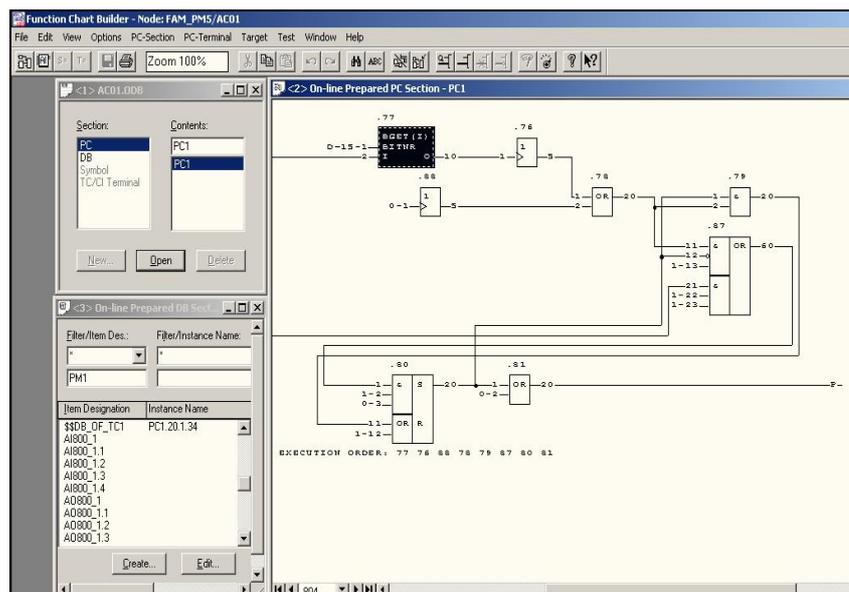
Se visualiza entonces una ventana titulada Open Project, que indica la unidad de almacenamiento y el directorio en que se encuentra el programa de respaldo del PLC. Caso contrario, se ingresa a Project Root, para buscar el programa en otra carpeta y finalmente se escoge la opción Abrir.



Ya abierto el archivo se ejecutará la identificación del nodo que se encuentra creado.



Para abrir la ventana de programación del nodo, se sitúa sobre el nodo a editar asignando doble clic al mismo, de esta manera se carga la aplicación del programa en una nueva ventana del Function Chart Builder, con el nombre del nodo y la carpeta en la que reside el programa a editar.

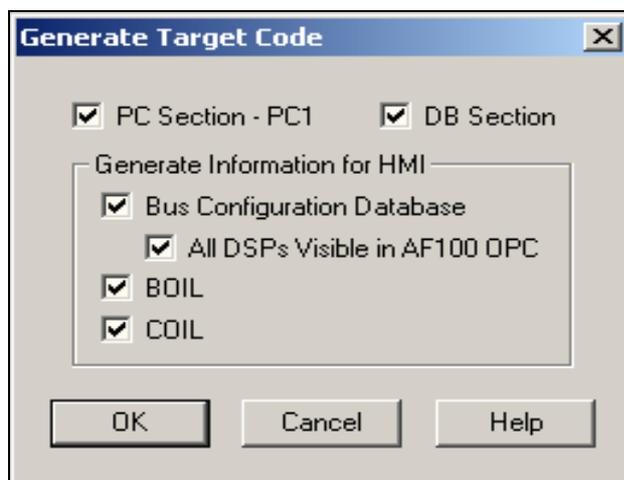


Para realizar cualquier modificación en el programa, se recomienda utilizar el manual de programación de los PC elements y del PLC, en los que se detallan las propiedades de cada función.

No se deben realizar modificaciones en las funciones de usuario, sin el debido conocimiento acerca de la estructura y lenguaje de programación, que no se asemeja al lenguaje de programación utilizado por el Function Chart Builder. Una modificación inadecuada causa errores y no puede ser corregido debido a que sus parámetros son declarados desde otra instancia.

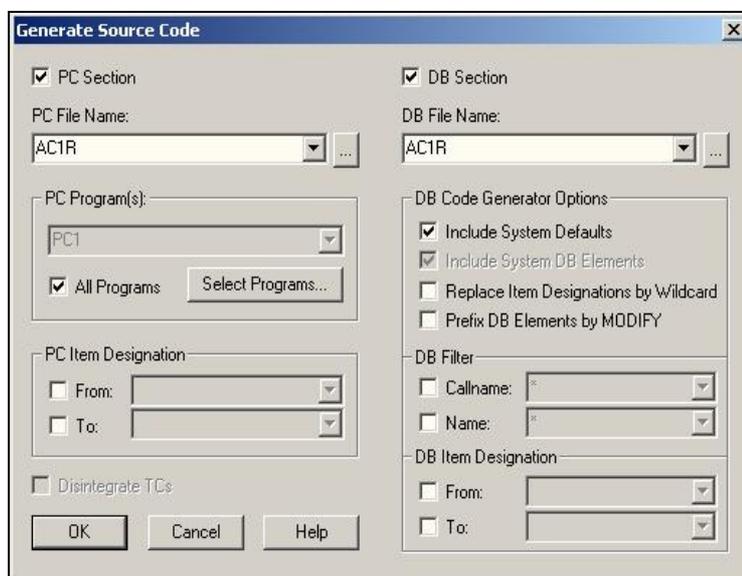
Una vez realizadas las modificaciones necesarias en los bloques de funciones de programación y en los DB's que identifican a los periféricos para la comunicación con el PLC, se guardan los cambios realizados.

Se ingresa al menú: File, Generate Target Code para compilar el programa, activando previamente todas las casillas de las secciones: PC Section y DB Section, en la ventana que se genera después de las acciones anteriores.

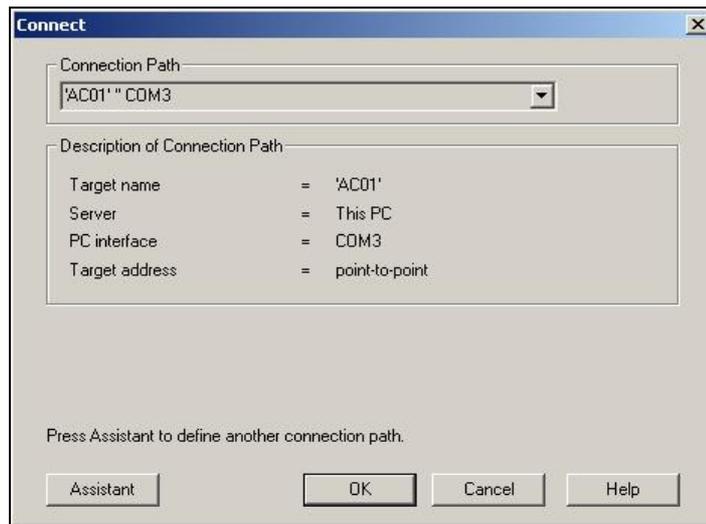


Una vez verificada la inexistencia de errores se genera el código fuente para el PLC, seleccionando en la barra de menú: File, Generate Source Code, dicha acción generará una ventana titulada: “Generate Source Code”, donde se asigna un nombre a los archivos PC File Name y DB File Name y se seleccionan: All Programs.

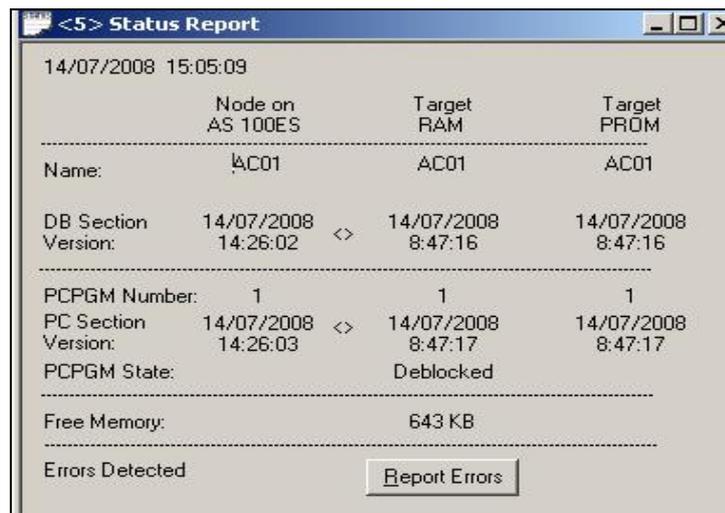
Para generar el código fuente de todo el programa se sigue la siguiente secuencia: dar un clic en el botón OK. En caso de visualizar una nueva ventana que indica que existe un nombre generado con anterioridad a los archivos PC y DB, se debe optar por sobrescribir los códigos del PLC.



Una vez finalizado la compilación y generación de archivos base el programa se encuentra listo para ser cargado en el PLC. En la barra de menú seleccionar la opción Target, para comunicarse con el PLC y se selecciona la opción connect para activar la comunicación. Previamente se debe configurar la conexión entre el computador y el PLC, luego de lo cual se pulsa sobre el botón OK para activar la comunicación, comprobando el enlace.

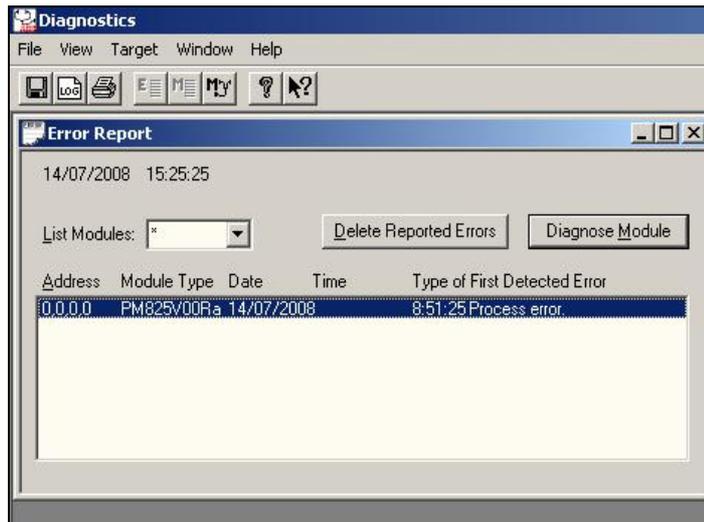


Una vez comprobada la comunicación entre ambos dispositivos, se visualiza una ventana denominada: Status Report, donde se indica la hora y fecha cuando fue cargado el último programa en el PLC, el programa que reside en la memoria volátil y el programa que se encuentra en la memoria no volátil del autómata.



Luego de la verificación de esta información, se deben borrar los mensajes de error, pulsando en el botón Report Errors. El cual muestra una lista de errores que

deben ser borrados individualmente pulsando sobre el botón Delete Reported Error.

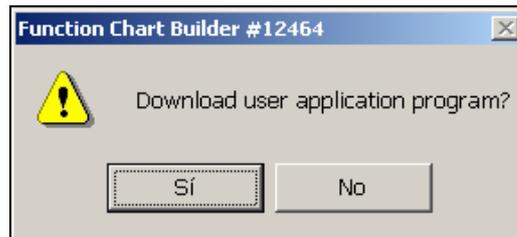


Dado que el PLC se encuentra listo ya, se procede a bloquear la CPU del PLC, para permitir cargar un nuevo programa. El procedimiento para cargar un programa en el autómata comienza bloqueando el programa de aplicación residente en el PLC desde la barra del menú Target, Block Program donde se visualiza una nueva ventana de confirmación (Block user application program?), seleccione con las teclas sobre el botón Sí y acepte la opción, para bloquear la CPU.



Una vez bloqueado el PLC, el siguiente paso es descargar el programa en la memoria RAM del PLC, seleccionando en el mismo dominio, el submenú Load Application, seguidamente se visualiza una ventana de confirmación para cargar

la aplicación del programa (Download user application program?), seleccione con las teclas sobre el botón Si.



Luego de cargar el programa en la memoria RAM, se visualiza una ventana que permite activar el modo Online en el PLC. (Si/NO). Cuando se selecciona Si (activar el modo On line), se pueden realizar modificaciones en línea, monitorear, visualizar y editar el programa sin necesidad de cargar la aplicación consecutivamente. Para guardar cualquier cambio en este modo se pulsa sobre el icono Guardar y por último se compila y genera el código fuente del programa. El modo Online permanecerá activo hasta una próxima conexión con el PLC. Caso contrario no se permitirá el monitoreo y la edición del programa del PLC.



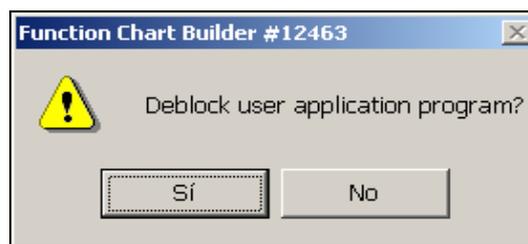
Guardar

El siguiente paso para cargar el programa de aplicación en el autómata es grabarlo en la memoria PROM del PLC, seleccionando: Target, Save in PROM, seguidamente se visualiza una ventana de confirmación para cargar la aplicación del programa (Save application in target system PROM?), seleccione con las teclas sobre el botón Si para guardar la aplicación en la memoria no volátil del PLC.

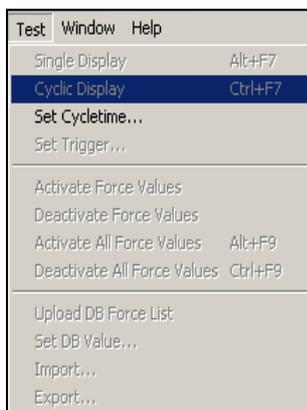


Finalizado el procedimiento para cargar el programa de aplicación en cada memoria del autómata, se procede a desbloquear la CPU, para su operación normal, en el menú Target, Desblock Program, seguidamente se visualiza una ventana de confirmación (Deblock user application program?) seleccionar con las teclas en el botón Si.

Para comprobar que se ha cargado un nuevo programa en el autómata, se verifica en el submenú en la ventana de Error Report, si los cuatro pasos usados para cargar un programa en el PLC coinciden en su descripción en hora y fecha, quiere decir que la descarga ha sido exitosa.



Para visualizar los valores de un terminal de programación, se debe activar en el menú Test, Cyclic Display.



Una señal puede ser monitoreada seleccionando una línea de conexión en la que deseamos observar su valor y lo activamos con la ayuda del botón Display value. El monitoreo de un terminal se comprueba si sobre el mismo se sitúa un asterisco.



Display value

En caso de realizar modificaciones en el programa del PLC, se debe primero desactivar el monitoreo de las variables o terminales y desactivar el estado de visualización accediendo al menú: Display value, Test/Stop Display.

Terminadas todas las acciones definidas por el programador se debe abandonar la comunicación con el PLC, seleccionando en el menú Target, Disconnect. En el caso de no realizar ningún cambio en el software de aplicación, elegir la opción NO en el mensaje que aparece al final de dicha acción.



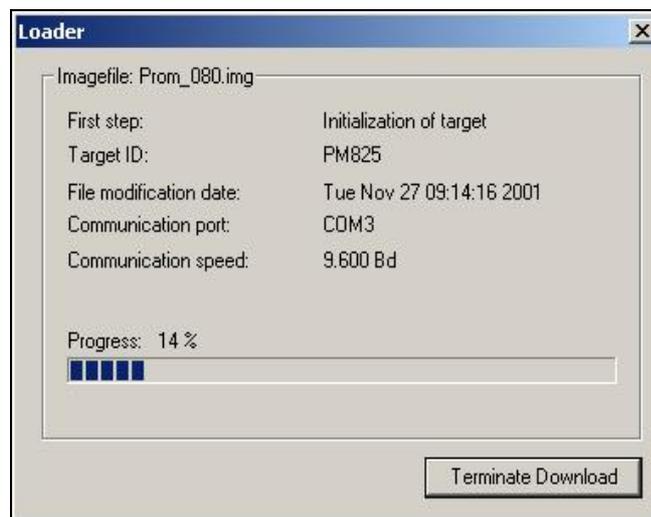
b. Procedimiento para cargar el firmware en el PLC AC80

EL AC80 posee dos programas de firmware, los mismos que deberán ser cargados si debido a un manejo incorrecto del PLC o a su estado de operación son borrados. El firmware contiene el software base de: los parámetros/librerías y programas que permanecen en el AC80.

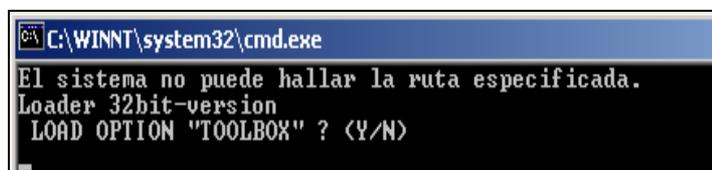
Para cargar el firmware del AC80, se conecta el puerto serial de la computadora al puerto de servicio Ch1 del PLC. Se localiza la carpeta LOAD80 y dentro de la misma se ejecuta el archivo llamado Setup, seguidamente se visualiza una ventana y pulsamos el botón Download.



A continuación se empieza a cargar el firmware con el nombre del archivo Prog: Prog_080 y finalizada la descarga, pulsar en el botón Exit program para salir.



Las opciones de programa son librerías para la comunicación del PLC con el panel de operador (GOP), por lo que se deben cargar dichas opciones de programa, conectando desde el puerto serial de la computadora al puerto de servicio Ch1 del PLC. Una vez realizadas las conexiones pertinentes se busca la carpeta OPTIONS y dentro de la misma se ejecuta el archive de nombre: "Setup". En el proceso se despliega una ventana con los nombres: ToolBox, APC element, Emb modbus, Event, en cada una de estas escribir la opción Y.



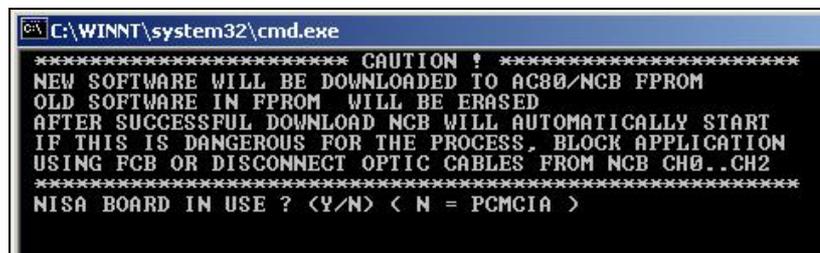
Seguidamente se visualiza una ventana de confirmación de cada opción y pulsamos el botón Download para cargar las opciones de programa al autómeta.



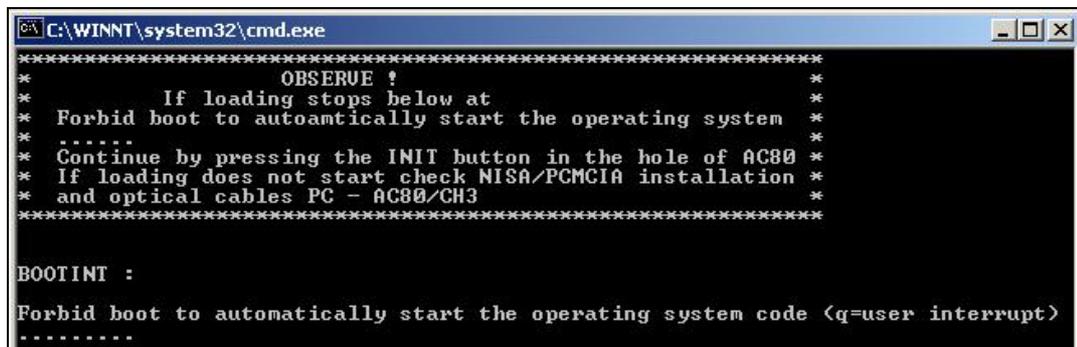
La tarjeta NCB del PLC, permite la comunicación vía fibra óptica para comunicarse con distintos periféricos y dispositivos mediante el protocolo DDCS a través de fibra óptica. Esta tarjeta necesita también de un software base (firmware), el cuál contiene parámetros y librerías de comunicación.

Para cargar el software base del PLC se conecta un tramo de fibra óptica entre la tarjeta NDPA del computador y el autómeta. Seguidamente se localiza la carpeta 80sw110, dentro de la cual se debe ejecutar el acceso directo cuyo nombre es: LOADNCB.

Después se visualiza una ventana con base DOS donde se deben aceptar las configuraciones presionando en el teclado: “Y” .



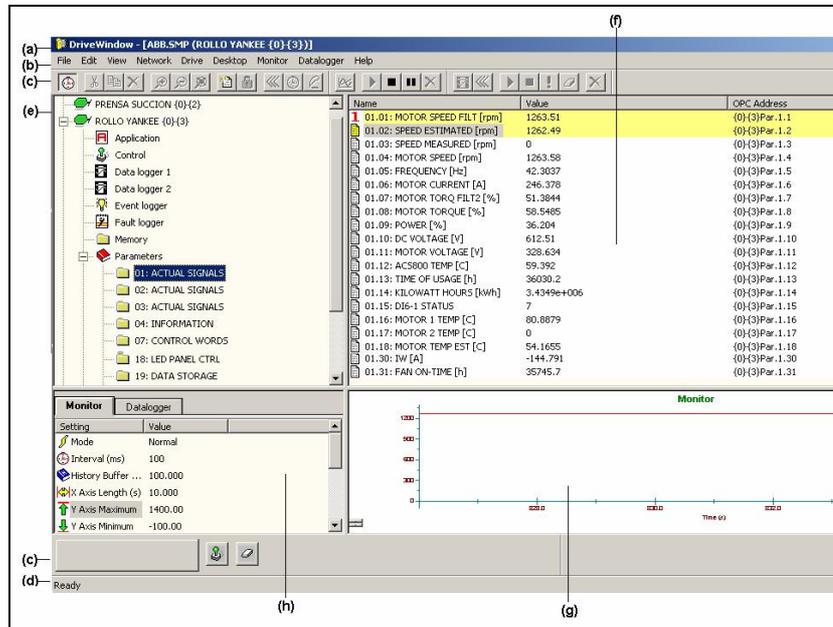
Después de presionar “Y” en las opciones que aparecen, se muestra una línea de diálogo la cual recomien presionar el botón INIT en el PLC AC80, para comenzar la descarga del firware en la tarjeta NCB.



```
C:\WINNT\system32\cmd.exe
*****
*                OBSERVE !                *
*   If loading stops below at             *
*   Forbid boot to autoamtically start the *
*   operating system                      *
*   *****                              *
*   Continue by pressing the INIT button  *
*   in the hole of AC80                   *
*   If loading does not start check NISA/ *
*   PCMCIA installation                    *
*   and optical cables PC - AC80/CH3     *
*****
BOOTINT :
Forbid boot to automatically start the operating system code <q=user interrupt>
*****
```

3.- MANEJO DEL SOFTWARE DRIVEWINDOW DE LOS ACCIONAMIENTOS ACS600

En la figura siguiente se observan y enumeran todos los elementos de la ventana principal y del entorno del software DriveWindow:



La interfaz de usuario del DriveWindow se compone de los elementos siguientes:

- a. Barra de título
- b. Barra de menú
- c. Barras de herramientas
- d. Barra de estado
- e. Panel de árbol de navegación
- f. Panel de conjuntos de elementos
- g. Panel de visualización de tendencia
- h. Panel de configuración de tendencia

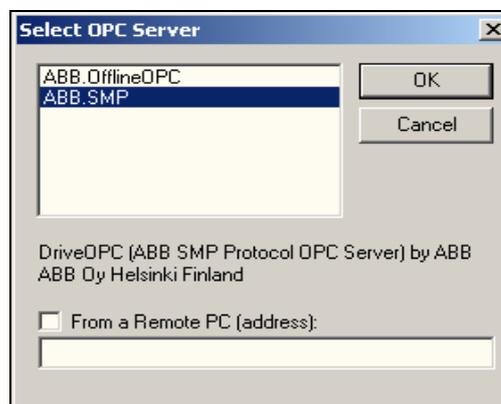
a. Procedimiento para obtener un respaldo del inversor

Abir Drive Windows, desde el icono destinado para su ejecución.

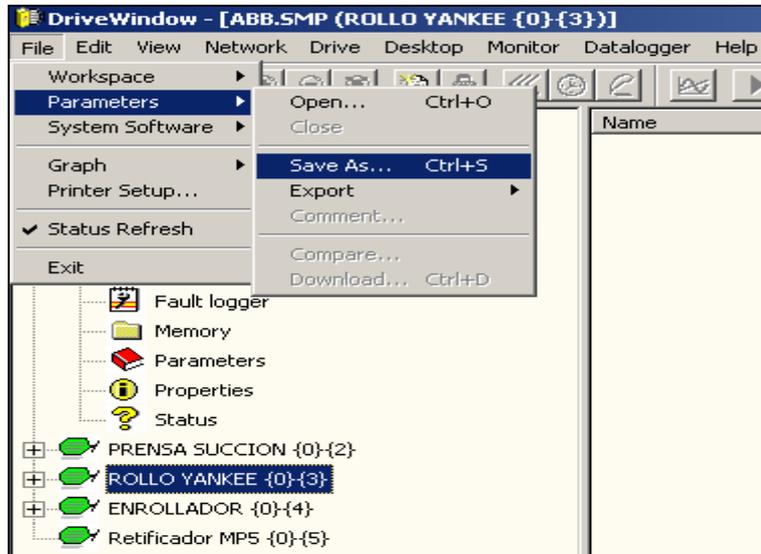


DriveWindow 2.10.Ink

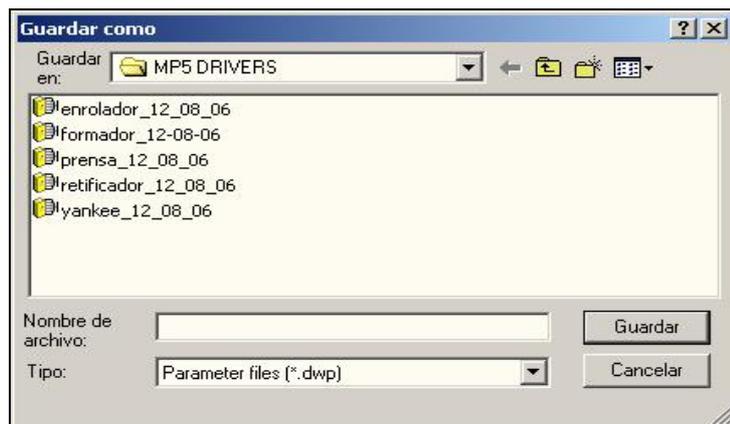
Seleccionar ABB.SMP en la ventana Select OPC Server y pulse OK, para activar el modo Online con los inversores, una vez verificada las conexiones del hardware.



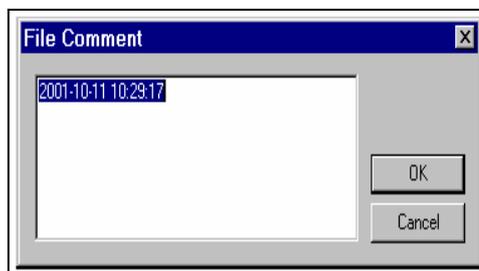
Una vez inicializado el software en el modo Online, en el árbol de navegación se selecciona el inversor utilizado. A continuación desde la barra de menú: File, Parameters, Save As, se puede guardar un respaldo de los parámetros en la memoria del computador.



Seguidamente aparece un cuadro de diálogo: “Guardar como”, donde se opta por la unidad de disco y el directorio en el que se guardará el archivo de respaldo de los parámetros.



Luego se presiona sobre el botón: “Guardar” y automáticamente se mostrará una ventana de título: “File Comment”. En el campo de edición se muestra un registro de fecha y hora actual y permite editar o añadir un comentario al archivo. Haga clic en OK (Aceptar). Para guardar.

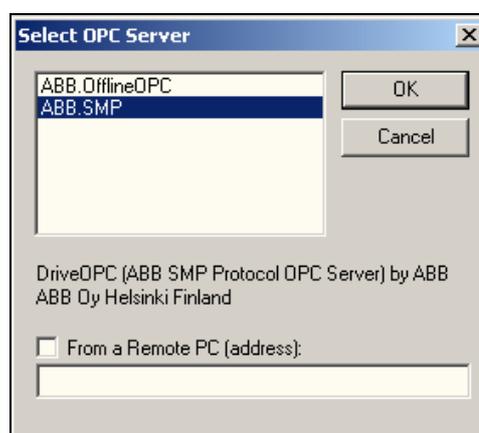


b. Procedimiento para descargar parámetros al inversor

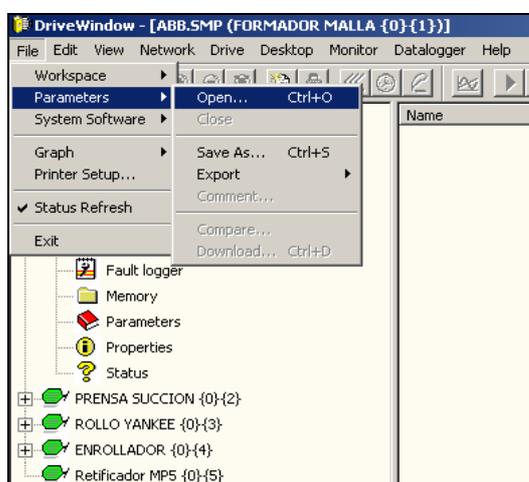
Abrir Drive Windows desde su icono destinado para ello..



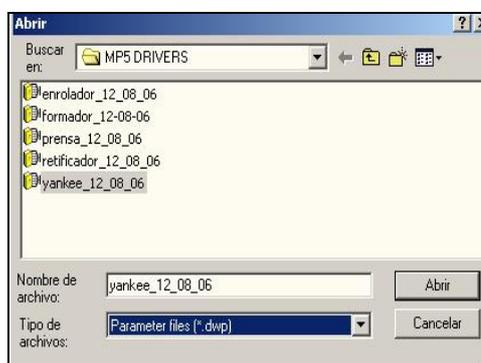
Seleccionar el OPC Server para entrar en el modo Online con el inversor, una vez verificadas las conexiones del hardware.



Escogemos en la barra de menú, la opción: File, Parameters y Open para seleccionar la ubicación y el directorio en que se encuentra el archivo de respaldo. Recuerde que por motivos de seguridad no puede descargar los parámetros de ningún accionamiento mientras esté tomado el control de alguno de ellos. Este procedimiento se lo realiza con el accionamiento detenido, debido a que la descarga de parámetros genera un tráfico en el bus de comunicación DDCS, por lo que para evitar posibles caídas en la comunicación se sigue la recomendación expuesta.



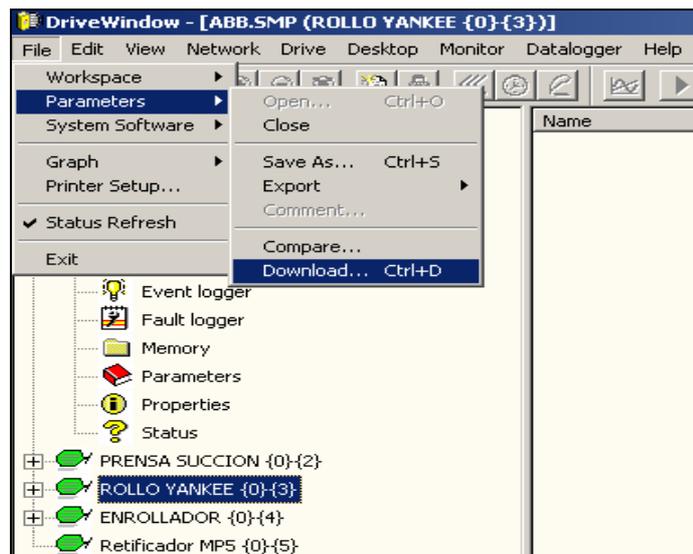
Haga clic en File, Parameters, Open. A continuación se explora en la ventana Abrir y seleccionamos el archivo respaldo que deseamos cargar en el inversor.



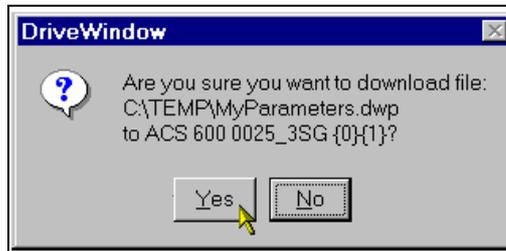
En la ventana de navegación donde se identifican los drives, seleccionamos el accionamiento deseado donde se cargará el archivo de respaldo.



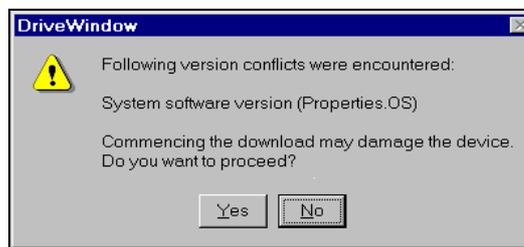
A continuación elegimos la opción File, Parameters, Download, para descargar los parámetros deseados.



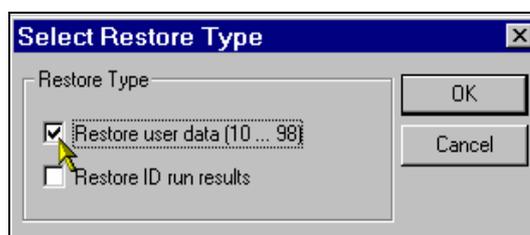
Una vez escogida la opción: "Download", DriveWindow solicita una confirmación. Haga clic en el botón Yes (Si).



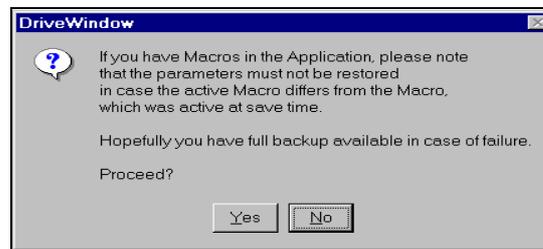
En este instante DriveWindow, comprueba la compatibilidad entre versiones del firmware, si se detecta cualquier diferencia en el área de propiedades, se advierte de la incompatibilidad entre versiones y permite cancelar la descarga respondiendo NO, mientras que en el botón Yes, permite descargar de parámetros.



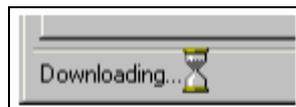
Si las versiones coinciden o si ha decidido continuar a pesar de los conflictos entre versiones, aparece un cuadro de diálogo “Select Restore Type” (Seleccionar tipo de restauración). Esta etapa es donde se decide descargar los parámetros de un respaldo, los parámetros de resultado de un ciclo ID, o ambos. A continuación seleccionamos que tipos de parámetros se desean cargar.



Recuerde que si el archivo de parámetros no contiene todos los parámetros de resultados de ciclo ID (es posible que usted haya eliminado algunos de ellos), la casilla de verificación correspondiente aparece desactivada. Tras indicar su selección haga clic en el botón OK (Aceptar). También tiene la opción de cancelar la descarga haciendo clic en el botón Cancel (Cancelar). Por último, se solicita una confirmación



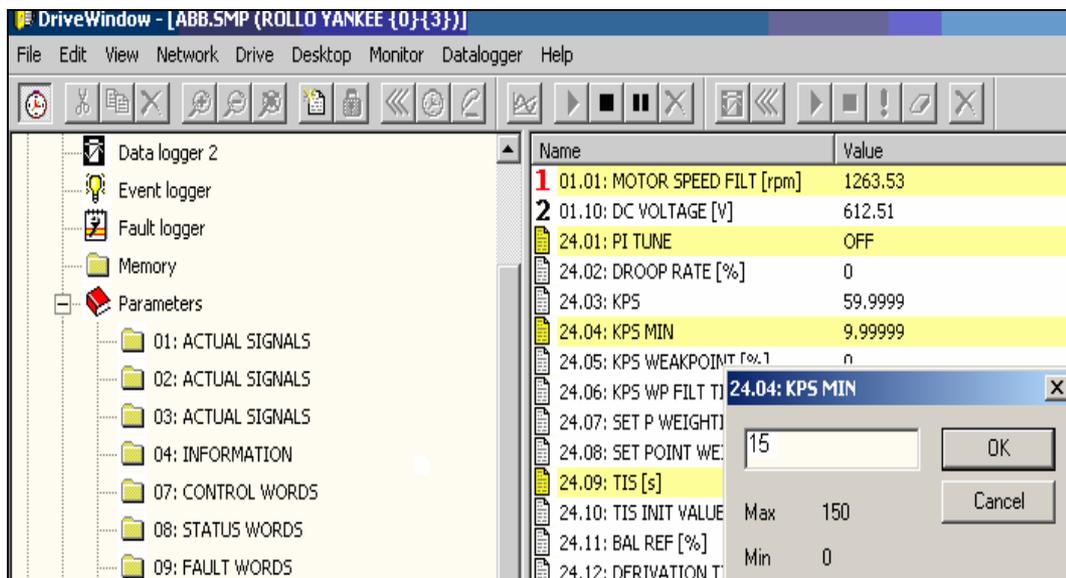
Haga clic en Yes (Sí) para continuar o en No para cancelar la descarga. La descarga de los parámetros requiere cierto tiempo. El cursor cambia a un reloj de arena y la barra de estado le informa de la descarga.



4.- MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS EN MODO ONLINE DE UN INVERSOR

Se ingresa al software y se selecciona el OPC necesario para entrar en modo Online con el accionamiento.

Elegir el inversor. Escoger el grupo de parámetros de acuerdo, a las modificaciones predefinidas por el usuario, ejecutar doble clic sobre el parámetro a modificar. Determinar su nuevo valor y aceptar el valor actual en el botón OK, en caso de no realizar ninguna modificación en un parámetro dar un clic en cancelar.



Una vez pulsado el botón OK, cambiará el valor del parámetro, y se guardará dicha modificación automáticamente en la memoria no volátil de la unidad de control del inversor. Finalizados los cambios necesarios, cerrar DriveWindow.

Cuando los accionamientos están en operación normal y controlados en forma remota por el autómatas AC80, como es el caso del Sistema Multidrive ACS600, y se desea monitorear o realizar cambios en línea, se prohíbe tomar el control de los accionamientos pulsando sobre el botón “Take/Release control”, esto ocasionaría perder el control del PLC AC80, deteniendo el funcionamiento de la máquina de papel MP5.



Take/Release control

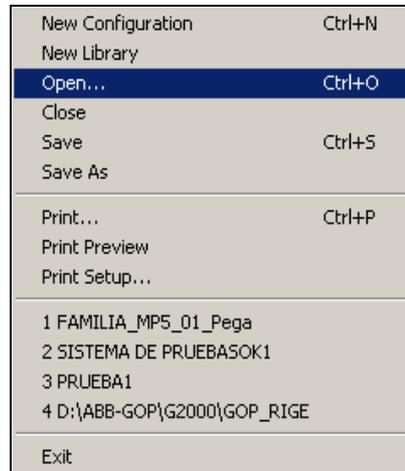
5.- MANEJO DEL SOFTWARE GOPTOOL PARA PANELES GRÁFICOS DE LA SERIE GOP

c. Procedimiento para cargar un respaldo en el panel de operador

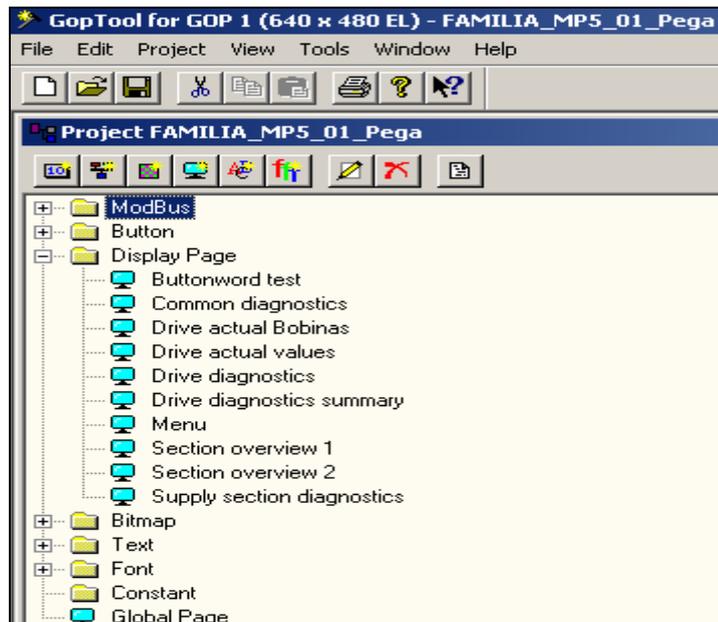
Acceder al directorio desde el cuál se pueda ejecutar el programa GOPTool.



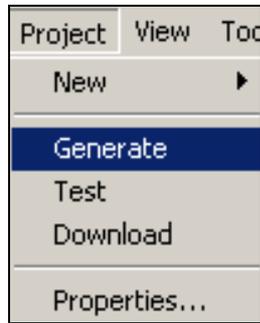
Una vez abierta la pantalla de programación, ir a la barra de menú: File, Open. A continuación se abre el archivo de respaldo, en la unidad y directorio localizado.



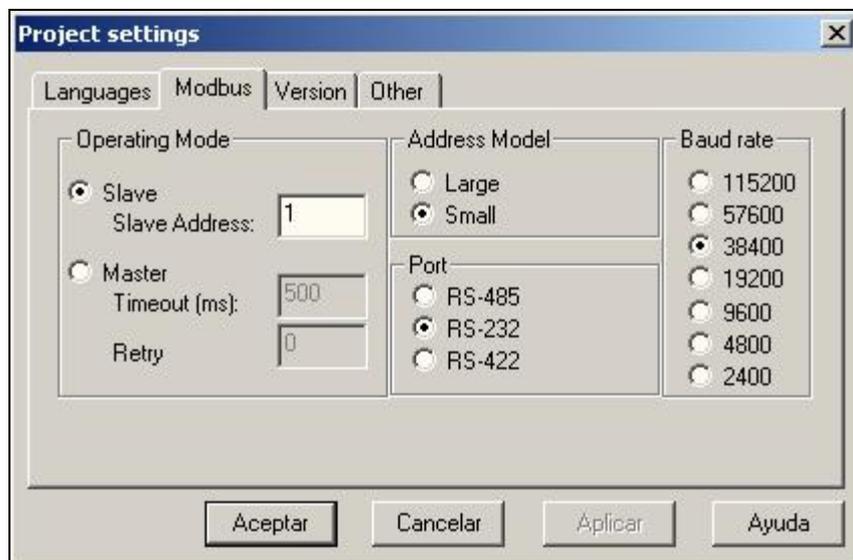
Una vez abierto el archivo de respaldo, se procede a realizar cambios en el mismo si es necesario.



Para comprobar que no existan errores en los cambios realizados en el programa, se debe compilar el mismo. Desde la barra de menú se sigue la siguiente secuencia: Project, Generate. De esta manera se observan los mensajes de error en caso de existir y se toman los correctivos necesarios.



Cumplida la revisión de errores, se procede a configurar la comunicación del panel, desde la barra de menú: Project, Properties.



Después de haber seguido el procedimiento anterior se conecta el cable serial entre el PC y el panel de operador. Se reinicia el OP desconectando y reanudando su alimentación. Mientras la pantalla inicia se mantiene presionado el botón F1 de la misma. Cumplido este procedimiento aparece el entorno mostrado a continuación:



La información presentada en esta pantalla refiere a los datos de fecha y hora cuando se descargo tanto el firmware, como la última aplicación y configuración en el OP.

En el GOPTool se ingresa al menú: Project, Download donde se visualizará dentro de la ventana GOPLoad la misma información que la mostrada en la pantalla de descarga antes descrita. A continuación se accede al botón Load

Una vez activada la descarga se visualiza una barra, tanto en la ventana GOPLoad como en el OP, que se colorea de acuerdo al avance de la descarga. Finalmente en la ventana de descarga del GOPTool, se acciona el botón Restart panel, para abandonar la comunicación y reiniciar la GOP.