



TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero en Automática

Autor

Yasser Faguaga Cabrera

Tutor

MSc. José Antonio Pullés Boudet

Noviembre, 2023



**UNIVERSIDAD
DE ORIENTE**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática**

TRABAJO DE DIPLOMA

Título

Propuesta de Automatización para el Sistema de Presurización de los cables en La Empresa de Telecomunicaciones S.A. en Santiago de Cuba.

Autor

Yasser Faguaga Cabrera

Tutor

MSc. José Antonio Pullés Boudet

Noviembre, 2023



Hago constar que el presente Trabajo de Diploma fue realizado en la Universidad de Oriente como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Yasser Faguaga Cabrera

Nombre y firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Yasser Faguaga Cabrera

Nombre y firma del autor

MSc. José Antonio Pullés Boudet

Nombre y firma del Tutor

29.11.2023

Fecha

Ing. Ksenia Arias Granda

Nombre y firma del Jefe de Carrera

29.11.2023

Fecha

MSc. Luisa Villafruela Loperena

Nombre y firma del Jefe de Departamento

29.11.2023

Fecha

Dedicatoria

A todos mis familiares y amigos por brindarme su apoyo y confianza en todo momento y en especial a mi madre por su ejemplo y entrega.

Los quiero mucho.

Agradecimientos

A mi madre, mi esposa y mi hermana, que en todo momento ha estado conmigo, han sido un apoyo fundamental en el transcurso de mi carrera universitaria, gracias a ellas he llegado a donde estoy. Por darme las herramientas necesarias para mi completo desarrollo como profesional.

A mi profesor y tutor agradezco su disposición de haber guiado desde un principio esta investigación, por sus sugerencias y alcances.

A mis amigos, por su gran entrega y paciencia.

Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas

ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.
NiDA	Adquisición de Datos Nicotra (Nicotra Data Acquisition).
MATLAB	Entorno de programación destinado al cálculo científico e ingenieril (MATrix LABoratory), y hace referencia a la facilidad del manejo de matrices dentro del lenguaje de programación.
RTU	Unidades terminales remotas.
UA	Unidades de Adquisición.
GRAF CET	Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones.
PLC	Controlador Lógico Programable.
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos.
HMI	Interfaz Humano Máquina.
TP	Transductores de presión.
MINIDAS	Dispositivo de Adquisición de Datos.
SAD	Dispositivo de Adquisición de Datos.
MDF	Panel de Distribución Principal.
TCP	Protocolo de control de transmisión.
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet.
RTU	Unidad Terminal Remota.

Listado de imágenes

<i>Figura 1. Esquema de un cable presurizado.</i>	7
<i>Figura 2. Esquema general de un sistema de presurización.</i>	10
<i>Figura 3. Compresor de aire</i>	12
<i>Figura 4. Ejemplo 1 de representación en GRAFCET.</i>	18
<i>Figura 5. Ejemplo 2 de representación en Grafcet.</i>	19
<i>Figura 6. Variedad de PLC de diferentes fabricantes.</i>	22
<i>Figura 7. Diagrama Funcional de un SCADA.</i>	29
<i>Figura 8. Estructura actual del sistema de Presurización.</i>	37
<i>Figura 9. Vista externa Transductor de Presión CS 10.</i>	38
<i>Figura 10. Vista externa del Sensor de flujo (3202.30/XXX).</i>	39
<i>Figura 11. Diagrama de conexión y dimensiones.</i>	39
<i>Figura 12. Vista externa del Sensor de Temperatura del fluido PT-100.</i>	40
<i>Figura 13. Vista externa Válvula Solenoide GEM-A 2 Vías.</i>	41
<i>Figura 14. Vista externa PLC M241.</i>	42
<i>Figura 15. Vista externa del Módulo de Salidas Digitales TM3DQ8RG.</i>	45
<i>Figura 16. Vista externa del Módulo de E/A TM3AI8.</i>	45
<i>Figura 17. Vista externa del HMIGTO 2300</i>	47
<i>Figura 18. Vista externa Secador de aire 2500.</i>	48
<i>Figura 19. Arquitectura del Sistema propuesto.</i>	50
<i>Figura 20. Ventana de trabajo del Software SoMachine-4.3.0.0.</i>	52
<i>Figura 21. GRAFCET del Algoritmo principal de funcionamiento de la propuesta.</i>	53

Listado de tablas.

<i>Tabla 1. Características del Controlador Lógico Programable M241</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2. Características Técnicas del Módulo de ampliación TM3DQ8RG.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 3. Características Técnicas del Módulo de ampliación TM3A18G.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 4. Entradas digitales.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 5. Salidas Digitales.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 6. Entradas Analógicas</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 7. Costo material de la propuesta</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 8. Costo mano de obra de la propuesta</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 9. Costo Total de la propuesta.....</i>	<i>57</i>

Resumen

La presurización de cables telefónicos constituye hoy el método más utilizado para preservar los parámetros eléctricos de los pares conductores, su implementación debe ser complementada con métodos apropiados de monitoreo y gestión en tiempo real. En los últimos años el sistema de gestión de la presurización en ETECSA ha presentado inestabilidad, no cuenta con un sistema que permita controlar el enclavamiento de los equipos desde la central y mandar alarmas de cada equipo en tiempo real, por tal motivo se realizó una investigación con el objetivo de proponer desarrollar un sistema automatizado para la gestión y detección a tiempo de alarmas críticas de presurización en cables de cobre y muestreo de dicho proceso en tiempo real. Para ello se diseña un sistema de Automatización utilizando autómatas programables. Dicho sistema permite controlar y gestionar valores en tiempo real, permitiendo detectar alarmas críticas y puntos de fuga presente en una ruta neumática específica.

Palabras claves: *Presurización de cables telefónicos. Autómatas programables, Sistema de Automatización y monitoreo de sistemas.*

Abstract

The pressurization of telephone lines constitutes today the most used method to preserve the electrical parameters of the conductive pairs, its implementation must be complemented with appropriate monitoring and management methods in real time. In recent years, the pressurization management system at ETECSA has presented instability; it does not have a system that allows controlling the interlocking of the equipment from the central office and sending alarms for each piece of equipment in real time. For this reason, an investigation was carried out with the objective of proposing to develop an automated system for the management and timely detection of critical pressurization alarms in copper cables and sampling of said process in real time. For this, a Automation system is designed using programmable controllers. This system allows you to control and manage values in real time, allowing you to detect critical alarms and leak points present in a specific pneumatic route.

Key words: *Pressurization of telephone cables. Programmable automata, Automation Systems I and monitoring of systems.*

Contenidos

Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas	I
Listado de imágenes	II
Listado de tablas.	III
Resumen.....	IV
<i>Abstract</i>	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL	4
1.1. Sistemas de Presurización. Generalidades.	4
1.1.1. Objetivos y ventajas de la presurización.	6
1.1.2. Equipos de alimentación de gas y presurización del cable.	7
1.1.3. Componentes de un sistema de presurización.	10
1.2. Sistemas de monitoreo y gestión de la presurización.	15
1.2.1. Transductores.	16
1.2.2. Unidades de Adquisición de Datos.	17
1.2.3. Unidad Central de Procesamiento.	17
1.3. Representación de Procesos Secuenciales. Metodología GRAFCET.	18
1.3.1. Los tres niveles del GRAFCET	19
1.3.2. GRAFCET parciales y globales.	20
1.4. Autómatas Programables (PLC).....	20
1.4.1. Características.	21
1.4.2. Estructura interna.	22
1.4.3. Clasificación	22
1.4.4. Lenguaje de Programación.	24
1.5. Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) e Interfaz Humano Máquina (HMI).	26
1.5.1. Comunicación Industrial y Redes	33
1.5.2. Protocolos de comunicación:	34
Conclusiones Parciales	36
CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	37
2.1. Descripción actual del proceso.....	37
2.2. Propuesta de Instrumentación (Hardware).	38
2.2.1 Sensores.....	38
Sensor de presión estándar CS 10.....	38

Sensor de flujo modelo 3202.30/XXX.....	39
Sensor de temperatura PT 100.	40
2.2.2. Actuadores. Válvulas Solenoides.....	41
Características Generales.....	41
2.2.3. Controlador.....	41
Autómata Programables M241.....	41
Módulo de Salidas Digitales TM3DQ8RG.....	44
Módulo de Entradas Analógicas TM3AI8G.....	45
2.2.3. Interface Hombre Máquina HMI GTO2300.....	46
2.2.4. Unidad Compresora.....	48
2.2.5. Esquemas Eléctricos. Arquitectura de la propuesta.....	50
2.3. Propuesta del Software.....	50
2.3.1. Software para la programación del Controlador.....	50
2.2.2. Algoritmos de Trabajo para la programación del Controlador.....	53
2.4. Impacto de la propuesta.....	55
2.4.1. Valoración Económica.....	56
2.4.2. Impacto Medioambiental.....	57
Conclusiones Parciales.....	58
CONCLUSIONES GENERALES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	62

INTRODUCCIÓN.

Todas las redes de telecomunicaciones soterradas están expuestas a daños provocados por agentes externos como el agua o sustancias química corrosivas, es necesaria una técnica que permita su protección. Hasta ahora la técnica más efectiva es la presurización. Esto consiste en la inyección de aire seco en el interior de las corazas. Los primeros métodos consistían en la utilización de balones con aire seco o nitrógeno.

En la actualidad ETECSA cuenta con un sistema de presurizadores obsoleto y no fiable. Por esta razón se propone la utilización de un Autómata Programable que permita monitorear y controlar los equipos de presurización, para así mejorar la calidad de los procesos de inyección de aire seco.

Uno de los procesos importantes a monitorear es el estado de alarmas críticas del sistema de presurización, que son los encargados monitorear e informar diferentes anomalías ocurridas en el sistema. El proceso de monitoreo tiene que ser continuo para la detección de posibles fallas y lograr una pronta solución. Un mal funcionamiento del mismo genera averías, deterioro en las líneas soterradas y aumento del costo en mantenimientos correctivos.

Para el desarrollo de esta propuesta se aplicó la metodología secuencial ya que permite trabajar cada fase del proceso de forma consecutiva, y permite que cada etapa del proceso no se inicie hasta que no se concluye la anterior. Primeramente, se enmarcó en el control del sistema de presurización, y sustitución de aditamentos obsoletos. Se propone diseñar un sistema capaz de detectar he informar fallas críticas ocurridas en el equipo de presurización. Mejorar la transmisión y recepción de datos del proceso.

El desarrollo de este proyecto mejorará la calidad de los servicios que brindan en ETECSA, aumentando el tiempo de vida de las redes, un período de tiempo más extenso para el mantenimiento de las mismas. Permite optimizar procesos y monitoreo de fallas en tiempo real.

Problema: Alto consumo energético, averías en los circuitos, quejas de los abonados, baja calidad en las llamadas, interrupciones en la transmisión de

datos e inestabilidad del servicio telefónico de ETECSA Santiago, ocasionadas por el deterioro del estado técnico de los cables, provocado fundamentalmente por la falta de mantenimiento y solución de averías como consecuencia de la obsolescencia del sistema de presurización de procedencia italiana, además de faltar agregados y componentes necesarios para su mantenimiento.

Objeto: Sistema de Presurización de las redes de ETECSA Santiago.

Objetivo: Diseñar un Sistema de Automatización, que permita diagnosticar, gestionar y sustituir el sistema de presurización existente que garantice el estado técnico óptimo de los cables en las redes soterradas de ETECSA Santiago.

Campo de Acción: Sistema de Automatización utilizando Autómatas Programables.

Hipótesis: Si se diseña e implementa un sistema automatizado que sustituya el sistema existente, se mejorará el diagnóstico, la supervisión y gestión del mantenimiento y solución de averías en redes presurizadas, además se disminuirá el consumo energético y se aumentará la calidad de los servicios que brinda ETECSA sustituyendo importaciones.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio del sistema de presurización de los cables telefónicos.
2. Estudiar el sistema de monitoreo y gestión de la red de cables de cobre presurizados empleados en ETECSA Santiago.
3. Caracterizar los autómatas programables.
4. Diseñar el hardware y el software del controlador.
5. Redactar el informe.

El aporte de la investigación es el diseño de una propuesta de Automatización para el sistema de presurización de cables de la red de ETECSA en Santiago de Cuba.

Los métodos científicos empleados para desarrollar la investigación fueron:

1. La observación del proceso tecnológico de las instalaciones.
2. Técnicas empíricas.

3. Análisis de fuentes documentales.
4. Método de análisis y síntesis.
5. Entrevistas realizadas a personal calificado.
6. Métodos experimentales (diseño y programación).

El informe está estructurado de la siguiente manera: Introducción, dos capítulos, conclusiones generales, recomendaciones, bibliografía y 5 anexos.

En el Capítulo 1 se realizará una caracterización desde el punto de vista gnoseológico, histórico y actual del proceso de presurización de cables telefónicos, se analiza la tecnología actual que se utiliza en las redes de ETECSA en Santiago de Cuba, quedando establecido de esta forma el marco teórico referencial de la investigación.

En el Capítulo 2 se propone un sistema de Automatización basado en automatas programables. Se selecciona la instrumentación adecuada para el hardware y se propone el algoritmo de trabajo del sistema. Se valora económica y medioambientalmente la propuesta.

CAPITULO 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se realiza un análisis teórico de los sistemas de presurización, sus objetivos, ventajas y limitaciones. Además, se hace un estudio de conceptos necesarios para una correcta comprensión del tema, se refieren sus principales componentes y los sistemas de monitoreo y gestión de estas redes utilizados en Cuba. Esta investigación permite conocer el desarrollo de tecnologías de avanzadas utilizadas a nivel mundial.

1.1. Sistemas de Presurización. Generalidades.

La presurización de cables telefónicos fue instituida por primera vez en la década del 40 del siglo XX, con el fin de proteger los cables telefónicos de la entrada de humedad. [1] Hasta finales de los años 70 la mayoría de los cables presurizados eran supervisados por medio de llaves de presión instaladas a lo largo del cable a intervalos prefijados. Cuando la presión descendía por debajo de un cierto umbral, se enviaba una alarma a la central telefónica.

Al detectarse una alarma el personal de mantenimiento debía enfrentarse a las siguientes situaciones.

- Se suponía que la fuga debía encontrarse aproximadamente a la mitad de la distancia entre las llaves de presión anterior y posterior a la que resultase la alarma.
- Sin importar el momento el personal de mantenimiento debía partir a solucionar la falla.
- Se requerían de 3 a 4 días para reparar la avería.

Para lograr cambiar este modo de operación, comenzó la búsqueda de un sistema eficiente de monitoreo que detectara rápidamente cualquier anomalía e identificara precisamente y en tiempo la ubicación de la falla. Con el objetivo de proteger los cables telefónicos a partir de 1990 surgen los sistemas de monitoreo y gestión de la presurización, que basan su funcionamiento en la información ofrecida por transductores de presión instalados en los cables. El costo de una reparación cuando la falla en una coraza es localizada con precisión por un sistema de monitoreo y reparada antes de que los clientes sean afectados, comparado con el costo de reparación y el tiempo fuera de servicio si esta se

humedece y se interrumpe, puede calcularse en cientos de miles de pesos como resultado directo de la eliminación de emergencias.

Aunque desde 1994 se extendió el uso de la presurización a todas las provincias del país, no fue hasta el año 2001 que se logró introducir el sistema de monitoreo y gestión de la presurización NiDA 1.15 y luego NiDA 2 desde el 2009, en las Direcciones Territoriales de La Habana, Matanzas, Villa Clara, Cienfuegos, Camagüey, Holguín y Santiago de Cuba, quedando aun sin ser monitoreados el 48.5 % de los cables presurizados.

El sistema actual de monitoreo y gestión exige la presencia de costosas unidades de adquisición para la obtención de los valores de presión en las corazas. En muchos casos esto constituye una traba importante sobre todo en aquellas regiones pequeñas donde no es factible económicamente la instalación de una Unidad de Adquisición.

En Cuba el monitoreo y gestión de la red de cables presurizados se ha abordado en diferentes trabajos de investigación realizados en universidades y en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, siendo un tema no resuelto, la adquisición de los datos primarios. Para utilizar eficientemente el sistema instalado en ETECSA, el tema de la adquisición de datos primarios se aborda desde diversos enfoques:

Se diseña y construye por especialistas de ETECSA una tarjeta de control remoto cuya función es alimentar los transductores en el punto distante y transmitir la respuesta de los mismos hacia las UA (Unidades de Adquisición) instaladas en las Direcciones Territoriales antes mencionadas. Con esta variante se garantiza poder instalar transductores en cualquier lugar y adquirir sus lecturas desde una UA (Unidades de Adquisición) distante independientemente del canal de transmisión utilizado.

Otro acercamiento a la solución de esta problemática fue la Dirección Territorial de ETECSA de Camagüey, que consiste en utilizar una computadora para obtener las mediciones de presión de los transductores instalados. Esta solución se acerca más al funcionamiento de una unidad de adquisición. Se basa en una aplicación programada en MATLAB que a través de una interface con el par telefónico donde se encuentran instalados los transductores, obtiene las

frecuencias emitidas por los mismos y mostrando los valores de presiones equivalentes.

A lo largo de los años se ha difundido el uso de la presurización para abarcar otros tipos de transportadores de comunicación tales como: cable Fibra Óptica, Cable coaxial y guías de ondas.

1.1.1. Objetivos y ventajas de la presurización.

Presurizar un cable telefónico consiste en inyectar un gas seco a presión en su interior (Figura 1), con el propósito de mantener dentro del mismo, una presión superior a la atmosférica y/o hidráulica a la que está sometido, evitando la penetración de humedad o agua en caso de presentar una falla en su cubierta protectora, o en algún cierre de empalme. Idealmente lo que se persigue es mantener a lo largo del cable una presión constante y que el consumo de gas sea cero. [2]

La utilización de esta técnica en las empresas de telecomunicaciones ha demostrado que reduce la cantidad de averías en los circuitos, asegurando la continuidad del servicio y por consiguiente la disminución de las quejas de los abonados.

En muchas ocasiones el agua no logra introducirse por la cubierta de un cable. La humedad o vapor de agua contenido en el aire siempre penetra la cubierta al producirse succión capilar. La succión capilar es causada por los cambios de temperatura en el interior del cable.

El agua, con su alta constante dieléctrica altera la capacidad mutua entre pares y genera pérdidas dieléctricas que se incrementan conforme aumenta la frecuencia de la señal transmitida. El fenómeno de electrólisis estará presente acentuando el deterioro. Mientras más humedad se absorbe más se degrada el aislamiento eléctrico. [3]

La circulación de gas seco, permite el secado permanente del interior del cable, conservando así intactas las características de aislamiento de estos y su vida útil. De esta forma se conservan los parámetros eléctricos de los cables. La presurización evita la sustitución de secciones enteras de cables y tener que abrir sus cubiertas, posibilitando que la localización y reparación de fallas puedan

desarrollarse en el menor tiempo posible, mediante procedimientos sencillos, antes que los circuitos sufran interrupciones o se vea afectado el servicio.

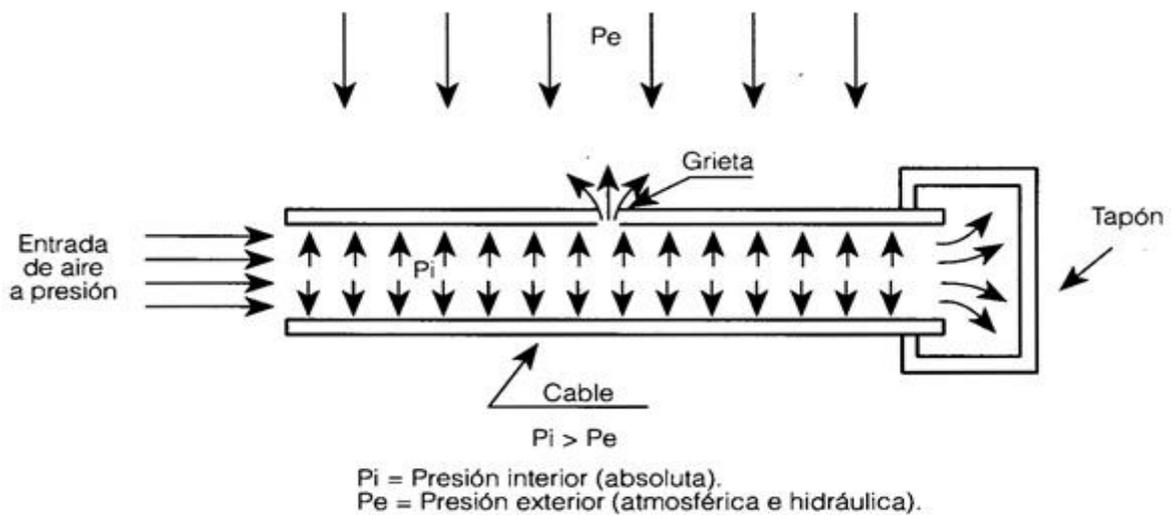


Figura 1. Esquema de un cable presurizado.

De esta forma aumenta la disponibilidad del sistema telefónico, con una sensible disminución en la interrupción del servicio y por consiguiente de la pérdida de ingresos por disminución del tráfico. [4]

Esta técnica logra una mejor organización de las labores de mantenimiento, enfocando la atención hacia las averías más urgentes. Las intervenciones correctivas relativas a fallas pequeñas, cuya dinámica no sea preocupante, pueden ser aplazadas. La presurización permite que las reparaciones se puedan programar en jornadas normales de trabajo y en épocas favorables.

La presurización contribuye a la reducción de los costos de mantenimiento y de los gastos de mano de obra en la atención al sistema.

1.1.2. Equipos de alimentación de gas y presurización del cable.

El equipo de alimentación del sistema está compuesto por un compresor, que, a través del panel de distribución, inyecta aire atmosférico comprimido a cada uno de los cables que salen de la central a la planta exterior, este aire se filtra y seca a una presión especificada entre 500 y 700 g/cm²) a cada uno de los cables que salen de la central a la planta exterior. La inyección de gas se realiza en la galería de cables por medio de una válvula colocada en la cubierta de cada

cable. Para convertir a los cables en cámaras neumáticas en sus extremos se les provee de sellos a fin de bloquear la salida del gas.

En este sistema de cables presurizados se instalan válvulas a lo largo del cable que posibilitan la toma de presiones de forma manual para los casos de tramos en los que no se disponga de transductores y que sirvan también para aproximar con más exactitud la ubicación de la fuga. Mediante manómetros digitales de precisión se puede medir en esas válvulas la presión interna del cable.

Si se hace necesario salvar un sello, de modo que el gas pase de una sección a otra, de un cable a otro o se desee impedir el escape de gas en un tramo que se esté interviniendo por reparación o renumeración del mismo, se dispone en estos puntos, de tubos de interconexión provistos de válvulas de paso (bypass).

Comúnmente se utilizan para mantener la presión interna de los cables gases como nitrógeno o el aire atmosférico. Estos gases deben estar exentos de polvo o aceite, por lo que se efectúa su filtrado.

Existen tres sistemas básicos de alimentación de aire:

1. Método de alimentación estático: consiste en la inyección de gas seco comprimido proveniente de cilindros neumáticos de nitrógeno.
2. Método clásico de flujo continuo: consiste en la inyección permanente y a presión constante de gas seco utilizando equipos compresores-secadores.
3. Método de flujo continuo por tubería de alimentación (gasoducto): inyección permanente de gas seco por tuberías instaladas paralelamente a los cables, utilizando equipos de distribución instalados a intervalos en toda la red.

El sistema de presurización más utilizado es el clásico de flujo continuo, pues no necesita un alto grado de hermeticidad de las corazas, permite ignorar fugas pequeñas y puede mantener la presión de protección mínima requerida. También se debe destacar que en las centrales telefónicas que tienen pocas corazas alimentadoras y que recorren cortas distancias fundamentalmente soterradas se utiliza actualmente el método de alimentación estático.

En la figura 2 se destaca la necesidad del uso del tapón de aire en determinada posición del cable presurizado. Este tapón es una masa constituida por un producto endurecible (generalmente resinas) inyectado en el espacio libre del cable para cerrar el paso del gas y se emplea para evitar que el aire que se encuentra dentro de una coraza se escape hacia la “forma” o hacia otro ramal u otra sección del propio cable, de acuerdo con los propósitos perseguidos.

- Los tapones de aire en los cables de plomos se hacen inyectándole a la coraza una mezcla de cera y pez rubia a alta temperatura, y su tamaño dependerá del tamaño de las corazas.
- Los tapones de aire en los cables de poly se hacen inyectándole a presión a la coraza resina.
- Epóxicas (una mezcla de resina y un catalizador) o poliuretano.

Los tapones se colocan en correspondencia con los empates y respecto al punto de alimentación neumática, debajo de éstos y siempre en posición horizontal. Cuando se realiza un empate entre cable plástico seco y cable relleno, el tapón se coloca antes del empate. La distancia del tapón desde el empate debe ser tal que permita la operatividad en caso de posible re acceso al empate.

La confección de los tapones se realiza de acuerdo con las indicaciones del fabricante de los componentes, por lo tanto, no se le hace referencia en esta fase. Todavía se recomienda prestar una particular atención a la realización de la equipotencialidad de la armadura y de la pantalla para evitar accidentes laborales.

Mantener un cable presurizado no evita que se produzcan averías en los circuitos como consecuencia de daños importantes en las cubiertas de los cables.

Los cables y accesorios que se presurizan deben resistir la presión interna máxima prevista. Cuando por desperfectos la presión existente dentro de una coraza presurizada cae por debajo de la existente en el exterior se revierte el proceso y se absorbe el agua.

Para la aplicación de este sistema, en la red no pueden existir empalmes no presurizables o bloqueados con parafina u otro material que impida la libre circulación del gas.

Su implementación debe ser complementada con métodos apropiados de monitoreo que incluyan la medición precisa de la presión y flujo de gas y que permitan localizar y reparar las fugas antes que el servicio pueda ser afectado. La distancia entre el punto de inyección y el punto más alejado de la red debe limitarse, de modo que se garantice la protección a todo lo largo del cable y en caso de fuga la presión no descienda por debajo de lo previsto sin que se accione el dispositivo de alarma.

Se debe velar porque los equipos de deshidratación de aire no bajen su rendimiento, o el aire inyectado tendría un alto contenido de humedad. [2]

1.1.3. Componentes de un sistema de presurización.

Un sistema de presurización (Figura 2) aplicado en una central telefónica, está formado por componentes internos y externos. Los componentes internos, ubicados en la central, forman parte del sistema de suministro de gas (aire); entre ellos se encuentran una fuente de alimentación de gas seco, un panel de distribución con sus medidores de flujo de gas, las tuberías de conexión y el sistema de alimentación al cable, integrado por válvulas y conectores. Los componentes externos, se encuentran fuera de la central; son accesorios de presurización que forman parte del sistema; entre ellos se encuentran las mangas termo contraíbles, mangas mecánicas y los tapones.

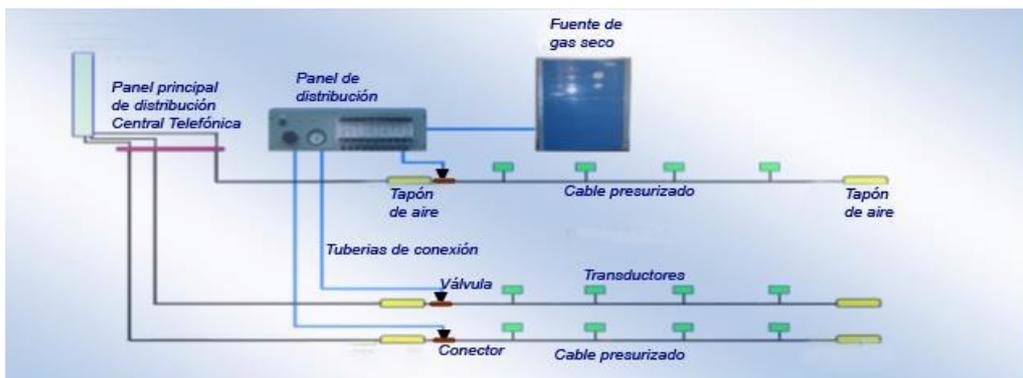


Figura 2. Esquema general de un sistema de presurización.

Fuente de alimentación.

Existen tres métodos fundamentales para el suministro de gas seco a los cables presurizados de las redes de telecomunicaciones:

- Método de alimentación estática: consiste en la inyección de gas seco comprimido (nitrógeno) proveniente de cilindros neumáticos.
- Método de flujo continuo: consiste en la inyección permanente y a presión constante de gas seco (aire).
- Método de flujo continuo por tuberías: consiste en la inyección permanente de gas seco (aire) por medio de tuberías instaladas paralelamente a los cables.

Para los dos métodos de alimentación de flujo continuo la fuente de alimentación de gas seco es un compresor, cuya función incluye filtrar, comprimir y extraer la humedad al aire del ambiente que será inyectado a los cables presurizados como gas seco (Figura 3).

El compresor debe ser capaz de sustituir el volumen de gas que haya escapado de la red de cable bajo presión, mantener los valores de presión especificada en todos los cables de la red, poder alimentar la red de cable aun cuando se realicen ampliaciones y suministrar la cantidad suficiente de gas a una sección cualquiera de la red, de forma tal, que en caso de ocurrir una fuga la presión garantice protección [1]. De forma general este tiene las funciones siguientes:

- Sustituir el volumen de gas que haya escapado de la red de cable bajo presión.
- Mantener los valores de presión especificada en todos los cables de la red.
- Suministrar la cantidad suficiente de gas a una sección cualquiera de la red de forma tal que en caso de fuga importante la presión garantice protección.
- Alimentar la red de cable una vez realizadas ampliaciones previstas.

El método de flujo continuo es el más utilizado, porque no necesita un alto grado de hermeticidad de las corazas, permite ignorar fugas pequeñas y puede mantener la presión de protección mínima requerida. [2]

Características fundamentales de los compresores – secadores.

Para asegurar un suministro eficaz de aire seco el compresor- secador deberá contar con características y dispositivos de seguridad que se mencionan a continuación:

- La humedad relativa del aire de salida no deberá ser superior al 5% en las condiciones ambientales de inyección.
- Sistema sensor de humedad que active un dispositivo de alarma o interrumpa el funcionamiento del compresor cuando el aire suministrado presente una condición de sequedad mayor a la permitida.
- Sistema sensor de valor de presión regulable, que active una alarma cuando la presión de salida sobrepase ciertos límites máximos o mínimos establecidos.
- Sistema automático que desvíe el aire húmedo hacia la atmósfera evitando así su inyección en los cables.
- Sistema de conexión automática de cilindro auxiliar que actúe cuando se produzca el suministro incorrecto de aire húmedo o cuando el equipo deje de entregar gas por falta mecánica o falta de energía eléctrica.
- La presión de salida debe ser regulable.
- Dispondrá de la facilidad para probar rápidamente si el circuito detector de humedad esta funcionando satisfactoriamente.
- Estará equipado con un filtro recambiable que impida el paso de aceite o vapor de aceite desde la unidad compresora.



Figura 3. Compresor de aire

Panel de distribución

El panel de distribución o panel de flujo se utiliza para distribuir y monitorear el aire, procedente de la fuente de alimentación, a cada uno de los cables presurizados

El panel cuenta con instrumentos básicos, que permiten analizar y determinar las condiciones de funcionamiento de la red presurizada: un contador de volumen, encargado de registrar el volumen total de gas suministrado por la fuente y un medidor de flujo o rotámetro, que mide el flujo de gas que se suministra a cada cable. [2]. Los paneles pueden tener 5, 10 o 20 salidas, según la cantidad de cables a presurizar (Figura 4).

Hay varios modelos de paneles de distribución entre los que se pueden mencionar:

- Con metro contador de gas solamente.
- Sin metro contador de gas. Sin metro contador de gas, pero con transductor de flujo.
- Sin metro contador de gas, pero con transductor de flujo, manómetro y regulador.

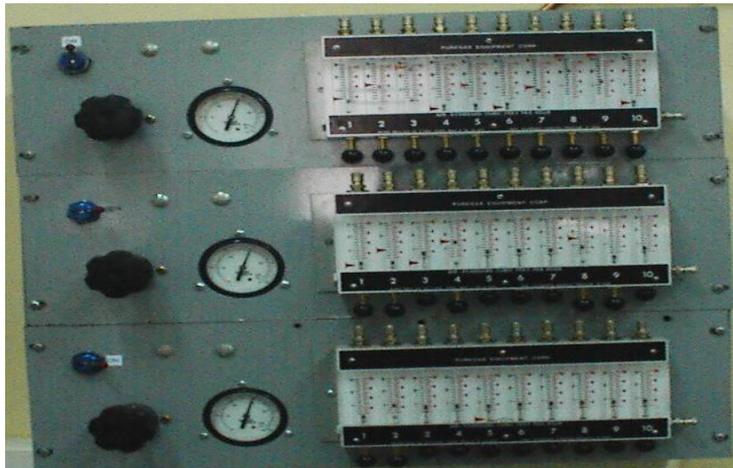


Figura 4. Panel de Distribución.

Existen modernos paneles de flujo con tecnología digital, de menores dimensiones y que pueden ser encuestados directamente por la red telefónica conmutada o a través de una conexión ethernet por los sistemas de monitoreo de la presurización. [1]

Las funciones básicas que tiene un panel de distribución se pueden resumir en los aspectos siguientes:

- Distribuir ente los distintos cables el aire procedente del compresor-secador.
- Medir el flujo de aire que se suministra a cada cable o grupo de cables, a fin de determinar cuando es necesario cuando es necesario realizar reparaciones en los cables.
- Medir el volumen total de aire suministrado en los cables.
- Proporcionar un conjunto de instrumentos de medición, ubicados en forma central, a fin de que resulten de fácil accesibilidad para medir y registrar las condiciones de la red de la planta externa.

Instrumentos básicos de los paneles de distribución

Los paneles de distribución en su estructura poseen dos instrumentos básicos para realizar sus funciones:

- Contador de volumen: registra el control de volumen total de aire suministrado por el compresor. La lectura viene dada en CF (pies³), medidos a la presión de inyección.
- Medidor de flujo (rotámetro o caudalímetro): su función es medir constantemente el aire que se suministra a cada cable. Los rotámetros son las unidades individuales de medición y control del flujo de los cables y cada uno está previsto de una llave de paso de modo que, si se desea, se corta la alimentación de aire a un cable determinado.

Es por ello que, para seleccionar el tipo de panel de distribución a utilizar en una red de cables presurizada, independientemente del modelo, es necesario determinar el número de rotámetros que se necesitan para distribuir aire a una cantidad de cables determinada y por tanto esto daría la cantidad de paneles a utilizar en el diseño del sistema.

Es por ello que se debe conocer con exactitud la cantidad de corazas a presurizar y las perspectivas futuras de ampliación de la red de cables existentes.

Siempre es importante recordar que el propósito de la presurización es proteger los cables de la humedad en condiciones normales y en emergencia, por lo tanto, se debe asegurar que en el punto de alimentación exista la presión y los flujos más altos posibles, por lo tanto, se deben reducir todas las restricciones entre el compresor y el punto de alimentación y además se debe obtener una caída de presión mínima entre el compresor y el punto de inyección.

Otros componentes del sistema de presurización.

En la Figura 5 se aprecian otros componentes del sistema de presurización; como la válvula de alimentación, la tubería que conecta el panel de distribución a dicha válvula, los conectores que permiten acoplar las válvulas a las corzas de los cables presurizados y los tapones de aire que se emplean para evitar que el aire que se encuentra dentro de las corzas se escape.

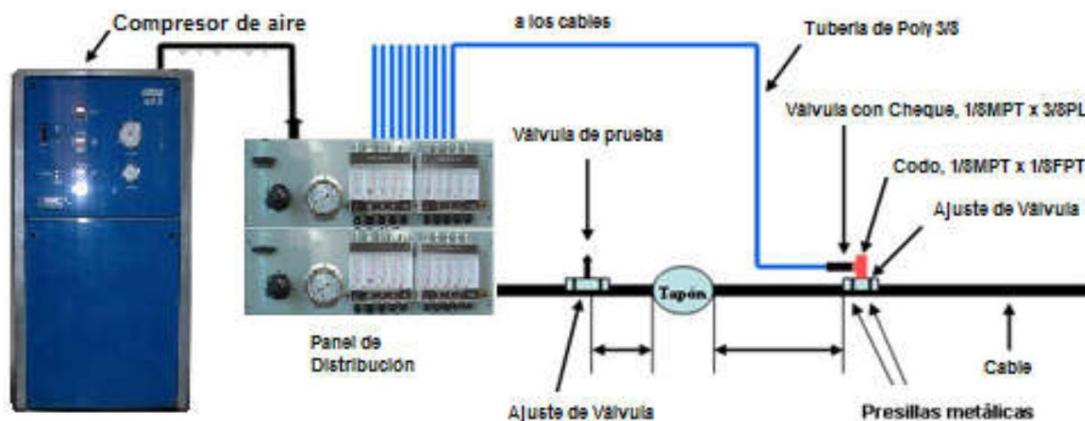


Figura 5. Esquema general del sistema de presurización.

1.2. Sistemas de monitoreo y gestión de la presurización.

Un sistema de presurización debe ser complementado con métodos apropiados de gestión que permitan monitorear el funcionamiento del sistema en tiempo real, conocer las mediciones precisas de la presión y el flujo de gas en los cables y detectar anomalías en las cubiertas de las corzas que pudieran ser fuente de fugas. Los sistemas de monitoreo y gestión de la presurización son los encargados de supervisar y controlar constantemente la red presurizada, también son denominados sistemas de supervisión por tele medición.

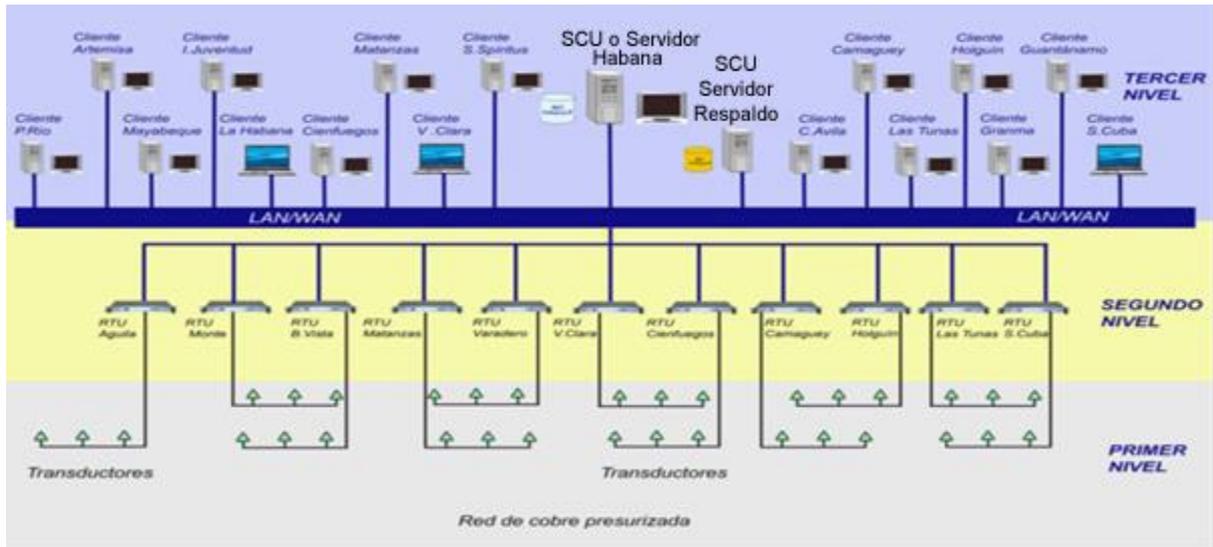


Figura 5. Topología de un Sistema de monitoreo y gestión de la presurización.

La inversión de cualquier tipo de sistema de monitorización tiene un valor inicial alto, pero sus resultados son sustanciales a mediano plazo. La realización del mantenimiento preventivo genera altos beneficios, evitando la sustitución de secciones enteras de cables y las pérdidas consecuentes a la interrupción del servicio. Estudios realizados demuestran que el costo de mantenimiento preventivo, como promedio, es de un tercio del costo de mantenimiento correctivo debido a los ahorros continuados [5].

Estos sistemas basan su funcionamiento en tres niveles fundamentales:

- Nivel 1 Transductores.
- Nivel 2 Unidades de Adquisición de Datos.
- Nivel 3 Unidad Central de Procesamiento.

1.2.1. Transductores.

Un transductor es un dispositivo al que se le aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida; esta energía de salida suele ser diferente al tipo de energía de entrada. Debido a la facilidad con la que se transmite y amplifica la energía eléctrica, los transductores más utilizados son los que convierten otras formas de energía como calor, luz o sonido; en energía eléctrica [6].

Los transductores de presión (TP) son dispositivos electrónicos que transforman la magnitud física de presión en una magnitud eléctrica. Para el monitoreo de las redes presurizadas de telecomunicaciones los transductores de presión más

utilizados son aquellos que convierten la magnitud de presión en una señal de corriente eléctrica modulada por un tono de audio, cuya frecuencia tiene una determinada relación de conversión Presión/ Frecuencia, por ejemplo: 1 mbar = 1 Hz. Esta selección se debe, en lo fundamental, a las características de las señales que normalmente se transmiten por estas redes de telecomunicaciones y a las distancias a que son instalados los transductores.

Los transductores son instalados convenientemente en registros, lugares de fácil acceso, en empalmes donde existan cambios de calibre, derivaciones o ramificaciones del cable telefónico, en el comienzo y terminación de los cables. Se colocan a distancias que garanticen el cálculo del punto de fuga [7].

1.2.2. Unidades de Adquisición de Datos.

Las Unidades terminales remotas (RTU) del sistema de gestión de la presurización alimenta e interroga los transductores utilizando una rutina cíclica y recibe sus respuestas en frecuencia, almacena y controla los valores recibidos comparándolos con umbrales programados, verificando si existe alguna condición de alarma. Si esta condición se manifiesta, la unidad efectúa una transmisión de hacia la unidad central de procesamiento, además interactúa con esta, para recibir los parámetros programados en ella [8].

1.2.3. Unidad Central de Procesamiento.

Es una estación de trabajo con un software capaz de realizar las funciones de programación y visualización de la arquitectura de la red de cables presurizados, interroga periódicamente o por pedido del operador a la unidad de adquisición asignada, para mantener un conocimiento permanente del estado del sistema y verificar su correcto funcionamiento, localiza puntos de fuga utilizando gráficas y almacena eventos para análisis estadísticos.

En las versiones más avanzadas de monitorización de la presurización existen cuatro niveles, de manera que el tercer nivel se encarga de la supervisión regional y el cuarto nivel de la supervisión de los niveles regionales, de la redundancia de datos, de la carga de trabajo distribuida y del respaldo ante el fallo de una unidad de procesamiento del tercer nivel [7].

1.3. Representación de Procesos Secuenciales. Metodología GRAFCET.

El Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones (GRAFCET) nació en el año 1977 en un grupo de trabajo de la AFCET (*Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique*) Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica creado en el año 1975. En el mes de junio del año 1982 se crea la norma francesa UTE NF C 03-190 (*Diagramme fonctionnel "GRAFCET" pour la description des systèmes logiques de commande*).

La creación del GRAFCET fue necesaria, entre otros motivos, por las dificultades que comportaba la descripción de automatismos con varias etapas simultáneas utilizando el lenguaje normal. Dificultades similares aparecen al intentar hacer esta descripción con diagramas de flujo o usando los lenguajes informáticos de uso habitual. En el año 1988, el GRAFCET es reconocido por una norma internacional, la IEC-848 (*Preparation of function charts for control systems, Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control*) con los nombres Function Chart, Diagramme fonctionnel o Diagrama funcional. La norma IEC no reconoce el nombre GRAFCET porque las traducciones pueden dar lugar a ambigüedades.

Un GRAFCET es una sucesión de etapas. Cada etapa tiene sus acciones asociadas de forma que cuando aquella etapa está activa se realizan las correspondientes acciones; pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no está activa.

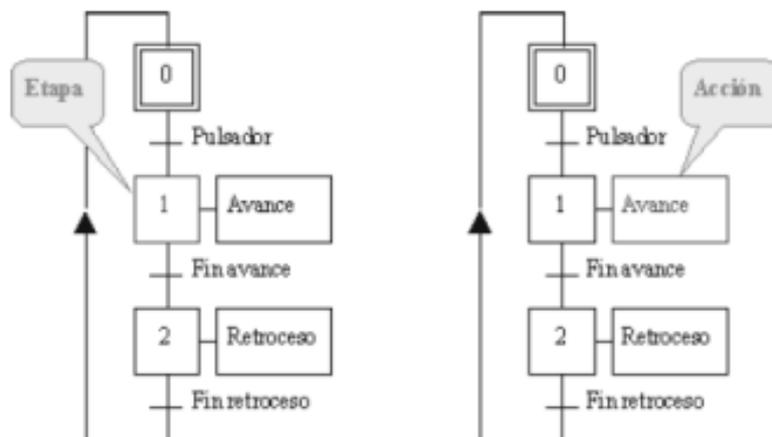


Figura 4. Ejemplo 1 de representación en GRAFCET.

Entre dos etapas hay una transición. A cada transición le corresponde una receptividad, es decir una condición que se ha de cumplir para poder pasar la transición. Una transición es válida cuando la etapa inmediatamente anterior a ella está activa. Cuando una transición es válida y su receptividad asociada se cumple se dice que la transición es franqueable.

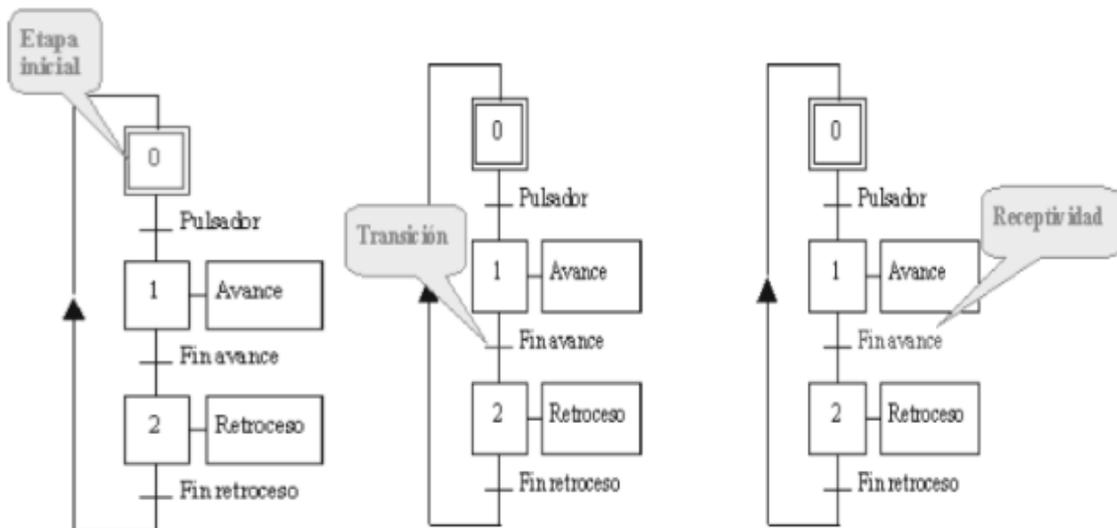


Figura 5. Ejemplo 2 de representación en Grafcet.

Al franquear una transición se desactivan sus etapas anteriores y se activan las posteriores. Las etapas iniciales, que se representan con línea doble, se activan en la puesta en marcha.

1.3.1. Los tres niveles del GRAFCET

El GRAFCET puede utilizarse para describir los tres niveles de especificaciones de un automatismo. Estos tres niveles son los que habitualmente se utilizan para diseñar y para describir un automatismo [9].

- **Nivel 1: Descripción funcional:** En el primer nivel interesa una descripción global (normalmente poco detallada) del automatismo que permita comprender rápidamente su función. Es el tipo de descripción que haríamos para explicar lo que queremos que haga la máquina a la persona que la ha de diseñar o el que utilizaríamos para justificar, a las personas con poder de decisión en la empresa, la necesidad de esta máquina. Este GRAFCET no debe contener ninguna referencia a las tecnologías utilizadas; es decir no se especifica cómo hacemos avanzar la pieza (cilindro neumático, motor y cadena, cinta transportadora, etc.), ni cómo detectamos su posición (fin de

carrera, detector capacitivo, detector fotoeléctrico, etc.), ni tan solo el tipo de automatismo utilizado (autómata programable, neumática, ordenador industrial, etc.).

- **Nivel 2: Descripción tecnológica:** En este nivel se hace una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Quedan perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El GRAFCET describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la máquina y nos falta el automatismo que la controla.
- **Nivel 3: Descripción operativa:** En este nivel se implementa el automatismo. El GRAFCET definirá la secuencia de actuaciones que realizará este automatismo. En el caso de que se trate, por ejemplo, de un autómata programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas.

1.3.2. GRAFCET parciales y globales.

Un GRAFCET es conexo cuando se puede ir de una etapa cualquiera a otra siguiendo caminos propios del GRAFCET; es decir, que cualquier etapa está unida con otra del mismo GRAFCET.

Un automatismo puede ser representado mediante más de un GRAFCET conexo. Llamamos GRAFCET parcial a cada uno de los GRAFCET conexos que forman un sistema. También constituye un GRAFCET parcial cualquier agrupación de dos o más GRAFCET parciales; incluso la agrupación de todos ellos. Cada GRAFCET parcial se llama mediante la letra G seguida de un nombre (por ejemplo, GProd) o de un número (Por ejemplo, G3). Se llama GRAFCET global a la agrupación de todos los GRAFCET parciales de un sistema. En un mismo sistema no puede haber dos etapas (ni dos transiciones) con el mismo número, aunque estén en GRAFCET parciales diferentes [7].

1.4. Autómatas Programables (PLC).

Desde los años 70's hasta la fecha los Controladores Lógicos Programables (PLC) han sido los dispositivos mayormente utilizados en la solución de

problemas de automatización y control. Su uso se extiende a soluciones muy diversas, que van desde máquinas, plantas industriales, juguetes, elevadores, sistemas telefónicos, sistemas de seguridad crítica, sistemas de generación de electricidad, equipos médicos, entre otros.

1.4.1. Características.

- **Controlador:** Permite controlar un sistema, haciendo uso de los puntos de conexión de entradas y salidas. A través de dichos puntos de interconecta con los elementos, primarios y finales de control.
- **Lógico:** Los programas se constituyen de un conjunto de instrucciones lógicas. Aunque los PLC son muy poderosos y manejan un conjunto de instrucciones muy amplio, de manera que no están limitados a realizar funciones lógicas exclusivamente.
- **Programable:** Es capaz de almacenar el programa de usuario en memoria no volátil. Así mismo es reprogramable tantas veces que sea necesario.

Un autómatas programable es una microcomputadora de propósitos específicos, especialmente diseñada para el control industrial y adquisición de datos donde se mezclan elementos de computo (lenguajes de programación, interfaces hombre-máquina, unidades de memoria, etc.) y elementos de control (regulación PID, procesamiento analógico, señalización, mando, temporización y conteo, etc.) integrados en un mismo equipo, para cumplir las funciones de automatización de procesos en tiempo real con elevada fiabilidad y seguridad (ver figura 7). Su historia comienza en 1968 cuando Ford y General Motors encargan el estudio de un sistema de control electrónico [10].

Estos dispositivos han logrado brindarle al control de procesos una herramienta ideal para la implementación práctica de cualquier algoritmo de control. Sus principales partes son:

- Unidad de procesamiento.
- Memoria de programa ejecutivo (sistema operativo o monitor).
- Memoria de datos.
- Memoria de programas de aplicación.

- Unidad de Entradas/Salidas digitales paralelas.
- Unidad de Entradas/Salidas analógicas.
- Unidad de comunicaciones.
- Unidad de temporización y conteo.



Figura 6. Variedad de PLC de diferentes fabricantes.

1.4.2. Estructura interna.

Todos se componen de tres bloques:

- **Sección de entradas:** Mediante la interfaz, adapta y codifica de forma comprensible por la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores, ya sean pulsadores, fin de carrera, sensores o cualquier otro elemento primario. Tiene además como función de la protección de los circuitos internos del autómatas al realizar una separación eléctrica entre estos y los captadores.
- **Sección de salidas:** mediante la interfaz, trabaja de forma inversa a la de entradas, es decir decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores que pueden ser lámparas relés, contactores u otro elemento de acción final.
- **Unidad central de procesos:** mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

1.4.3. Clasificación

Los PLC se pueden clasificar de 2 formas fundamentales [11]:

1. Atendiendo a la estructura de su hardware pueden ser:

- **Compactos:** PLC que consiste en una sola unidad y que no requiere de módulos adicionales de entradas, salidas o fuente de alimentación.
- **Modulares:** PLC que está compuesto por un grupo de elementos separados. Estos son la CPU, fuente de alimentación, módulo de entradas y módulo de salidas.

2. Atendiendo a su tamaño y capacidad de memoria de programa pueden ser:

- **Gama baja:** Hasta un máximo de 128 entradas/salidas. La memoria de usuario de que disponen suele alcanzar un valor máximo de hasta 4 Kb instrucciones.
- **Gama media:** De 128 a 512 entradas/salidas. La memoria de usuario suele alcanzar un valor máximo de hasta 16 K instrucciones.
- **Gama Alta:** Más de 512 entradas/salidas. Su memoria de usuario supera en algunos de ellos los 100 K instrucciones.

Atendiendo a sus características técnicas se identifican de la siguiente manera:

1. Estructura: Redundante, No redundante, Alta disponibilidad.
2. Lenguajes de programación: Emplean lenguajes de alto nivel, con lenguajes estructurados, programación sencilla y elementos de programación bien diseñados acorde a las aplicaciones industriales.
3. Tipo y velocidad del procesador: Alta capacidad de realización de tareas (multitareas).
4. Tiempo de reacción a las Interrupciones.
5. Capacidad de la memoria de Programa.
6. Capacidad de la memoria de Datos.
7. Cantidad de Marcas Internas (Banderas de un bit).
8. Cantidad de temporizadores.
9. Cantidad de contadores.
10. Posibilidad máxima de ampliación de Entradas/Salidas Analógicas y Digitales.
11. Tratamiento primario de la información (filtraje, conversión Analógica/Digital y Digital/Analógica, linealización).

12. Disponibilidad de variadas y potentes interfaces de comunicación Hombre-Máquina con visualizadores de texto, paneles de mando, operación y supervisión del proceso.

1.4.4. Lenguaje de Programación.

Los lenguajes de programación utilizados en los controladores programables han evolucionado a la par que estos se han desarrollado y expandido [8]. Los lenguajes poseen instrucciones nuevas y versátiles, que realizan potentes funciones que les permiten manejar grandes cantidades de información fácilmente. Los lenguajes normalizados por La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) son:

1. **Lenguajes a contactos (LD):** Los diagramas de escalera son un conjunto de instrucciones simbólicas que son utilizadas para crear programas de control. Este lenguaje es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.
2. **Lista de instrucciones (IL):** Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. También decir, que este tipo de lenguaje es, en algunos casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente.
3. **Diagramas de Bloques Funcionales (FBD):** Resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.
4. **Texto Estructurado (ST):** Es un lenguaje de programación de alto nivel textual similar a Pascal o Ada, puede usas varias construcciones para programar bucles, lo que permite desarrollar algoritmos complejos. El código de programación consta de expresiones e instrucciones.
5. **SFC (Carta o Mapa de Funciones Secuenciales):** Derivado del GRAFCET, ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos [12].

Principales funciones que realizan los (PLC).

- Gobierno de sistemas de medición de valores límites de variables del proceso, finales de carrera, detectores de proximidad u otros sensores binarios.
- Gobierno de sistemas de señalización y protecciones automáticas de distintos tipos.
- Control secuencial y de trabajo de distintos procesos.
- Control de regímenes de arranque y parada del proceso y funcionamiento en condiciones de alarma o avería.
- Sistemas de auto diagnóstico, autoprotección y determinación de fallas dentro y fuera del equipo.
- Medición, conversión, filtraje y validación de señales analógicas del proceso para indicación registro y/o control.
- Control de señales analógicas (reguladores ON - OFF, PID, o inteligentes).
- Accionamientos analógicos sobre el proceso.
- Facilidades de modificación y perfeccionamiento del sistema de automatización del proceso.
- Facilidades para el funcionamiento como maestros o esclavos de redes de automatización.
- Control económico, optimización del proceso y su dirección.

Ventajas de la utilización de PLC:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómeta.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómeta queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Desventajas de la utilización de PLC:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo elevado.

Campos de aplicación de los PLC.

Los autómatas programables son actualmente muy empleados en los entornos industriales y preferentemente se emplean en máquinas o procesos industriales que tengan las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios [6].

1.5. Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) e Interfaz Humano Máquina (HMI).

Las tecnologías SCADA y HMI, aunque son diferentes, se complementan. Los sistemas SCADA son indispensables en grandes infraestructuras de producción. Un HMI es la tecnología que permitirá realizar el monitoreo de los sistemas principalmente in situ, en lugar de un panel de operador convencional.

Así, las industrias que utilizan sistemas SCADA-HMI obtienen datos precisos de la empresa, alargan la vida útil de las máquinas, acceden a un mayor control sobre los procesos y suman eficiencia a la producción.

La interacción entre las máquinas y los seres humanos forma parte de la Industria. A raíz de esta relación entre los trabajadores y la robótica, surgen términos y sistemas como SCADA y HMI. Estos dos conceptos suelen ir de la mano cuando hablamos de la Industria. Sin embargo, ambos tienen sus diferencias y similitudes.

Antes de conocer cuáles son las diferencias entre un SCADA y un HMI, es importante apuntar en qué consisten estos dos sistemas. Primero que todo, tanto un SCADA como un HMI son sistemas de control industrial y ambas tecnologías se utilizan en la industria de la automatización.

Definición de SCADA.

El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.

En realidad, su definición es la de una agrupación de aplicaciones informáticas instaladas en un ordenador denominado Máster o Unidad de Transmisión Máxima MTU, destinado al control automático de una actividad productiva a distancia que está interconectada con otros instrumentos llamados de campo como son los autómatas programables (PLC) y las unidades terminales remotas (RTU).

Los sistemas SCADA se han convertido en la actualidad en elementos fundamentales en las plantas industriales, ya que ayudan a mantener la eficiencia, procesan los datos para tomar decisiones más inteligentes y comunican los problemas del sistema para ayudar a disminuir el tiempo de parada o inactividad, de igual manera, un sistema SCADA eficaz puede resultar un ahorro notable en tiempo y dinero.

Utilización de los sistemas SCADA.

Estos sistemas de control de supervisión y adquisición de datos formados por software y hardware permite a las empresas:

- Controlar los procesos industriales de forma local o remota.
- Monitorear, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Interactuar directamente con dispositivos como sensores, válvulas, motores y La Interfaz Hombre-Máquina (HMI).
- Grabar secuencialmente en un archivo o base de datos acontecimientos que se producen en un proceso productivo.
- Crear paneles de alarma en fallas de máquinas por problemas de funcionamiento.
- Gestionar el Mantenimiento con las magnitudes obtenidas.
- El control de calidad mediante los datos recogidos.

Componentes de un sistema SCADA.

- **Sistema de supervisión o MTU (Ordenador/Computadora):** Tiene la función de recopilar los datos del proceso y enviar las instrucciones mediante una línea de comandos.
- **Unidades Terminales Remotas (RTU):** Son microprocesadores (Ordenadores Remotos) que obtienen señales independientes de una acción para enviar la información obtenida remotamente para que se procese. Se conectan a sensores que convierten las señales recibidas en datos digitales que lo envían al ordenador o sistema de supervisión (MTU).
- **PLC:** Denominados comúnmente autómatas programables, estos son utilizados en el sistema como dispositivos de campo debido a que son más económicos, versátiles, flexibles y configurables que las RTU comentadas anteriormente.
- **Red o sistema de comunicación:** Se encarga de establecer la conectividad del ordenador (MTU) a las RTU y los PLC. Para ello utiliza conexiones vía modem, Ethernet, Wifi o fibra óptica.
- **Sensores:** Son dispositivos que actúan como detectores de magnitudes físicas o químicas, denominadas variables de instrumentación, y las convierten en variables o señales eléctricas.
- **Actuador:** Es un dispositivo mecánico que se utiliza para actuar u ofrecer movimiento sobre otro dispositivo mecánico.

La arquitectura básica de un sistema SCADA está compuesta por controladores lógicos programables (PLC) o unidades terminales remotas (RTU). Los PLC y las RTU son microprocesadores que se comunican con una serie de instrumentos, tales como maquinaria de fabricación, HMI, sensores y dispositivos finales.

Con posterioridad, dirigen la información de esos objetos a computadoras con software SCADA. Este mismo procesa, distribuye y muestra los datos, ayudando a los operarios y a los técnicos de mantenimiento a analizar los datos y a tomar decisiones importantes.

Diagrama de un Sistema SCADA (Diagrama Básico)

Por ejemplo, el sistema notifica rápidamente a un operario que una partida de un producto muestra una alta incidencia de errores. En este caso, el operario hace una parada en la producción y visualiza los datos del sistema SCADA, a través de una HMI, para determinar la causa del problema.

De esta manera, el técnico de mantenimiento revisa los datos y descubre que la máquina X estaba funcionando mal en el proceso Z. Por esta razón, la capacidad del sistema SCADA para notificar a los técnicos un problema, error o incidencia le ayuda a resolverlo y a prevenir más pérdidas de producto en el futuro, y en esta fase de la producción en concreto.

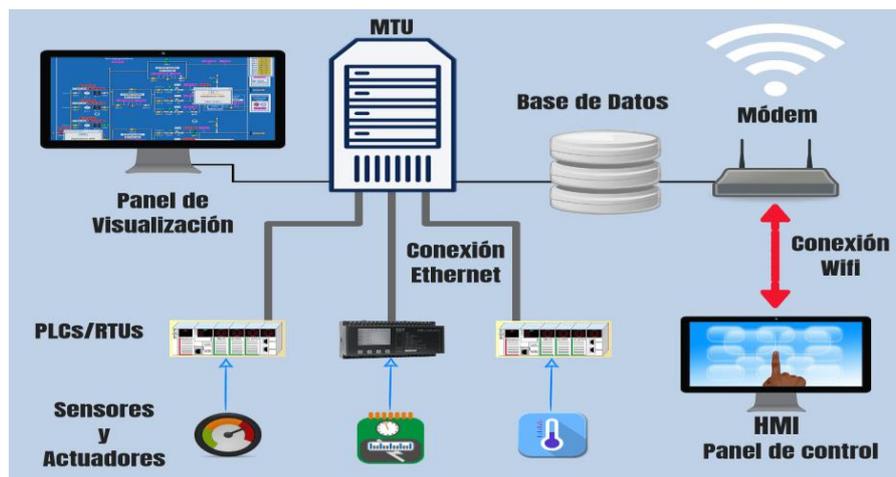


Figura 7. Diagrama Funcional de un SCADA.

Funciones Principales de un Sistema SCADA.

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo, abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual.

- Además, es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

De forma general, en cualquier lugar del mundo actual, hay algún tipo de sistema SCADA que funciona entre bastidores: manteniendo los sistemas de refrigeración en el supermercado local, asegurando la producción y la seguridad en una refinería, alcanzando estándares de calidad en una planta de tratamiento de aguas residuales, o incluso haciendo un seguimiento de su uso de energía en casa, por dar algunos ejemplos.

Interfaz Humano Máquina (HMI). Definición.

La sigla HMI (Human Machine Interface) se traduce a interfaz hombre-máquina. Tal como hace referencia su sigla, el término se relaciona al modo de interactuar del humano con las máquinas. Es la interfaz que conecta al hombre con la máquina presentando los datos del proceso ante el operario mediante un sistema de monitoreo. Además, controla la acción a desarrollar a través de una pantalla, en la actualidad táctil.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas

La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. No se trata de un humano ni de una "máquina", sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. El sistema está compuesto por un

software y por diferentes hardware de señales de entrada y salida, pantallas interfaces entre el hombre y las máquinas (HMI), bases de datos, redes, comunicaciones y controladores. En el sistema se captura toda la información del proceso de producción, se visualiza en tiempo real el estado de las máquinas y dispositivos, se realizan análisis y mediciones, se obtienen alarmas configuradas, se pueden realizar gráficos con los datos obtenidos y mucho más.

Tipos de HMI.

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

1. Terminal de Operador, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen)
2. PC + Software, esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer un PC, pasando por el tradicional PC de escritorio.

El diseño de una interfaz de usuario es crítico para el manejo de un equipo, hay algunas muy bien diseñadas que incorporan controles intuitivos y de fácil manejo, en cambio existen otras que no se entienden bien y el usuario no desconoce el manejo correcto, es por eso que se tiene que estudiar un manual o recibir formación del experto.

Software

Estos softwares permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interface gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los

terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time). Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual.

Algunas de estas interfaces necesitan, además de informativas de manera gráfica y de tiempo real, tener la capacidad de visualiza información histórica, es decir, datos del proceso correspondientes a hace algunas horas o hasta días, además, las interfaces deben ser capaces de interactuar con el sistema de control para iniciarlo, detenerlo, cambiar valores, set-points, monitorear la disponibilidad y existencia de materia prima, la selección de recetas, que son la relación de sustancias componentes de una mezcla o compuesto. Este tipo de procesos son de gran importancia para las industrias que requieren de sistemas capaces de monitorear y controlar los procesos con facilidad.

Comunicación

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando los puertos disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs. Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole for Proccess Control), por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo, aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE.

Realmente, las tecnologías de un SCADA y un HMI son diferentes y se pueden complementar sin problema. De hecho, se suelen utilizar conjuntamente para crear una herramienta industrial, funcional y muy útil.

1.5.1. Comunicación Industrial y Redes

En la parte inferior de la pirámide de automatización, donde se encuentran los llamados dispositivos de campo que actúan directamente sobre el proceso productivo. Las comunicaciones a este nivel deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real que se deben producir y ser capaces de resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales, una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real, o por lo menos con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo.

Según el entorno donde van a ser instaladas, en un ámbito industrial existen varios tipos de redes:

- **Red de Factoría:** Para redes de oficina, contabilidad y administración, ventas, gestión de pedidos, almacén, etc. El volumen de información intercambiada es muy alto, y los tiempos de respuesta no son críticos.
- **Red de Planta:** Para interconectar módulos y células de fabricación entre sí y con departamentos como diseño o planificación. Suele emplearse para el enlace entre las funciones de ingeniería y planificación con las de control de producción en planta y secuenciamiento de operaciones. Estas redes deben manejar mensajes de cualquier tamaño, gestionar eficazmente errores de transmisión (detectar y corregir), cubrir áreas extensas (puede llegar a varios kilómetros), gestionar mensajes con prioridades (gestión de emergencias frente a transferencia de ficheros), y disponer de amplio ancho de banda para admitir datos de otras subredes como pueden ser voz, vídeo, etc.
- **Red de Célula:** Para interconectar dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial como Robots, Máquinas de control numérico (CNC), Automatas programables (PLC), Vehículos de guiado automático (AGV). Las características deseables en estas redes son: Gestionar mensajes cortos eficientemente, capacidad de manejar tráfico de eventos discretos,

mecanismos de control de error (detectar y corregir), posibilidad de transmitir mensajes prioritarios, bajo coste de instalación y de conexión por nodo, recuperación rápida ante eventos anormales en la red y alta fiabilidad. En este nivel, y a caballo entre el nivel de planta podemos ubicar las redes MAP (Manufacturing Automation Protocol) como ejemplo representativo.

- **Bus de Campo:** Para sustituir cableado entre sensores-actuadores y los correspondientes elementos de control. Este tipo de buses debe ser de bajo coste, tiempo real, permitir la transmisión serie sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo tipo de dispositivos de entrada-salida, sencillos, y permitir controladores esclavos inteligentes.

Además, deben gestionar mensajes cortos eficientemente, tener capacidad de manejar tráfico de eventos discretos, poseer mecanismos de control de error (detección y corrección), transmitir mensajes prioritarios, tener un bajo coste de instalación y de conexión por nodo, poder recuperarse rápidamente de eventos anormales en la red y responder rápidamente a los mensajes recibidos.

Por regla general, tienen un tamaño pequeño (5 a 50 nodos), utilizan tráfico de mensajes cortos para control y sincronización entre los dispositivos, y la transferencia de ficheros es ocasional o inexistente. Según la cantidad de datos a transmitir, se dividen en buses de alto nivel, buses de dispositivos (unos pocos bytes a transmitir) y buses sensor/actuador (se transmiten datos a nivel de bit), pero en ningún caso llegan a transmitir grandes bloques de información.

1.5.2. Protocolos de comunicación:

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un desarrollo gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado.

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos)

que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0-10VDC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Los protocolos para buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

PROFIBUS: Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/ OSI (*International Standard/Open System Interconnet*). Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/OSI (*International Standard/Open System Interconnet*). Es un protocolo para redes industriales, específicamente para aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización de la fabricación.

MODBUS: es un protocolo utilizado en comunicaciones vía módem-radio, para cubrir grandes distancias a los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua. Velocidad a 1200 baudios por el radio y mayores por cable.

DEVICENET: resulta adecuado para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. Provee información adicional sobre el estado de la red para las interfaces del usuario.

HART (Highway Addressable Remote Transducer): es un protocolo de fines de 1980, que proporciona una señal digital que se superpone a la señal analógica de medición en 4-20mA. Permite conectar varios dispositivos sobre un mismo cable o bus Multi punto (Multidrop), alimentación de los dispositivos, mensajes de diagnóstico y acceso remoto de los datos del dispositivo, sin efectuar la señal analógica de medición.

AS-i (Actuador Sensor-interface): es un bus de sensores y actuadores binario y puede conectarse a distintos tipos de PLC, controladores numéricos o computadores (PC). El sistema de comunicación es bidireccional entre un maestro y nodos esclavos. Está limitado hasta 100 metros (300 metros con un repetidor) y pueden conectarse de 1 a 31 esclavos por segmentos. El maestro AS-i interroga un esclavo por vez y para el máximo número tarda en total 5ms. y es un protocolo abierto.

Conclusiones Parciales

La presurización es de vital importancia para garantizar el mantenimiento de los parámetros eléctricos de la red telefónica de cables de cobre. Gran parte de la calidad de los servicios brindados a través de las mismas dependen de estas características. Complementar la presurización con métodos apropiados de monitoreo y gestión permite un uso más eficiente de las capacidades instaladas, reduce las interrupciones y el gasto de recursos necesarios para su eliminación.

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba cuenta con un sistema de gestión y monitoreo de red de cables de cobre presurizada. Los altos costos de los componentes de este sistema (hardware y software) impiden que el mismo se explote a cabalidad. El monitoreo de la red no alcanza a todos los cables presurizados en el territorio.

CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El capítulo se hace referencia a los datos técnicos del sistema, estructura y funcionamiento. Se detallan las características del Autómata Programable empleado para mayor eficiencia. Se proponen los algoritmos de trabajo. Además, se muestra la valoración económica y el impacto medioambiental de la propuesta

2.1. Descripción actual del proceso.

El sistema actual de presurización en ETECSA, de Santiago de Cuba cuenta con herramientas obsoletas para la adquisición de datos y monitoreo de los mismos. Posee un compresor de gas seco (aire) para la inyección de flujo continuo por medio de tuberías instaladas paralelamente a los cables, cuya función incluye filtrar, comprimir y extraer la humedad al aire del ambiente que será inyectado a los cables presurizados.

El panel de distribución o panel de flujo se utiliza para distribuir y monitorear el aire, en cada uno de los cables presurizados. Se aprecian otros componentes como la válvula de alimentación, las tuberías que conectan el panel de distribución a dichas válvulas, los conectores que permiten acoplar las válvulas a las corazas de los cables presurizados y los tapones de aire que se emplean para evitar que el aire que se encuentra dentro de las corazas se escape.

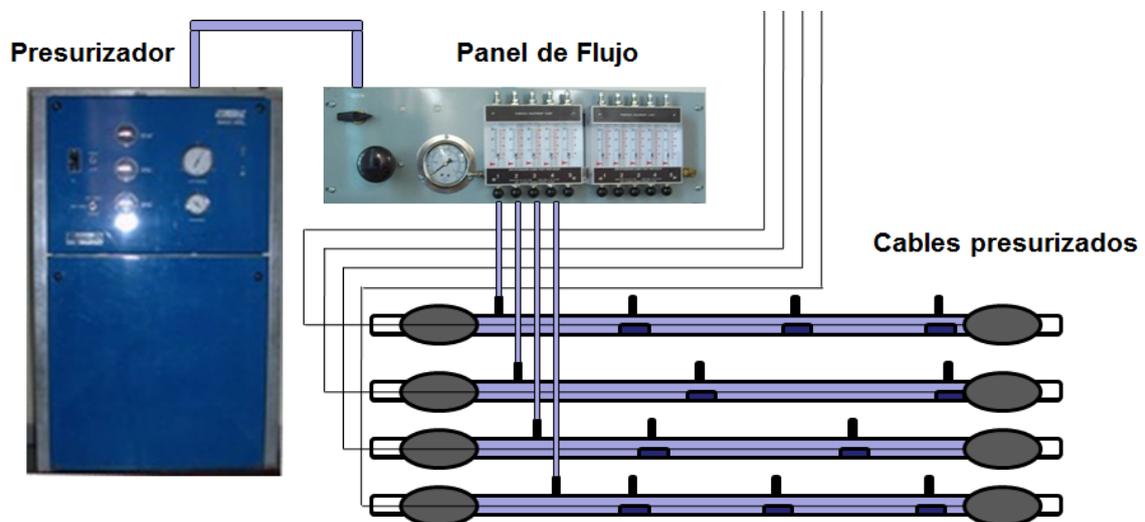


Figura 8. Estructura actual del sistema de Presurización.

2.2. Propuesta de Instrumentación (Hardware).

Para el desarrollo de la unidad de alimentación del sistema se realiza un grupo de tareas, teniendo como objetivo el empleo de Autómata Programable M241, con un módulo de entradas analógicas que permitirán gestionar sensores y controlar las válvulas Solenoides. Se propone modernizar este sistema para ganar en eficiencia, exactitud de los parámetros y costo en el mantenimiento

2.2.1 Sensores

Después de una minuciosa búsqueda, se tuvo en cuenta las características del proceso, el criterio de selección de los parámetros, tipo de alimentación, precisión deseada, promedio de vida útil, tipo de señal de salida conveniente para la aplicación, la exactitud deseada y su tecnología.

Sensor de presión estándar CS 10.

Los transductores de presión son los elementos primarios del sistema. Conocer las características del funcionamiento de los transductores y de las señales que generan los mismos es imprescindible para desarrollar los algoritmos y la interfaz necesaria para el tratamiento de estas señales en la unidad de adquisición de datos.

Este tipo de sensores miden un rango de presiones de 0...10 bar con una precisión del 1% sobre el fondo de escala. Para una precisión mayor se puede pedir opcionalmente los sensores CS 16 con una precisión del 0,5% sobre el fondo de escala [13].

- Señal de salida: 4...20 mA, 2 hilos.
- Tensión de alimentación de: 8...30 VDC.



Figura 9. Vista externa Transductor de Presión CS 10.

Sensor de flujo modelo 3202.30/XXX.

El captador de aire tipo 3202.30 es ideal para todas las tareas de medición y control en procesos de automatización y otras aplicaciones industriales en las que hay que controlar medios gaseosos.

El sensor funciona según el principio de. Medición calorimétrica que permite ajustar el rango de medición a un amplio espectro de cantidades, funciona de forma totalmente electrónica y sin partes móviles mecánicamente, la medición del caudal es precisa y el rango de medición es ajustable independiente de la temperatura, tiene salida de corriente analógica de 4-20 mA y un diseño industrial robusto (encapsulado especial).



Figura 10. Vista externa del Sensor de flujo (3202.30/XXX).

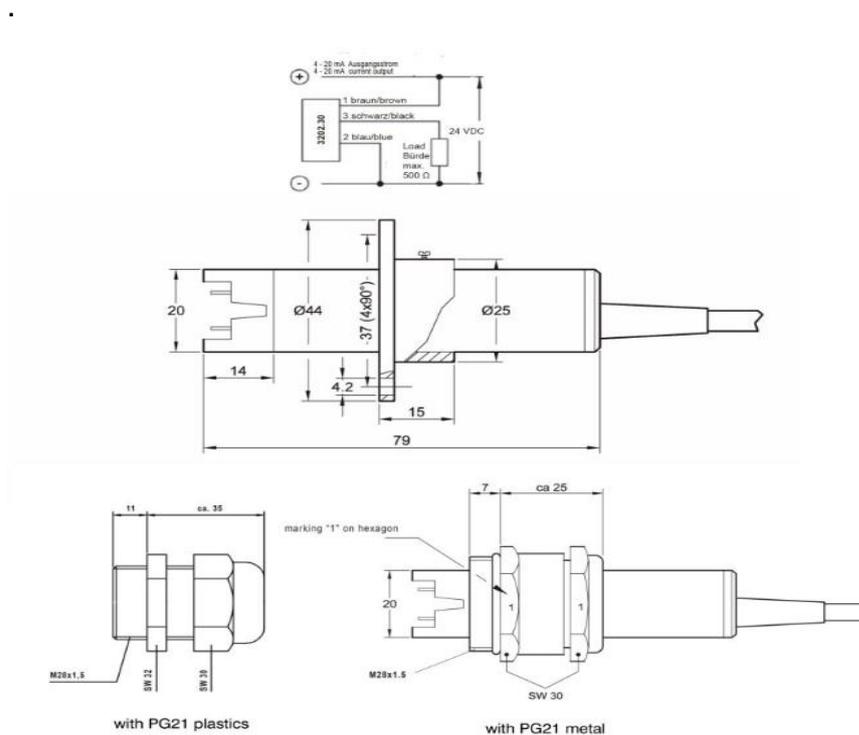


Figura 11. Diagrama de conexión y dimensiones

Sensor de temperatura PT 100.

Los sensores Pt100 son un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD.

Una sonda de temperatura Pt500, tendría a su vez, una resistencia de 500 ohmios a 0 °C y una sonda Pt1000 tendría 1000 ohmios de resistencia a 0 °C. Los sensores Pt100 están montados normalmente en algún tipo de vaina o funda protectora para formar una sonda de temperatura más robusta, y éstos se conocen comúnmente como sonda Pt100 (sondas de resistencia Pt100 de platino).

Precisión de los sensores Pt100.

La norma internacional IEC 751 especifica las tolerancias de los sensores RTD industriales. Hay dos tolerancias principales definidas para sondas Pt100:

- Clase A: con una tolerancia de $\pm 0,15$ °C a 0 °C
- Clase B: con una tolerancia de $\pm 0,3$ °C a 0 °C.

Hay 2 clases de precisión adicionales para el trabajo de precisión y estos se conocen comúnmente como "1/10 DIN" y "1/3 DIN"; esto significa una tolerancia de 1/10 o 1/3 de la especificación de clase B a 0 °C respectivamente.

Este comportamiento es una gran ventaja en todo tipo de dispositivos donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además, la PT100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

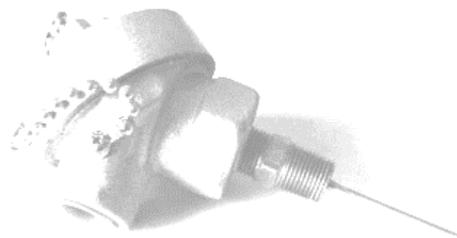


Figura 12. Vista externa del Sensor de Temperatura del fluido PT-100.

2.2.2. Actuadores. Válvulas Solenoides.

Características Generales

Los actuadores son una parte importante de los dispositivos y las maquinarias industriales que ayudan a realizar movimientos físicos convirtiendo la energía, por lo general, eléctrica, neumática o hidráulica, en fuerza mecánica.

Esta selección fue dada por las siguientes características: La válvula Solenoide GEM-A | 2 vías normalmente abiertas o cerradas marca Baccara posee un rango de temperatura del fluido de -10°C a +80 °C (no congelado) y ambiente de -10°C a + 50 °C, son de acero inoxidable y el acabado exterior de latón muy resistentes, tienen dos vías, junta de nitro caucho (NBR) y la bobina dentro de un zócalo posee un voltaje de bobina de $\pm 10 \%$ del nominal.



Figura 13. Vista externa Válvula Solenoide GEM-A | 2 Vías.

2.2.3. Controlador

Autómata Programables M241

El M241 Logic Controller tiene una amplia variedad de potentes funciones y puede servir para una amplia gama de aplicaciones. La configuración, programación y puesta en funcionamiento del software se lleva a cabo con el software SoMachine descrito en SoMachine-Guía de programación y M241 Logic Controller Guía de programación.



Figura 14. Vista externa PLC M241.

Lenguajes de programación

M241 Logic Controller se configura y programa con el software SoMachine, compatible con los siguientes IEC 61131-3 lenguajes de programación:

- IL: Lista de instrucciones
- ST: Texto estructurado
- FBD: Diagrama de bloques de funciones
- SFC: Diagrama funcional secuencial
- LD: Diagrama de contactos

El software SoMachine también se puede utilizar para programar estos controladores utilizando el lenguaje CFC (Continuous Function Chart).

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación de M241 Logic Controller es de 24 V CC o de 100-240 VCA.

Reloj en tiempo real

El M241 Logic Controller incluye un sistema de reloj en tiempo real (RTC).

Run/Stop

El M241 Logic Controller se puede utilizar externamente mediante los métodos siguientes:

- Un interruptor Run/Stop de hardware.
- Una operación de Ejecutar/Detener de una entrada digital dedicada, definida en la configuración del software.
- Un comando del software SoMachine

Memoria

En esta tabla se describen los distintos tipos de memoria:

Tabla 1. Características del Controlador Lógico Programable M241

Tipo de memoria	Tamaño	Uso a
RAM	64 Mbytes, 8 Mbytes de los cuales están disponibles para la aplicación	ejecutar la aplicación.
No volátil	128 MB	guardar el programa y los datos en caso de corte de electricidad.

Entradas/salidas incrustadas

Los tipos de E/S incrustadas que aparecen a continuación están disponibles, en función de la referencia del controlador:

- Entradas normales.
- Entradas rápidas asociadas con contadores.
- Salidas transistorizadas normales (común negativo y positivo).
- Salidas transistorizadas rápidas (común negativo y positivo) asociadas con generadores de pulsos.
- Salidas de relé.

Almacenamiento extraíble

Los M241 Logic Controller incorporan un slot para tarjeta SD. Usos principales de la tarjeta SD:

- Inicialización del controlador con una aplicación nueva.
- Actualización del firmware del controlador.
- Aplicación de archivos de configuración de Post al controlador.
- Aplicación de fórmulas.
- Recepción de archivos de registro de datos.

Funciones de comunicación incorporadas

Hay disponibles los siguientes tipos de puertos de comunicaciones según la referencia del controlador:

- CANopen maestro
- Ethernet.
- USB mini-B.
- Línea serie 1.
- Línea serie 2.

Los módulos de extensión Modicon TM3 representan la posibilidad de aumentar las capacidades de los controladores lógicos M221, M241 y M251:

- **Módulos de E/S digitales** que se pueden utilizar para crear configuraciones de hasta 264 E/S digitales (según el controlador). Estos módulos están disponibles con los mismos tiempos de conexión que los controladores
- **Módulos de E/S analógicas** que se pueden utilizar para crear configuraciones de hasta 114 E/S analógicas (según el controlador) y se han diseñado para recibir, entre otras cosas, señales de sensores de posición, temperatura o velocidad. También son capaces de controlar variadores de velocidad o cualquier dispositivo equipado con una entrada de tensión o corriente
- **Módulos para el control de arrancadores de motor** que simplifican el cableado de control gracias a la conexión mediante cables RJ45 •
Módulos de seguridad que simplifican el cableado y que se pueden configurar en el software SoMachine Basic

Módulo de Salidas Digitales TM3DQ8RG

Para completar la cantidad de salidas digitales necesarias para la propuesta, se agrega un módulo de salida digital de 8 salidas con las siguientes características.



Figura 15. Vista externa del Módulo de Salidas Digitales TM3DQ8RG.

Tabla 2. Características Técnicas del Módulo de ampliación TM3DQ8RG.

Referencia	Channels	Tipo de canal	Tensión Corriente	Tipo de terminal / paso
TM3DI8A	8	Entradas normales	120 V CA 7,5 mA	Bloque de terminales de tornillo extraíble / 5,08 mm
TM3DI8	8	Entradas normales	24 V CC 7 mA	Bloque de terminales de tornillo extraíble / 5,08 mm
TM3DI8G	8	Entradas normales	24 V CC 7 mA	Bloque de terminales de resorte extraíble / 5,08 mm

Módulo de Entradas Analógicas TM3AI8G.

Para completar la cantidad de salidas digitales necesarias para la propuesta, se agrega un módulo de salida digital de 8 salidas con las siguientes características.

Esta propuesta es compatible con el Autómata Programable M241. Posee 8 entradas analógicas, posee entradas de tensión y de corriente en el régimen de -10 /+10 V y de 0/20 mA. Tipo de módulo con acoplamiento de borneros y tornillos (Anexo 4).



Figura 16. Vista externa del Módulo de E/A TM3AI8.

Descripción Modulo analógico Modicon TM3.

1. Cierre de bloqueo con el módulo adyacente.
2. Conectores bus TM3 (uno en cada lateral). Están diseñados para mantener la continuidad del bus entre los módulos conectados.
3. Pestaña de bloqueo en carril  simétrico.
4. LED de encendido del módulo.
5. Borneros resortes o de tornillos extraíbles (según el modelo) para conectar los canales analógicos y la fuente de alimentación de 24 V.

Tabla 3. Características Técnicas del Módulo de ampliación TM3AI8G.

Referencia	Resolución	Channels	Tipo de canal	Modalidad	Tipo de terminal / paso
TM3AI2H	16 bits o 15 bits + signo	2	entradas	De 0 a 10 V CC De -10 a +10 V CC De 0 a 20 mA De 4 a 20 mA	Bloque de terminales de tornillo extraíble / 5,08 mm
TM3AI2HG	16 bits o 15 bits + signo	2	entradas	De 0 a 10 V CC De -10 a +10 V CC De 0 a 20 mA De 4 a 20 mA	Bloque de terminales de resorte extraíble / 5,08 mm
TM3AI8G	12 bits u 11 bits + signo	8	entradas	De 0 a 10 V CC De -10 a +10 V CC De 0 a 20 mA De 4 a 20 mA De 0 a 20 mA ampliado De 4 a 20 mA ampliado	Bloques de terminales de resorte extraíble / 3,81 mm

2.2.3. Interface Hombre Máquina HMI GTO2300

Los paneles táctiles HMI MAGELIS GTO de Schneider Electric son el resultado final de una ingeniería innovadora, que representa la clave para una automatización integrada total. La función principal del módulo es realizar tareas HMI (interfaz hombre-máquina) de mayor complejidad. Proporciona a los usuarios la máxima comodidad y solución de automatización para una gran variedad de aplicaciones.

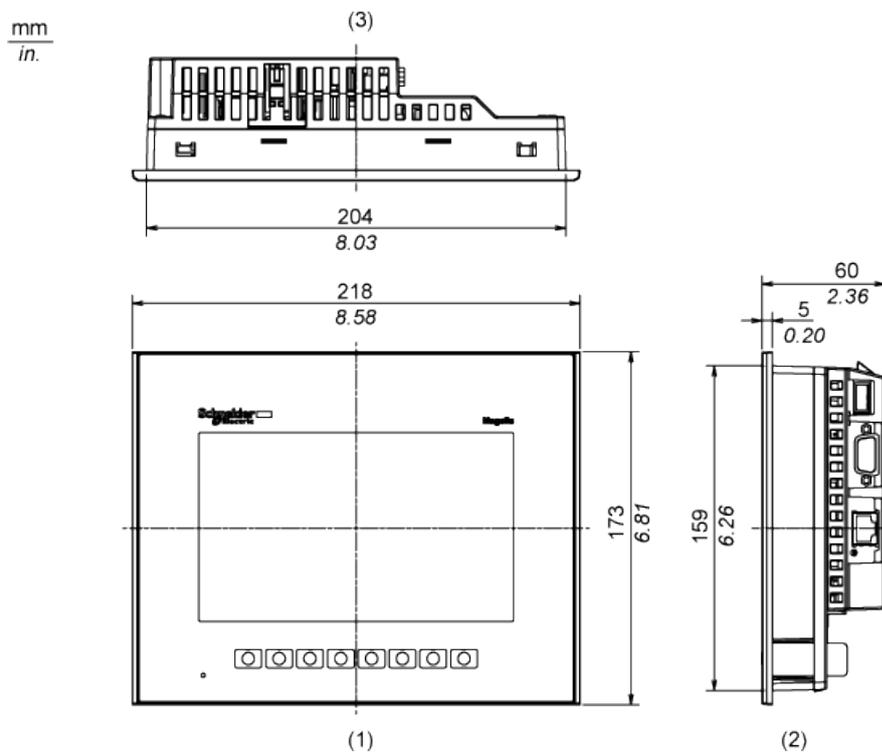
Esta propuesta de interfaz de operador (HMI) de la gama de productos Harmony GTU posee pantalla táctil Magelis GTO IP65 se alimenta con 24 V CC (fuente de alimentación externa), posee una batería de Litio para RAM interna, autonomía 100 días, tiempo de carga 5 días con una vida de 10 años tiene una pantalla TFT LCD de color, de 7 pulgadas, 800 x 480 píxeles (WVGA), sus puertos de

conexión son 2 x COM2, 2 x Ethernet (RJ45), 2 x USB 2.0, COM1, 8 teclas de función y 96 MB de EPROM.



Figura 17. Vista externa del HMIGTO 2300

Dimensiones exteriores.



1. Parte frontal.
2. Lateral derecho.
3. Parte superior.

Este interfaz de operador (HMI) con pantalla táctil es ideal para optimizar la transmisión de información y la comunicación con sistemas de automatización industriales y de infraestructura. La pantalla muestra mensajes de texto, objetos gráficos y sinópticos, y permite controlar y configurar los datos. Su puerto de host RS485 lo hace ideal para supervisar y controlar sistemas y máquinas simples. Es fácilmente programable con el software Vijeo Designer de Schneider Electric sin necesidad de utilizar lenguajes de programación.

2.2.4. Unidad Compresora

Un secador de aire comprimido es un equipo fundamental que permite reducir de forma notable el contenido de vapor de agua o humedad en el aire comprimido. Los secadores aportan al tratamiento del aire comprimido, haciendo que sea más limpio para que la humedad no genere corrosión en los equipos o conexiones neumáticas.

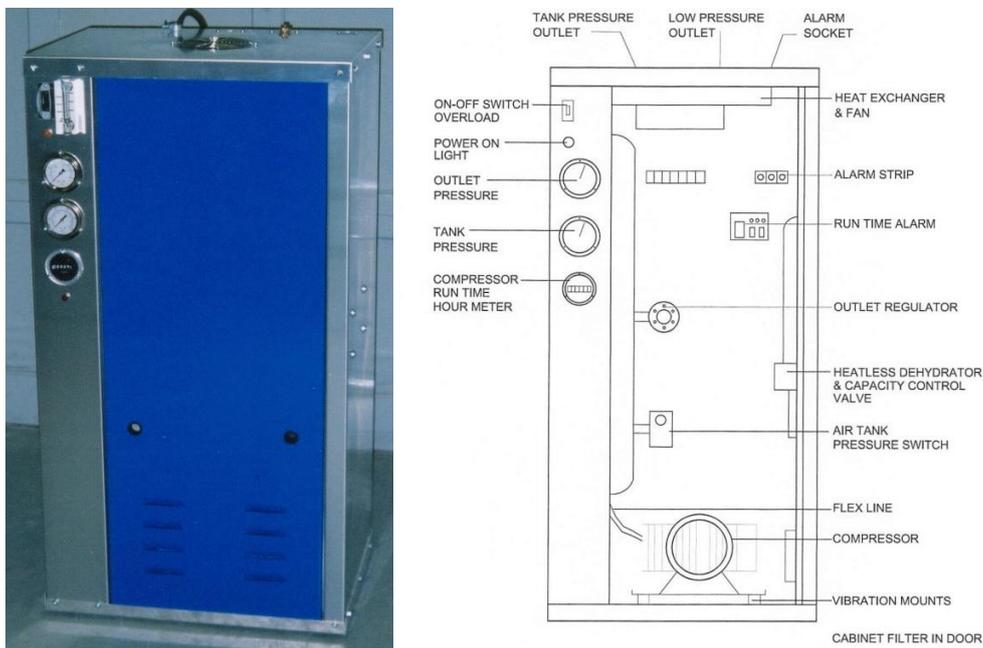


Figura 18. Vista externa Secador de aire 2500.

Características del Compresor de secado de aire

- Capacidad hasta 4200 scfd.
- Compresor libre de aceite.
- Protección térmica.

- Desecante no calórico.
- Aire seco de -40°C pr.
- Acceso rápido a compresor.
- Acceso fácil de los componentes.
- Dentro gabinete.
- Alarmas de falla de potencia y alta humedad con válvula de “by-pass”.
- Alarmas de sistema de presión alta-baja.
- Gabinete ventilado y filtrado.
- Nivel de ruido bajo.
- Mantenimiento normal anual para compresor y deshidratador.

Especificaciones del secador de Aire

MODEL:	2500HTL1-CBC
OUTPUT PRESSURE:	Adjustable 0 - 5 psig
DRYER TYPE:	Heatless Desiccant and Oilless Compressor
OUTLET AIR HUMIDITY:	Less than 2% R.H. @ 70° F
AMBIENT OPERATING TEMP. RANGE:	+32° F (0° c) to 120° F (49°C)
WEIGHT:	170 lbs.
DIMENSIONS:	Height: 47" (122 cm.) Width: 24" (64 cm.) Depth: 18" (56 cm.)

NORMAL OUTPUT CAPACITY:	1200 SCFD
EMERGENCY OUTPUT CAPACITY:	2000 SCFD
POWER REQUIREMENTS:	115 VAC 15 AMP

2.2.5. Esquemas Eléctricos. Arquitectura de la propuesta

Los esquemas eléctricos corresponden a la propuesta del hardware y el diseño utilizando en el software WinRelay 2.0, donde se muestran el esquema general y de fuerza, además de los bloques de entrada/salida analógicos y digitales del PLC **ver anexos 5**.

Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema se muestra de forma jerárquica y está estructurada como se muestra en la figura 19 y sus interconexiones se muestran a continuación:

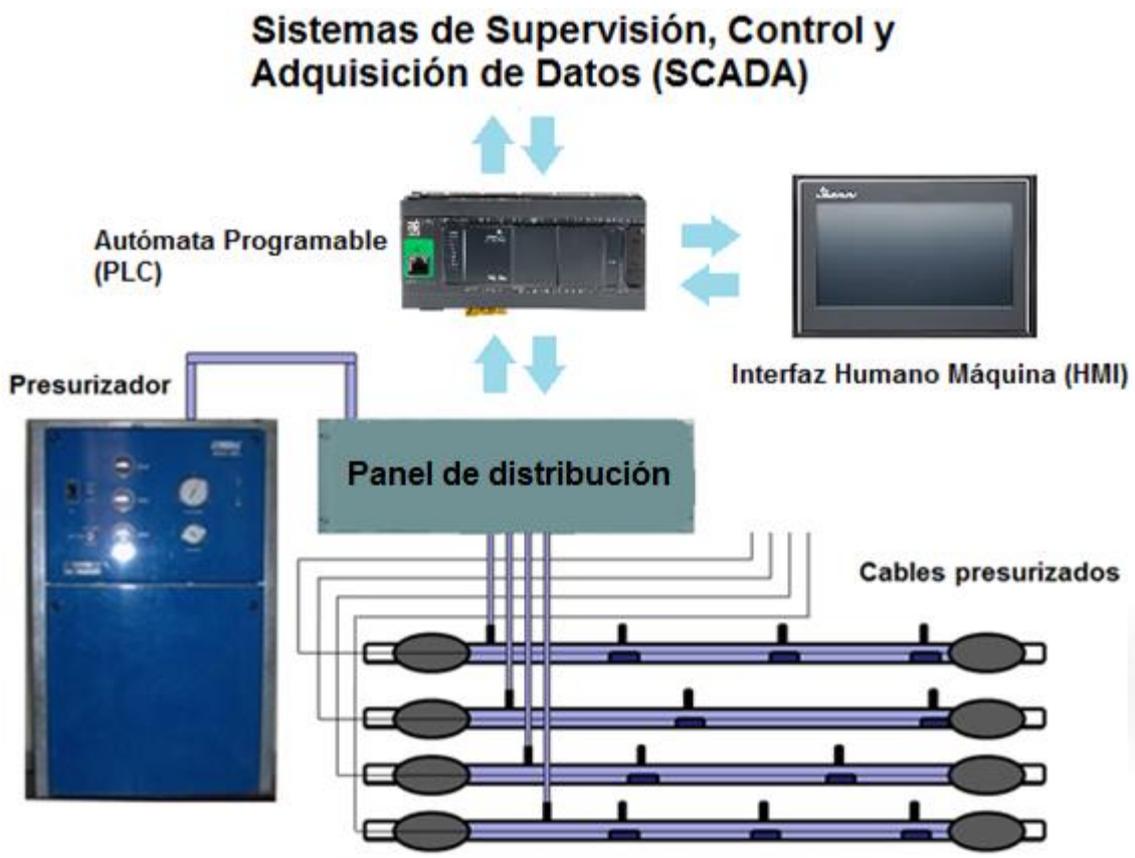


Figura 19. Arquitectura del Sistema propuesto.

2.3. Propuesta del Software

2.3.1. Software para la programación del Controlador.

Para la programación de los autómatas programables de la serie M2XX se utilizan software desarrollado por el fabricante, que son un conjunto de herramientas para el desarrollo y depuración de aplicaciones en un proyecto.

SoMachine Logic Builder proporciona el entorno de configuración y programación para los proyectos de SoMachine que cree con SoMachine Central. Muestra los diferentes elementos de un proyecto en vistas separadas que se pueden organizar la interfaz de usuario de SoMachine y en el escritorio, en función de las necesidades individuales.

Esta estructura de vistas permite añadir elementos de hardware y software al proyecto mediante el método de arrastrar y soltar. Los principales cuadros de diálogo de configuración que permiten crear contenido para el proyecto se proporcionan en el centro de la pantalla de Logic Builder. Además de una sencilla configuración y programación, Logic Builder también proporciona potentes funciones de diagnóstico y mantenimiento.

Logic Builder permite programar la lógica y añadir dispositivos a los proyectos de SoMachine que cree con SoMachine Central. Para ayudarle a realizar estas tareas, ofrece las funciones siguientes:

- Las vistas independientes del catálogo de hardware **Controlador, HMI & iPC, Field Devices & Modules y Varios** permiten añadir dispositivos de hardware al proyecto sólo con arrastrar y soltar. También le permite utilizar plantillas de dispositivos y de funciones.
- Las vistas independientes del catálogo de software para **Variables, Activos, Macros, Herramientas, Bibliotecas** permiten añadir diferentes tipos de elementos de software sólo con arrastrar y soltar. La vista **Activos**, por ejemplo, permite crear y gestionar bloques de funciones y POU.

Para visualizar sólo las vistas relevantes para la tarea que se está llevando a cabo, SoMachine ofrece perspectivas individuales para la configuración de hardware y de software y la modalidad online. Podrá adaptar esas perspectivas predeterminadas a sus necesidades específicas y también podrá crear sus propias perspectivas con las vistas que utiliza con más frecuencia.

Logic Builder consta de los siguientes elementos:

- Menús y barras herramientas.
- Vistas del Navegador.

- Vistas del Catálogo.
- Panel del editor principal.

Cuando abre Logic Builder, se ofrece un diseño de pantalla predeterminado. Puede adaptar los elementos en función de los requisitos individuales según se describen en el capítulo *Personalización de la interfaz de usuario* (Figura 16). Puede ver y modificar la configuración actual en el cuadro de diálogo, Personalizar, está disponible de forma predeterminada en el menú.

Herramientas.

También puede organizar las vistas y las ventanas en cualquier momento desplazándolas, acoplando/desacoplando las vistas, cambiando el tamaño de las ventanas o bien cerrándolas. Las posiciones se guardan con el proyecto. Cuando vuelve a abrir un proyecto, los elementos están colocados en las posiciones en las que se dejaron cuando se guardó el proyecto. Las posiciones de las vistas se guardan por separado en perspectivas.

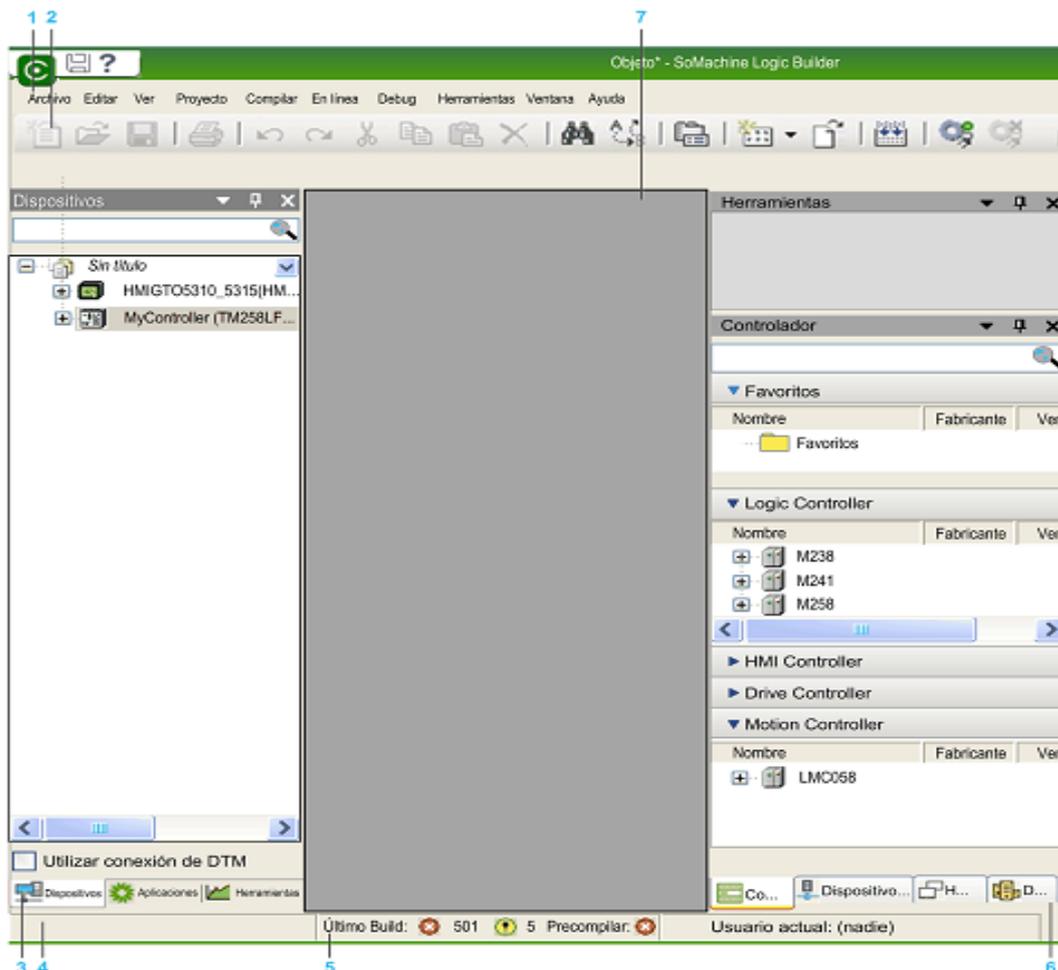


Figura 20. Ventana de trabajo del Software SoMachine-4.3.0.0.

1. Barra de menús.
2. Barra de herramientas.
3. Navegadores de varias fichas: árboles de Dispositivos, Herramientas, Aplicaciones.
4. Vista Mensajes.
5. Barra de estado e información.

2.2.2. Algoritmos de Trabajo para la programación del Controlador.

Para la programación de la aplicación se confeccionó el Grafset del sistema donde se muestra las diferentes acciones (rutinas) del sistema desde que se conecta la alimentación.

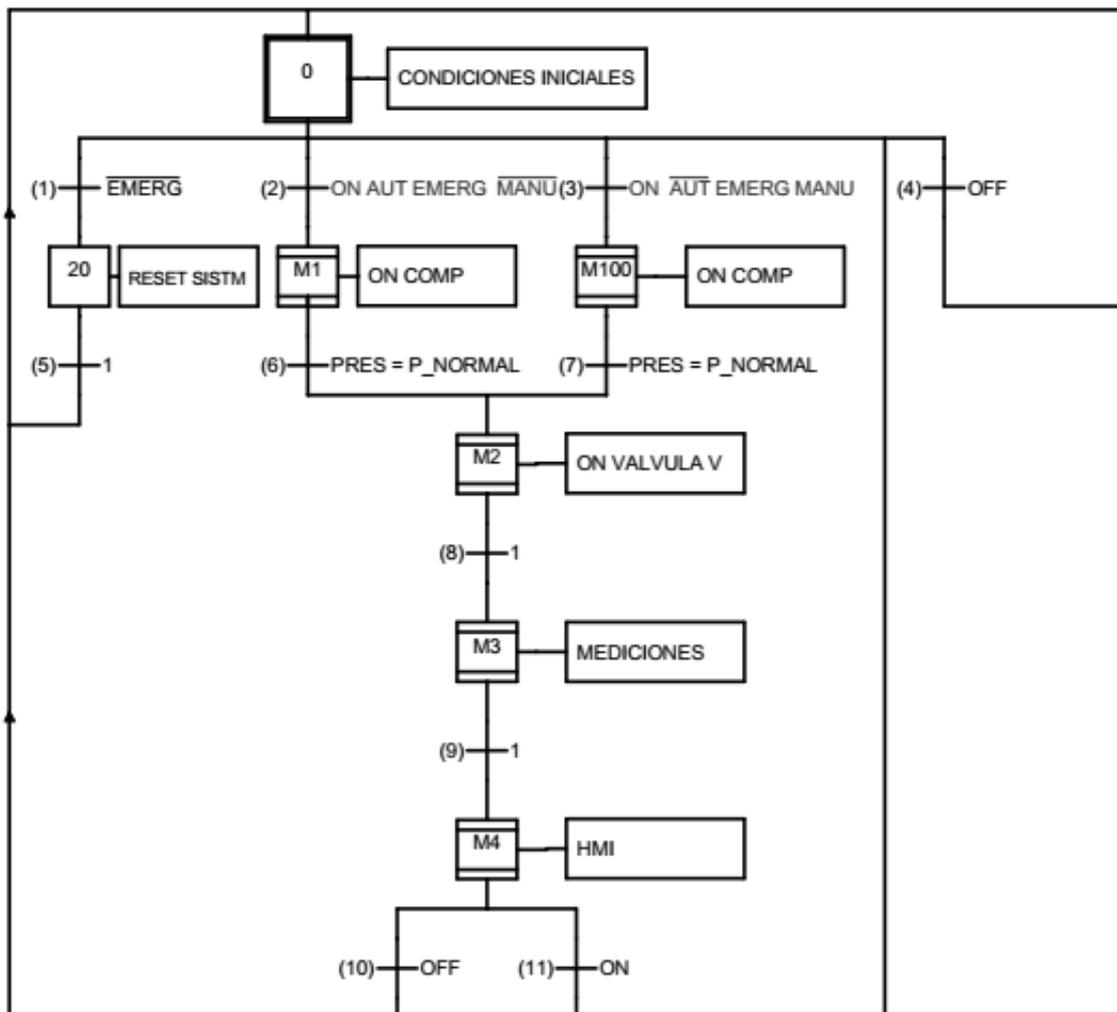


Figura 21. GRAFCET del Algoritmo principal de funcionamiento de la propuesta.

La rutina principal se muestra en la figura anterior. Cada macroetapa representa un subproceso que se muestran en los anexos del 9 al 11

A continuación, se muestran las tablas de variables de entradas/salidas digitales y entradas analógicas que se utilizarán para la programación de la propuesta.

Tabla 4. Entradas digitales.

No	Variable	Entrada PLC	Descripción
1	ON_OFF	%I0.0	Interruptor de Encendido y apagado
2	AUTO	%I0.1	Régimen Automático
3	MANU	%I0.2	Régimen Manual
4	EMERG	%I0.3	Paro por Emergencia
5	COMP1_ON	%I0.4	Arranque Manual Compresor 1
6	COMP2_ON	%I0.5	Arranque Manual Compresor 2
7	INTMAN_V1	%I0.6	Interruptor accionamiento manual V1
8	INTMAN_V2	%I0.7	Interruptor accionamiento manual V2
9	INTMAN_V3	%I0.8	Interruptor accionamiento manual V3
10	INTMAN_V4	%I0.9	Interruptor accionamiento manual V4
11	INTMAN_V5	%I0.10	Interruptor accionamiento manual V5
12	INTMAN_V6	%I0.11	Interruptor accionamiento manual V6
13	INTMAN_V7	%I0.12	Interruptor accionamiento manual V7
14	INTMAN_V8	%I0.13	Interruptor accionamiento manual V8
15	INTMAN_V9	%I0.14	Interruptor accionamiento manual V9
16	INTMAN_V10	%I0.15	Interruptor accionamiento manual V10
17	ALARM_1	%I0.16	Alarma ALTA PRESION
18	ALARM_2	%I0.17	Alarma BAJA PRESION
19	ALARM_3	%I0.18	Alarma HUMEDAD
20	ALARM_4	%I0.19	Alarma CTTO ABIERTO
21	ALARM_5	%I0.20	Protección Térmica motor del compresor
22	NOT USED	%I0.21	Reserva
23	NOT USED	%I0.22	Reserva
24	NOT USED	%I0.23	Reserva

Tabla 5. Salidas Digitales

No	Salidas Digitales	Entrada PLC	Sensores
1	LI_SIST ON	%Q0.0	Lampara Indicadora Sistema Encendido
2	LI_AUTO	%Q0.1	Lampara Indicadora Régimen Automático
3	LI_MANU	%Q0.2	Lampara Indicadora Régimen Manual
4	LI_EMERG	%Q0.3	Lampara Indicadora Paro por EMERGENCIA
5	COMP1_ON	%Q0.4	Contactador encendido Compresor 1
6	COMP2_ON	%Q0.5	Contactador encendido Compresor 2
7	EV_C1	%Q0.6	Electro Válvula Cable 1
8	EV_C2	%Q0.7	Electro Válvula Cable 2
9	EV_C3	%Q0.8	Electro Válvula Cable 3
10	EV_C4	%Q0.9	Electro Válvula Cable 4
11	EV_C5	%Q0.10	Electro Válvula Cable 5
12	EV_C6	%Q0.11	Electro Válvula Cable 6

13	EV_C7	%Q0.12	Electro Válvula Cable 7
14	EV_C8	%Q0.13	Electro Válvula Cable 8
15	EV_C9	%Q0.14	Electro Válvula Cable 9
16	EV_C10	%Q0.15	Electro Válvula Cable 10
17	LI_ALARM 1	%Q1.0	Lampara Indicadora ALARMA 1
18	LI_ALARM 2	%Q1.1	Lampara Indicadora ALARMA 2
19	LI_ALARM 3	%Q1.2	Lampara Indicadora ALARMA 3
20	LI_ALARM 4	%Q1.3	Lampara Indicadora ALARMA 4
21	LI_ALARM 5	%Q1.4	Lampara Indicadora ALARMA 5
22	NOT USED	%Q1.5	Reserva
23	NOT USED	%Q1.6	Reserva
24	NOT USED	%Q1.7	Reserva

Tabla 6. Entradas Analógicas

No	Entradas Analógicas	Entrada PLC	Sensores
1	SP_COMP	%IW2.0	Presión a la salida del compresor
2	FLUJ	%IW2.1	Flujo a la salida del compresor
3	TEMP_AIR	%IW2.2	Temperatura del aire
4	SP_C1	%IW2.3	Sensor de Presión cable 1
5	SP_C2	%IW2.4	Sensor de Presión cable 2
6	SP_C3	%IW2.5	Sensor de Presión cable 3
7	SP_C4	%IW2.6	Sensor de Presión cable 4
8	SP_C5	%IW2.7	Sensor de Presión cable 5
9	SP_C6	%IW3.0	Sensor de Presión cable 6
10	SP_C7	%IW3.1	Sensor de Presión cable 7
11	SP_C8	%IW3.2	Sensor de Presión cable 8
12	SP_C9	%IW3.3	Sensor de Presión cable 9
13	SP_C10	%IW3.4	Sensor de Presión cable 10
14	NOT USED	%IW3.5	Reserva
15	NOT USED	%IW3.6	Reserva
16	NOT USED	%IW3.7	Reserva

2.4. Impacto de la propuesta

Disminución en gastos en energía eléctrica, reparaciones continuas y bajo costo de recursos humanos ya que el sistema propuesto es automático. En el sistema actual la presurización no cuenta con un sistema capaz de monitorear con exactitud el control de las variables y no información de alarmas críticas de la red presurizada. La propuesta prevé lograr una mejor eficiencia en el sistema de presurización, lograr controlar parámetros en tiempo real he informar de alarmas críticas del sistema.

2.4.1. Valoración Económica

La generalización de una solución como la desarrollada en este trabajo, permite como se plantea en los epígrafes iniciales, actualizar y mejorar la eficiencia en el monitoreo y gestión del sistema de presurización; además del costo reducido, se lograría un considerable ahorro de recursos materiales y humano, buenas condiciones de trabajo para el personal, poco consumo de tiempo. Se presenta un tema no solo del punto de control de autómatas, sino también sus aportes en la construcción de la economía, mediante la innovación y generación de conocimiento en soluciones de base tecnológica, más allá de una adaptación de tecnología.

Tabla 7. Costo material de la propuesta

No	Descripción	U/M	CANT	PRECIO UNIT	IMPORTE (MLC)
1	MODICON M241 TM241CE40R	u	1	1,535.25	1,535.25
2	Módulo de SD TM3DQ8RG	u	1	850.00	850.00
3	Módulo de EA TM3AI8G	u	2	925.00	1,850.00
4	Interruptor de selección ON/OFF	u	1	10.00	10.00
5	Selector 2 posiciones AUTO/MANU	u	1	15.26	15.26
6	Interruptor de EMERGENCIA	U	1	21.40	21.40
7	Pulsadores Xa2ea31	U	2	8.36	16.72
8	Pulsadores BAW-32	U	10	15.25	152.50
9	Sensor de Presión CS 10	U	11	330.60	3,636.60
10	Sensor de flujo modelo 3202.30/XXX weber Sensors GmbH	U	1	368.12	368.12
11	Termoresistencia PT 100	U	1	45.50	45.50
12	Interface Hombre Máquina HMIGTO2300	U	1	750.92	750.92
13	Válvula solenoide EV220A	U	10	19.46	194.60
14	Cable de programación RS -232	U	1	25.00	25.00
15	Contactador magnético C60	U	2	50.00	100.00
16	Cables para conexión de dispositivos eléctricos.	m	1	2,138.20	2,138.20
17	Lámparas Indicadoras 24 VDC	U	8	9.56	76.48
18	Gabinete metálico MC 1824 (400X200X100 mm)	U	1	2,058.37	2,058.37
19	Otros accesorios eléctricos	U	1	1,200.86	1,200.86
	TOTAL				15,045.78

Capítulo 2. Propuesta de Sistema de Automatización.

Para expresar el precio en CUP utilizamos la tasa de cambio vigente 1MLC equivale a 25.00 CUP. Generando un total de costo material ascendente a 350,490.50 CUP

Tabla 8. Costo mano de obra de la propuesta

No	Descripción	U/M	Cantidad	Salario/mes	Importe
1	Ingeniero en Automática	U	1	7,500.00	7.500,00
2	Operario de Cables	U	2	6650,00	13.300,00
3	Técnicos en Presurización	U	2	3.200,00	6.400,00
4	Otros Recursos Humanos			2500,00	2500,00
	TOTAL				29,700.00

Tabla 9. Costo Total de la propuesta

No	Descripción	U/M	Importe
1	Costo Material	CUP	350,490.50
2	Costo Mano de Obra	CUP	29,700.00
3	Costo Total (Materiales + Mano de Obra)	CUP	380,190.5
4	Margen de Ganancia (10-20 % del costo Total)	CUP	57,028.57
5	Costo Total de la Propuesta (costo Total + Ganancia)	CUP	437,219.07

Con la implementación de este proyecto se tendría un total de 26000 líneas telefónicas y en aumento, trabajando en óptimas condiciones lo cual de ellas hay un total de 7000 con el servicio de transmisión de datos que es uno de los servicios que más ingreso le genera a la empresa.

En el mes serian 2,100,000.00 CUP de ingresos neto, en el año seria 25,200,000.00 CUP. Esta información se elabora teniendo en cuenta la tarifa del contrato del nauta hogar de \$ 300.00 y la densidad telefónica del Centro Santiago, se obvio el Centro de Vista Alegre y el Distrito José Martí, teniendo en cuenta que la empresa dispone de una tasa de amortización de 30,000.00 CUP/mes, entonces la instalación del sistema se amortiza en 15 meses o sea 1.3 años. Lo que demuestra la factibilidad de su implementación.

2.4.2. Impacto Medioambiental

Al implementar la propuesta se evidencian:

- Mejora de condiciones laborales hacia los operarios.

- Propuesta no agrede al medio ambiente ni modifica las condiciones naturales, porque no es toxica.
- Los materiales son reciclables.
- El controlador es estándar se puede reutilizar.

Por lo que se considera que la propuesta posee un impacto ambiental positivo.

Conclusiones Parciales

En este capítulo se realiza un estudio de las características y del funcionamiento de la propuesta de automatización. Se investiga sobre las características, funciones y ventajas de los PLC, sus módulos de expansión dependiendo de la demanda que pida el proyecto y su importante uso en el mismo y otros aspectos de interés. Esta investigación permite seleccionar el modelo M241, como el más adecuado para implementar la propuesta ya que cuenta con recursos factibles de almacenamiento, rapidez en las operaciones, fácil de manejar, presenta buena propuesta de interfaces para comunicaciones, su capacidad de. Además, se evalúa la propuesta desde la visión económica y medioambiental.

CONCLUSIONES GENERALES

Del análisis de los resultados logrados se arriba a las siguientes conclusiones:

- Se diseñó un Sistema de Automatización de factura nacional que permita diagnosticar y gestionar el estado de los cables en las redes soterradas de ETECSA Santiago.
- Se eligió el autómata programable M241 de Schneider Electric, por sus características, para el desarrollo del sistema de medición, monitoreo y control.
- El algoritmo desarrollado, permite programar el software empleado para la medición de los datos obtenidos de los sensores de presión. Estos logran una precisión y confiabilidad que se ajustan a las necesidades del problema.
- Es Factible económicamente su introducción en las redes de cables de ETECSA

RECOMENDACIONES.

Teniendo en cuenta los resultados alcanzados, se realizan las siguientes recomendaciones:

- ✓ Continuar el desarrollo de herramientas de hardware y software que posibiliten el desarrollo automatizando de unidades de adquisición de datos interactuando con las novedosas tecnologías.
- ✓ Construir e implementar por su factibilidad económica y lo que representa para la empresa (Soberanía tecnológica, menos costo que el sistema actual lo que garantiza ingresos)
- ✓ Hacer extensivo el uso de esta unidad de adquisición de datos a otros territorios del país por la importancia que reviste y por la necesidad de su utilización, permitiendo la transmisión de datos al tercer nivel, para garantizar la comunicación entre todos los elementos de sistema de monitoreo y gestión de la red de cables de cobre presurizada de ETECSA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. PLATH, Secadores de aire para las comunicaciones. Italia: Canadian Puregas Equipment Limited. Disponible en: www.canadianpuregas.com/commS.htm, 2006.
- [2] J. BOCALANDRO, Básico de presurización. Centro de Formacion Nacional ETECSA., 2005.
- [3] S. Domínguez, Problema de humedad en cables multipares., 2016.
- [4] <http://www.oscarszymancyk.com.ar/documentos/ANEXO%2018.pdf>, ANEXO 18.pdf.
- [5] A. F. Quintero Torijano, Software de gestión para monitoreo de red de cobre “ZEPPELINK”, 2018.
- [6] U. <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/transductores.htm>, Transductores.
- [7] M. Fernandez, Diseño de una unidad de adquisición de datos para la medición de la frecuencia en una red de cobre presurizada, 2016.
- [8] PUREGAS, Sistemas de Monitoreo de Presurización. Manual de entrenamiento. Canadá..
- [9] Curso de GRAFCET y GEMMA». <https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/indice.html> (accedido 19 de noviembre de 2022).
- [10] «Departamento Electrónica PLCs DE SCHNEIDER - PDF Descargar libre». <https://docplayer.es/37416697-Departamento-electronica-plcs-de-schneider.html> (accedido 19 de noviembre de 2022).
- [11] «Programmable Logic Controllers | Request PDF», ResearchGate, doi: 10.5120/13439-1291.
- [12] «Lenguajes de Programación - PDF Free Download». <https://docplayer.es/48070676-Lenguajes-de-programacion.html> (accedido 19 de noviembre de 2022).
- [11] K.-H. John y M. Tiegelkamp, *IEC 61131-3: Programming industrial automation systems: Concepts and programming languages, requirements for programming systems, decision-making aids.* 2010, p. 390. doi: 10.1007/978-3-642-12015-2.
- [13] «ESTANDAR DE COMUNICACIONES INTERFAZ RS232 RS422 RS485 PUNTO FLOTANTE S.A.» [En línea]. Available: <https://www.puntoflotante.net/RS485.htm>.

ANEXOS

Anexo 1 Hoja de datos sensor de presión CS 10.



Hoja de datos Sensores de presión CS



Sensores de presión CS V2 2016

1. Seguridad:

iAdvertencia!



Antes de la instalación, la puesta en marcha y el funcionamiento, asegúrese de que se ha seleccionado el sensor de presión adecuado en términos de rango de medición, diseño y condiciones de medición específicas.

La inobservancia puede causar lesiones graves y/o daños al equipo.

iAdvertencia!



- Abra las conexiones solo después de que el sistema haya sido despresurizado.
- Observe las condiciones de trabajo de acuerdo con el capítulo 3 'Datos técnicos'.
- Utilice siempre el sensor de presión dentro del límite de sobrepresión.

iAdvertencia!

iPeligro de lesiones si la cualificación es insuficiente!



Un manejo inadecuado puede causar lesiones y daños considerables al equipo. Las actividades descritas en este manual de instrucciones solo pueden ser ejecutadas por personal cualificado que posea las cualificaciones que se describen a continuación.

Las condiciones de funcionamiento especiales requieren un conocimiento adecuado, por ejemplo, de medios agresivos

iAdvertencia!



Para medios peligrosos como oxígeno, acetileno, gases o líquidos inflamables o tóxicos, y plantas de refrigeración, compresores, etc., además de todas las regulaciones estándar, también se deben seguir los códigos o regulaciones existentes apropiados.

iAdvertencia!



Los medios residuales en los sensores de presión desmontados pueden suponer un riesgo para las personas, el medio ambiente y el equipo. Tome suficientes medidas de precaución.

2. Aplicaciones:

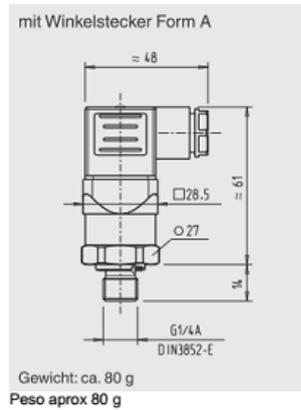
- Construcción de maquinaria
- Herramientas mecánicas
- Tecnología de medición y control. Hidráulica y neumática.
- Bombas y compresores

3. Datos técnicos:

Partes húmedas:	316 L
Carcasa:	316 L
Ausencia de linealidad:	0,5 BFSL
Parámetro:	bar
Tipo de presión:	relativa, absoluta, por vacío
Rango de medición:	0... 16 bares, 32 bares límite de sobrepresión
Conexiones de proceso:	G 1/4A de conformidad con DIN 3852-E
Sellado:	NBR
Temperatura admisible:	0...+80 °C
Señal de salida:	4...20 mA, 2- conductores
Fuente de alimentación:	8...30 VDC
Exactitud a temperatura ambiente:	<± 1% de span (opcionalmente <± 0,5% de span)
Conexión eléctrica:	Conector angular DIN EN 175301-803 A, protección de ingreso IP 65, sección de cable hasta máx. 1.5 mm ² , diámetro del cable: 6 ... 8 mm

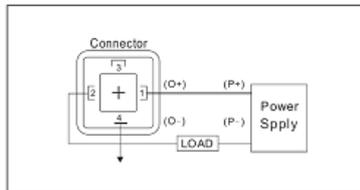
4. Dimensiones del sensor de presión en mm

Con conector angular form A



Conexión eléctrica:

Conexión
Connection



5. Rangos de medición de otros sensores de presión CS:

Presión relativa		0...10	0...16	0...40	0...100	0...250	0...400
bar	Rango de medición						
	Límite de sobrepresión	32	32	80	200	500	800
	N.º de orden 1%	0694 3556	0694 1886	0694 0356			
	N.º de orden 0,5%	0694 3554	0694 3555	0694 3930	0694 3557	0694 3558	0694 3559

Presión absoluta		0...1,6				
bar	Rango de medición					
	Límite de sobrepresión	3,2				
	N.º de orden 0,5%	0694 3550				

Rango de vacío y de medición +/-		-1...+15				
bar	Rango de medición					
	Límite de sobrepresión	32				
	N.º de orden	0694 3553				

Anexo 2. Hoja de datos del sensor de flujo.

Flow meter for gaseous media**vent-captor 3202.30**

The vent-captor type 3202.30; ideal for all measurement and control tasks within automation processes and other industrial applications where gaseous media have to be controlled. The sensor works according to the calorimetric measuring principle which allows the adjustment of the measuring range to a large quantity spectrum. The sensor operates fully electronically and without mechanically moved parts.

- precise flow measurement
- adjustable measuring range
- temperature independent
- analogue current output 4 – 20 mA
robust industrial design (special encapsulation)
- **ISO 9001 : 2015**



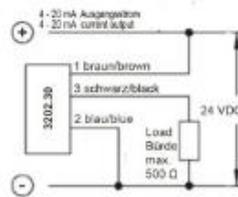
Technical data	
Type	3202.30/xx
Medium	gaseous (aggressive media on request)
Sensor data *1	
Measuring range	0-5 m/s, - 10 m/s, - 20 m/s, - 30 m/s, - 40 m/s, - 50 m/s
Adjustable	continuously from 20 - 100 % by means potentiometer for zero point and range
Adjustment characteristics	linear to flow speed
Linearity deviation	< 5 % best fitting slope
Repeatability tolerance	< 3 %
Medium temperature	-20 °C bis +70 °C
Ambient temperature	-20 °C bis +70 °C
Pressure	with flange: atmospheric / with PG21: max. 1 bar
Temperature drift	< 0,3 % K
Mechanical data	
Protection class	IP 64
Material sensor probe	ceramic with overglaze
Material housing	Ultradur (PBTP)
Mounting accessories	flange (included in delivery) / PG21 on request
Electrical connection	2 m oiflex cable / 3 x 0,5 mm ²
Body dimensions	see drawing at bottom
Electrical data	
Operating voltage	24 VDC ±30 %
Current output	4 - 20 mA
Load	max. 500 Ω
Power consumption	70 mA - 140 mA (max. flow)

*1 all data relate to medium air

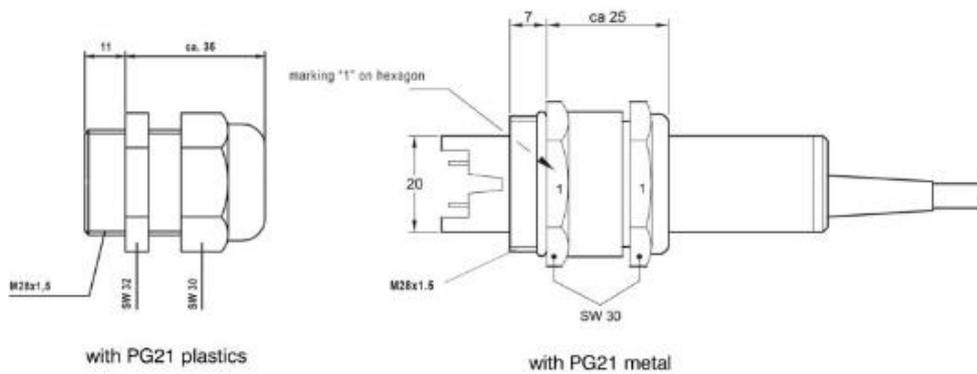
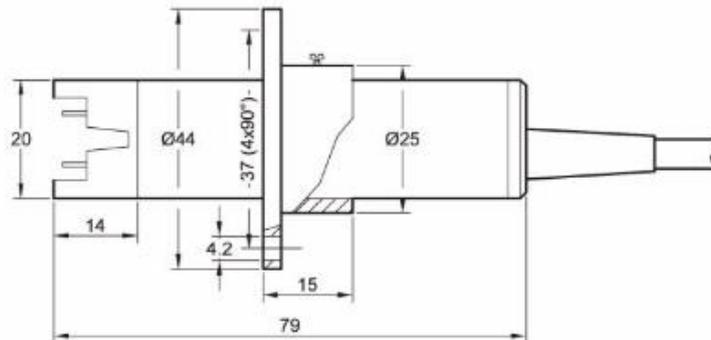
Flow meter for gaseous media
vent-captor 3202.30



connection diagram:



housing dimensions:



Anexo 3a. Hoja de datos del Controlador M241.

Controladores lógicos Modicon M241

Accesorios Modicon M241

Referencias



TM241C24R



TM241C40R



TM241CEC24U



TM241CE24R



TM241CE40T



TM241CE40U



TMC4AI2 TMC4AQ2



TMC4TI2



TMC4HOIS01 TMC4PACK01



TMSD1

Referencias							
Controladores lógicos Modicon M241 ⁽¹⁾							
N.º de E/S lógicas	Entradas lógicas	Salidas lógicas	Puertos de comunicación incorporados ⁽²⁾			Referencia	Peso kg
			Ethernet (RJ45)	CANopen maestro (bornero de tornillos)	Puertos serie (RJ45 y bornero de tornillos)		
Alimentación 100-240 V ~							
24 entradas/ salidas	14 entradas NPN/PNP de 24 V ~, incl. 8 entradas rápidas	10 salidas: con 4 salidas rápidas de transistor PNP y 6 salidas de relé	-	-	1 + 1	TM241C24R	0,530
			1	-	1 + 1	TM241CE24R	0,530
			1	1	1 + 1	TM241CEC24R	0,530
40 entradas/ salidas	24 entradas NPN/PNP de 24 V ~, incl. 8 entradas rápidas	16 salidas: con 4 salidas rápidas de transistor PNP y 12 salidas de relé	-	-	1 + 1	TM241C40R	0,620
			1	-	1 + 1	TM241CE40R	0,620
Alimentación 24 V ~							
24 entradas/ salidas	14 entradas NPN/PNP de 24 V ~, incl. 8 entradas rápidas	10 salidas PNP, incl. 4 salidas rápidas	-	-	1 + 1	TM241C24T	0,530
			1	-	1 + 1	TM241CE24T	0,530
			1	1	1 + 1	TM241CEC24T	0,530
24 entradas/ salidas	14 entradas NPN/PNP de 24 V ~, incl. 8 entradas rápidas	10 salidas NPN, incl. 4 salidas rápidas	-	-	1 + 1	TM241C24U	0,530
			1	-	1 + 1	TM241CE24U	0,530
			1	1	1 + 1	TM241CEC24U	0,530
40 entradas/ salidas	24 entradas NPN/PNP de 24 V ~ incl. 8 entradas rápidas	16 salidas PNP, incl. 4 salidas rápidas	-	-	1 + 1	TM241C40T	0,620
			1	-	1 + 1	TM241CE40T	0,620
			1	1	1 + 1	TM241CEC40T	0,620
24 entradas/ salidas	14 entradas NPN/PNP de 24 V ~, incl. 8 entradas rápidas	16 salidas NPN, incl. 4 salidas rápidas	-	-	1 + 1	TM241C40U	0,620
			1	-	1 + 1	TM241CE40U	0,620
			1	1	1 + 1	TM241CEC40U	0,620
Accesorios para controladores lógicos Modicon M241							
Designación	Descripción		Referencia	Peso kg			
Cartuchos de E/S	2 entradas analógicas (resolución de 12 bits) configurables como: • Tensión de 0...10 V • Corriente de 0...20 mA/4...20 mA Conexión mediante bornero de tornillos		TMC4AI2	0,025			
	2 salidas analógicas (resolución de 16 bits) configurables como: • Tensión de 0...10 V • Corriente de 0...20 mA/4...20 mA Conexión mediante bornero de tornillos		TMC4AQ2	0,025			
	2 entradas (resolución de 14 bits) configurables para sondas de temperatura: • Termopares/PT100/PT1000/Ni100/Ni1000 Conexión mediante bornero de tornillos		TMC4TI2	0,025			
Cartuchos para aplicaciones específicas ⁽³⁾	Aplicación de hoisting: 2 entradas analógicas para una celda de carga Conexión mediante bornero de tornillos		TMC4HOIS01	0,025			
	Aplicación de packaging: 2 entradas analógicas Conexión mediante bornero de tornillos		TMC4PACK01	0,025			
Tarjeta de memoria SD	Copia de seguridad de aplicaciones y transferencia de programas Capacidad: 256 MB		TMSD1	0,004			

(1) Los controladores modulares M241 se suministran con:
Borneros extraíbles (bornos de tornillos) para conectar las E/S con paso de 3,81 mm.
Un bornero extraíble para conectar la alimentación con paso de 5,08 mm.
Una batería de reserva de pila de botón (BR0032).

(2) Todos los controladores lógicos M241 disponen de un puerto de programación USB mini-B incorporado.

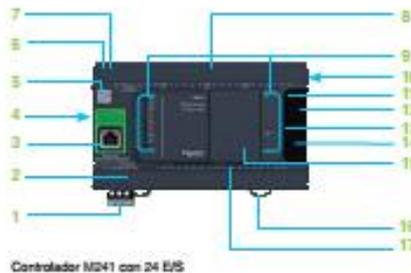
(3) Utilice solo un cartucho de aplicación (insertado en la ranura izquierda de los controladores Modicon M241).

Anexo 3b. Hoja de datos del Controlador M241.

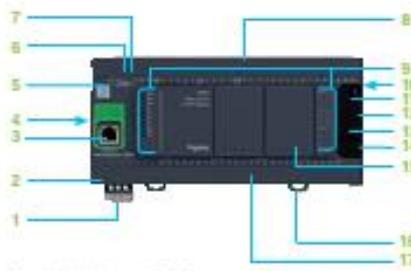
Controladores lógicos Modicon M241

Modicon M241

Descripción, características



Controlador M241 con 24 E/S



Controlador M241 con 40 E/S

Descripción

Controladores M241

- 1 Bornero de tornillos extraíble, 3 bornas para conectar la alimentación 24 V \approx o 100-240 V \sim 50/60 Hz (según el modelo)
 - 2 En controladores TM241CE***: conector para el bus CANopen (bornero de tornillos)
 - 3 En controladores TM241CE****: conector RJ45 para red Ethernet y LED de actividad
 - 4 Conector bus TM4: bus de comunicación para conectar los módulos de comunicación Modicon TM4
 - 5 Código QR para descargar la documentación técnica del controlador
 - 6 Puerto serie SL1 (RS232 o RS485): conector RJ45
 - 7 Puerto serie SL2 (RS485): borneros de tornillos
 - 8 Conexión de entradas lógicas de 24 V \approx : borneros de tornillos extraíbles ⁽¹⁾
 - 9 Bloque de visualización LED que muestra:
 - El estado del controlador y sus componentes (batería, tarjeta de memoria SD)
 - El estado de los puertos de comunicación incorporados (bus CANopen, puertos serie, Ethernet)
 - El estado de las E/S
 - 10 Conector bus TM3 para conectar a los módulos de extensión Modicon TM3
- Detrás de una tapa: 11, 12, 13, 14, 15
- 11 Interruptor de Run/Stop
 - 12 Ranura para tarjeta de memoria SD
 - 13 Ranura para la batería de reserva
 - 14 Conector USB mini-B para programación
 - 15 Ranuras para cartuchos de E/S o cartuchos de aplicación: una ranura en TM241CE24, dos ranuras en TM241CE40
 - 16 Pestaña para bloqueo en carril "L" simétrico
 - 17 Conexión de salidas lógicas de relé/transistor: borneros de tornillos extraíbles ⁽¹⁾

(1) Borneros extraíbles equipados con bornas de tornillos suministradas con el controlador.

Características de los controladores lógicos M241

Conformidad

- Certificados:
 - CE, logo tipo eULus, C-Tick, EAC, LR, ABS, DNV y GL
- Normativa:
 - IEC/EN 61131-2 (Edición 2 2007), UL 508 (UL 61010-2-201), ANSI/ISA 12.12.01-2007, CSA C22.2 N.º 213, N.º 142, E61131-2 e IACS E10

Características ambientales

- Temperatura ambiente de funcionamiento: -10...+55 °C (+14...+131 °F)
- Temperatura de almacenamiento: -40...+70 °C (-40...+158 °F)
- Humedad relativa: 5...95% (sin condensación)
- Altitud de funcionamiento: 0...2000 m
- Altitud de almacenamiento: 0...3000 m
- Inmunidad a vibraciones mecánicas:
 - Para 1131: 5...8,4 Hz (amplitud 3,5 mm); 8,4...150 Hz (aceleración 1 g)
 - Para el sector naval: 5...13,2 Hz (amplitud 1,0 mm); 13,2...100 Hz (aceleración 0,7 g)

Alimentación

- Según el modelo de controlador M241 se dispone de dos tipos de alimentación: 24 V \approx o 100-240 V \sim 50/60 Hz
- Límite de tensión (incluyendo el rizado): 19,2...28,8 V \approx /85...264 V \sim
 - Inmunidad a micro-cortes (clase PS-2): 10 ms
 - Consumo máximo 45 W

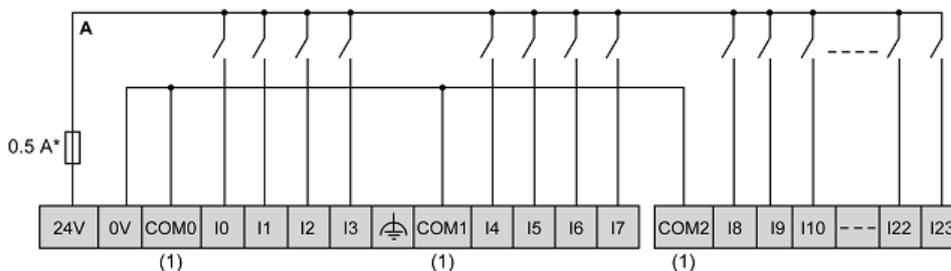
Anexo 4. Hoja de dato Modulo de Entradas Analógicas TM3.

Aplicaciones		Tipo de módulo de extensión	Entradas analógicas
		Compatibilidad	Controladores lógicos Modicon M221 y Modicon M221 Modular Controladores lógicos Modicon M241 Controladores lógicos Modicon M251
Entradas	Número	8 entradas	
	Tipo	Tensión/corriente	
	Rango	- 10...+ 10 V _{DC} 0...+ 10 V _{AC} / 0...20 mA, 4...20 mA	
	Resolución	12 bits o 11 bits + signo	
	Tiempo de lectura	1 o 10 ms (configurable)	
Salidas	Número	-	
	Tipo	-	
	Rango	-	
	Resolución	-	
	Tiempo de transferencia	-	
Tensión de alimentación		Con una fuente de alimentación externa de 24 V _{DC}	
Formato (al × an × pr) mm		23,6 × 90 × 70	
Montaje		Instalación en carril 1/2" simétrico o en panel con un kit de montaje específico TMAM2	
Conexión de cables:			
Tipo de módulo	con borneros de tornillos extraíbles con un paso de 5,08	-	
	con borneros de tornillos con un paso de 3,81	TM3A1B	
	con borneros resorte extraíbles con un paso de 5,08	-	
	con borneros resorte extraíbles con un paso de 3,81	TM3A1BG	
Página		33	

Anexo 5. Esquemas Eléctricos de conexiones de entrada salida.

Diagramas de cableado TM241C•40R

En la siguiente ilustración se muestra el cableado de común positivo (lógica positiva) de las entradas digitales del controlador:

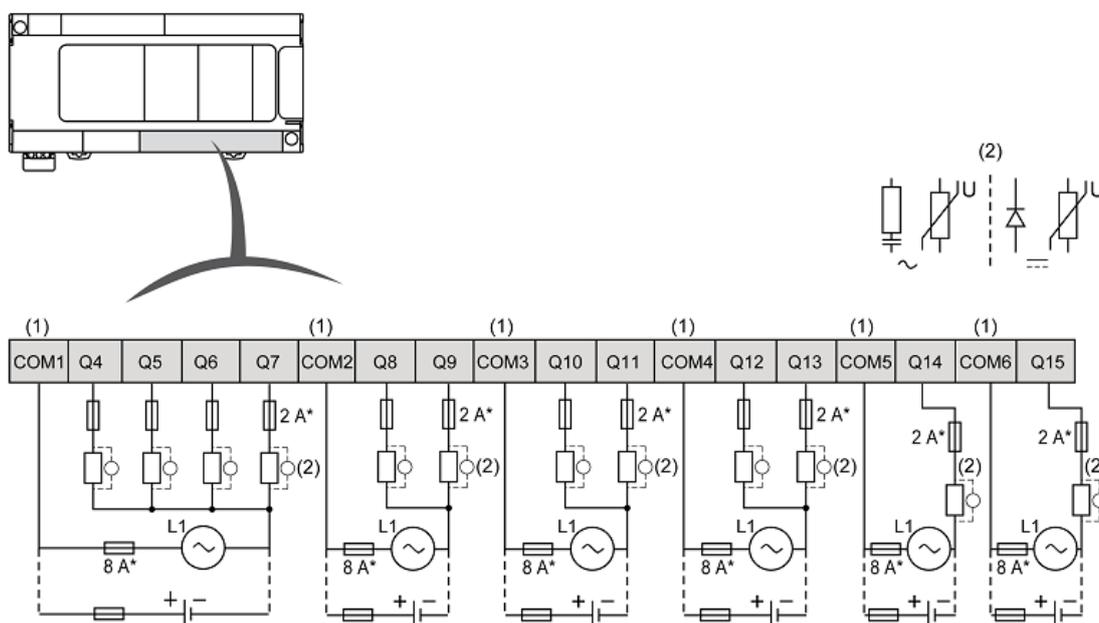


* Fusible tipo T

(1) Los terminales COM0, COM1 y COM2 **no** están conectados internamente.

Diagramas de cableado de salidas de relé TM241C•40R

En la ilustración siguiente se muestra el cableado de las salidas:



* Fusible tipo T

(1) Los terminales del COM1 al COM6 **no** están conectados internamente.

(2) Para mejorar la vida útil de los contactos y como protección contra posibles daños por carga inductiva, debe conectar en paralelo un diodo de ejecución libre a cada una de las cargas inductivas de CC o en paralelo una supresión RC a cada una de las cargas inductivas de CA.

Anexo 6. Datos técnicos HMI Magelis GTO2300.

Selection guide

Operator dialogue terminals
Magelis™ GTO Optimum Advanced Panels

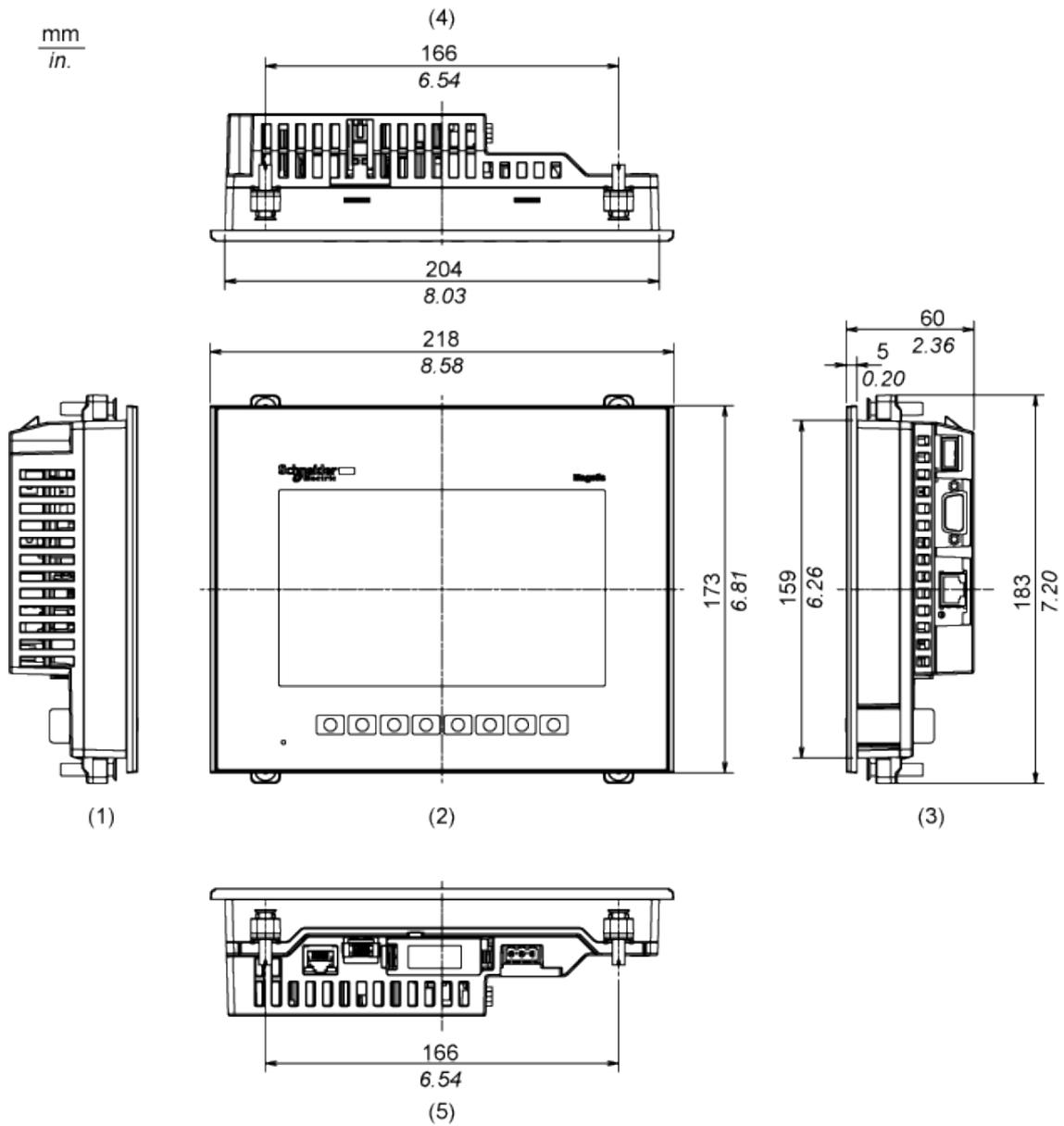
Applications	Display of text messages, graphic objects and synoptic views Control and configuration of data
Type of terminal	Optimum Advanced Panels, touch screen
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP 65 (IP 67 with addition of a cover)



Display	Type	Colour TFT LCD, backlit 320 x 240 pixels (QVGA)	Colour TFT LCD, backlit 800 x 480 pixels (WVGA)
	Capacity	3.5"	5.7"
Data entry	Static function keys	6 function keys (static or dynamic)	8 function keys (static or dynamic)
	Dynamic function keys	-	-
	Service keys	-	-
	Alphanumeric keys	-	-
Memory capacity	Applications	64/96 MB Flash EPROM (1)	96 MB Flash EPROM
	Expansion	-	By 4 GB SD card (except HMI GTO2300)
Functions	Maximum number of pages	Limited by internal Flash EPROM memory capacity	Limited by capacity of internal Flash EPROM memory or of SD card
	Variables per page	Unlimited (8000 variables max.)	
	Representation of variables	Alphanumeric, bitmap, bargraph, gauge, tank, tank level indicator, curves, polygon, button, LED	
	Recipes	32 groups of 64 recipes comprising 1024 ingredients max.	
	Curves	Yes, with log	
	Alarm logs	Yes	
	Real-time clock	Built-in	
	Discrete I/O	-	
	Multimedia I/O	-	
	Communication	Downloadable protocols	Uni-TE (2), Modbus, Modbus TCP/IP (1) and for PLC brands: Mitsubishi, Omron, Allen-Bradley and Siemens
Asynchronous serial link		RS 232C (COM1) and RS 485 (COM2) except HMI GTO1310: RS 232C/485 (COM1)	
USB ports		1 type A host connector + 1 mini-B connector	
Buses and networks		Ethernet TCP/IP (10BASE-T/100BASE-TX) (3), Modbus Plus and Fipway via USB gateway	
Development software	Printer link	RS 232C (COM1) serial link (4) and USB port for parallel printer	
	Operating system	Vijeo Designer (on Windows XP and Windows 7) Magelis (333 MHz RISC CPU)	
Type of terminal	HMI GTO1300 HMI GTO1310	HMI GTO2300 HMI GTO2310	HMI GTO3510

Page 1/43
 (1) Depending on model.
 (2) Uni-TE version V2 for Twido controller and TSX Micro/Premium platform.
 (3) Except HMI GTO1300 and GTO2300 (Modbus Plus and Fipway via USB gateway only).
 (4) Except HMI GTO1310 (USB port for parallel printer only).

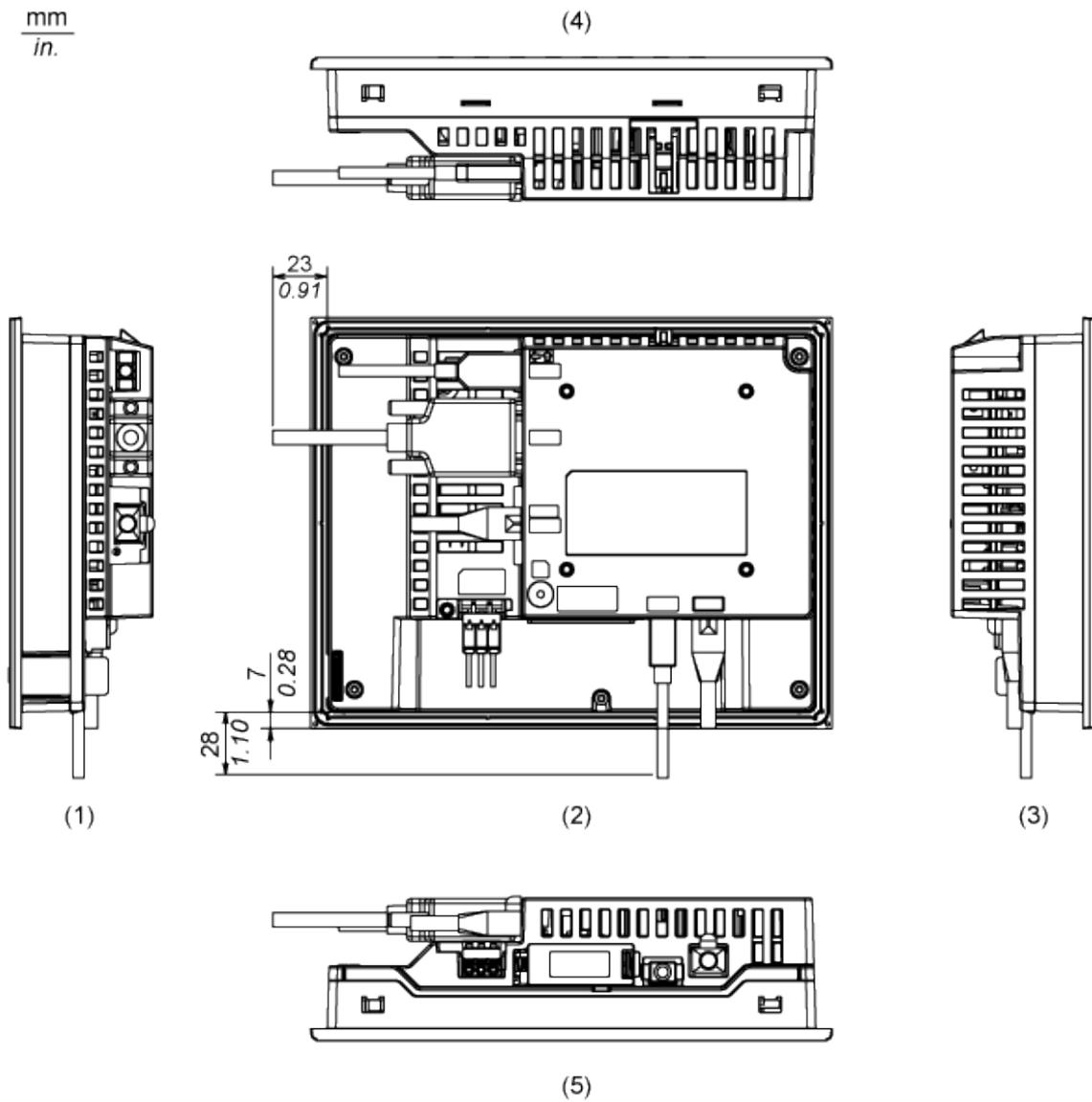
Anexo 7: HMI Magelis GTO2300. Instalación con tornillos de fijación.



1. Lateral izquierdo.
2. Parte frontal.
3. Lateral derecho.
4. Parte superior.
5. Parte inferior.

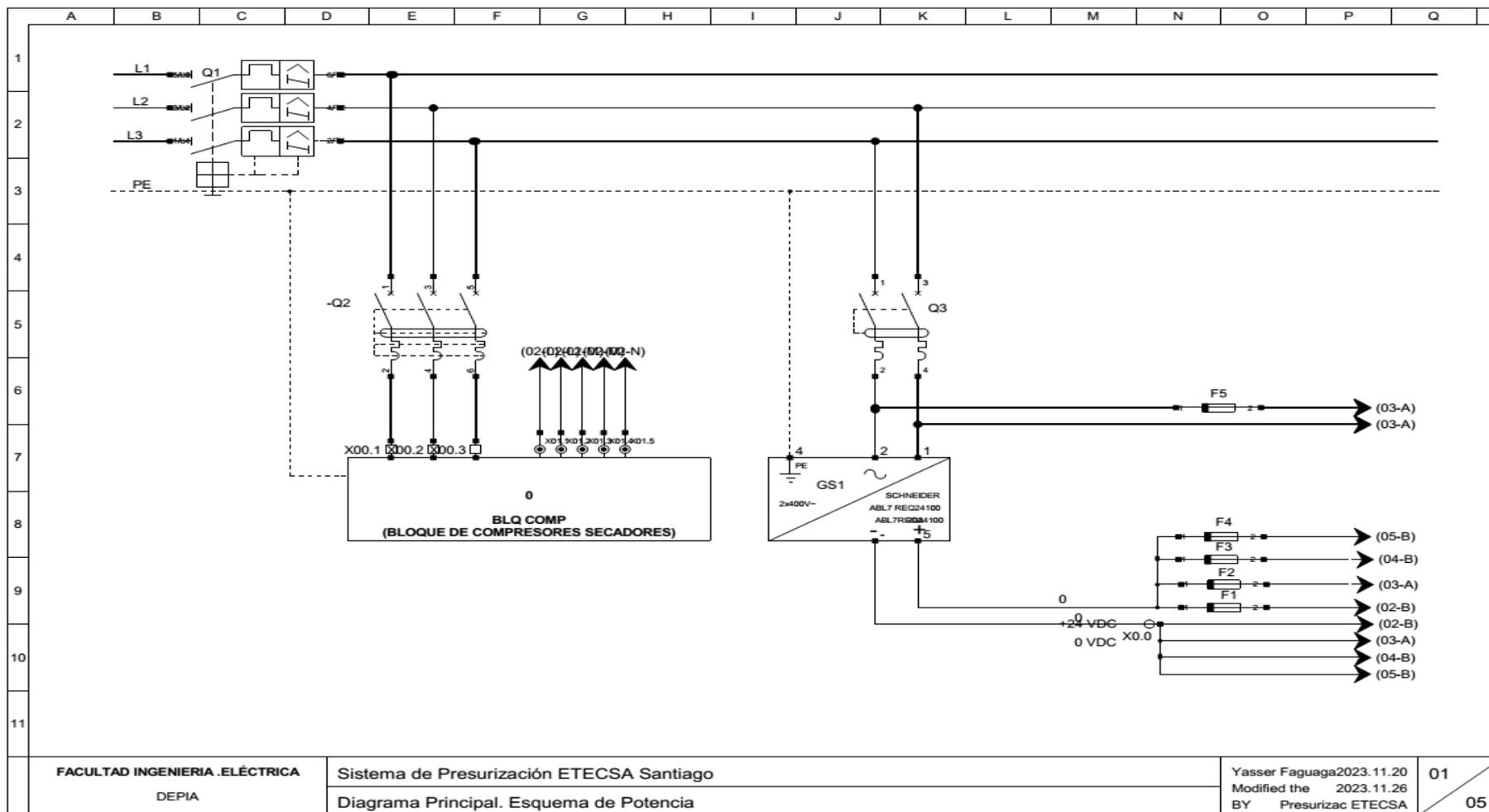
Dimensiones con cables.

$\frac{\text{mm}}{\text{in.}}$

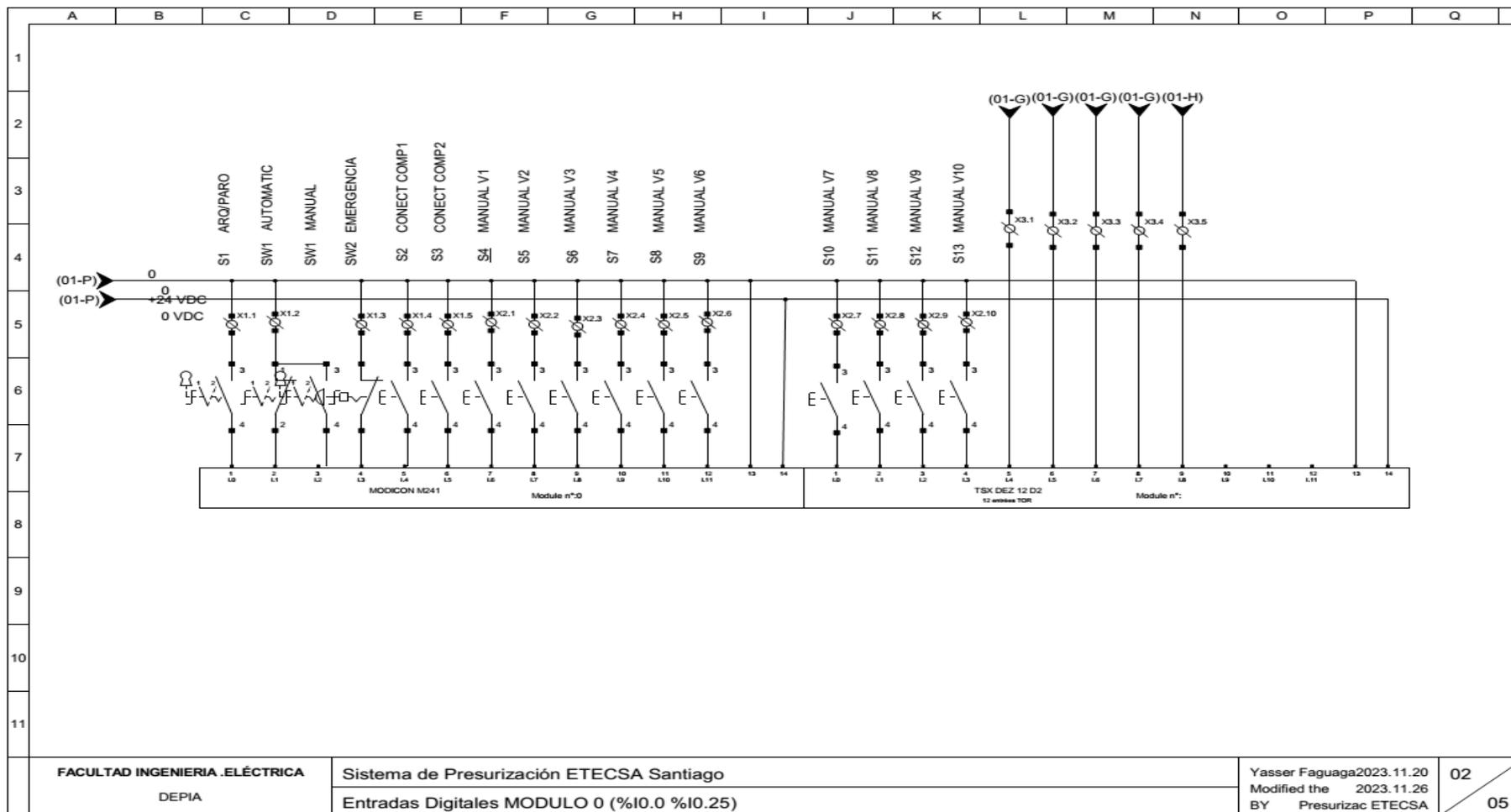


1. Lateral izquierdo.
2. Parte posterior.
3. Lateral derecho.
4. Parte superior.
5. Parte inferior.

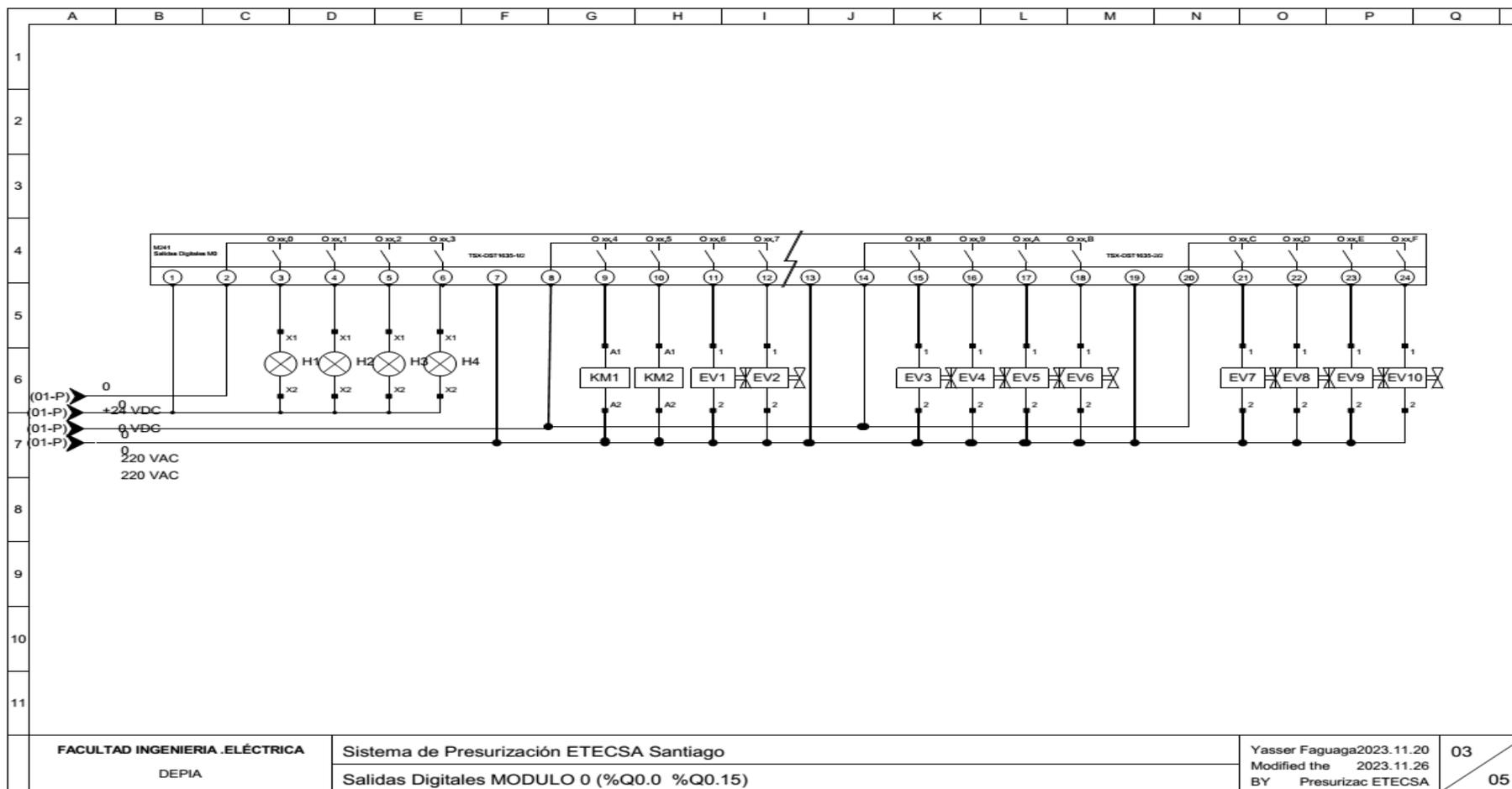
Anexo 8a. Esquema eléctrico general del sistema propuesto.



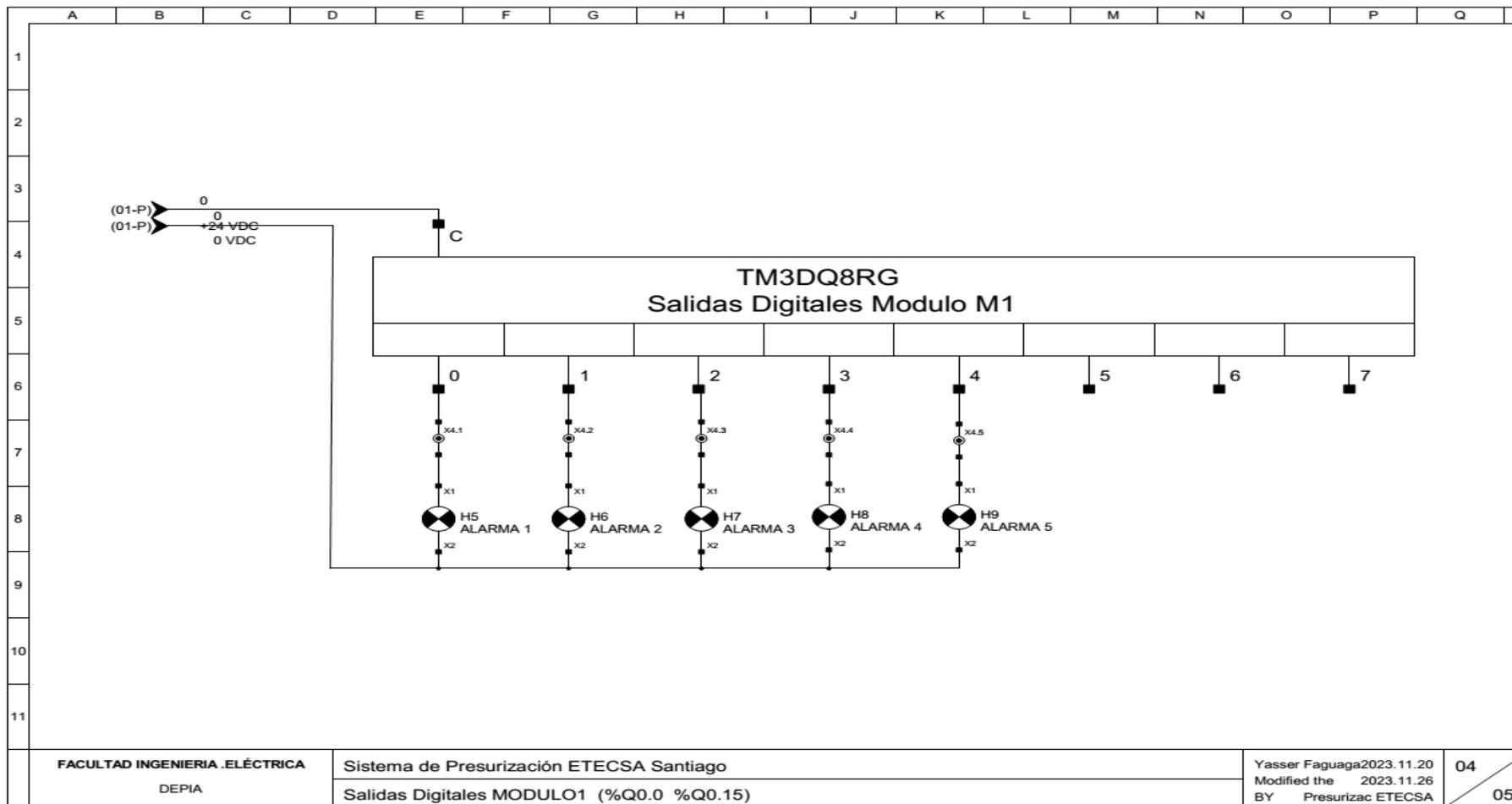
Anexo 8b. Esquema eléctrico Entradas Digitales.



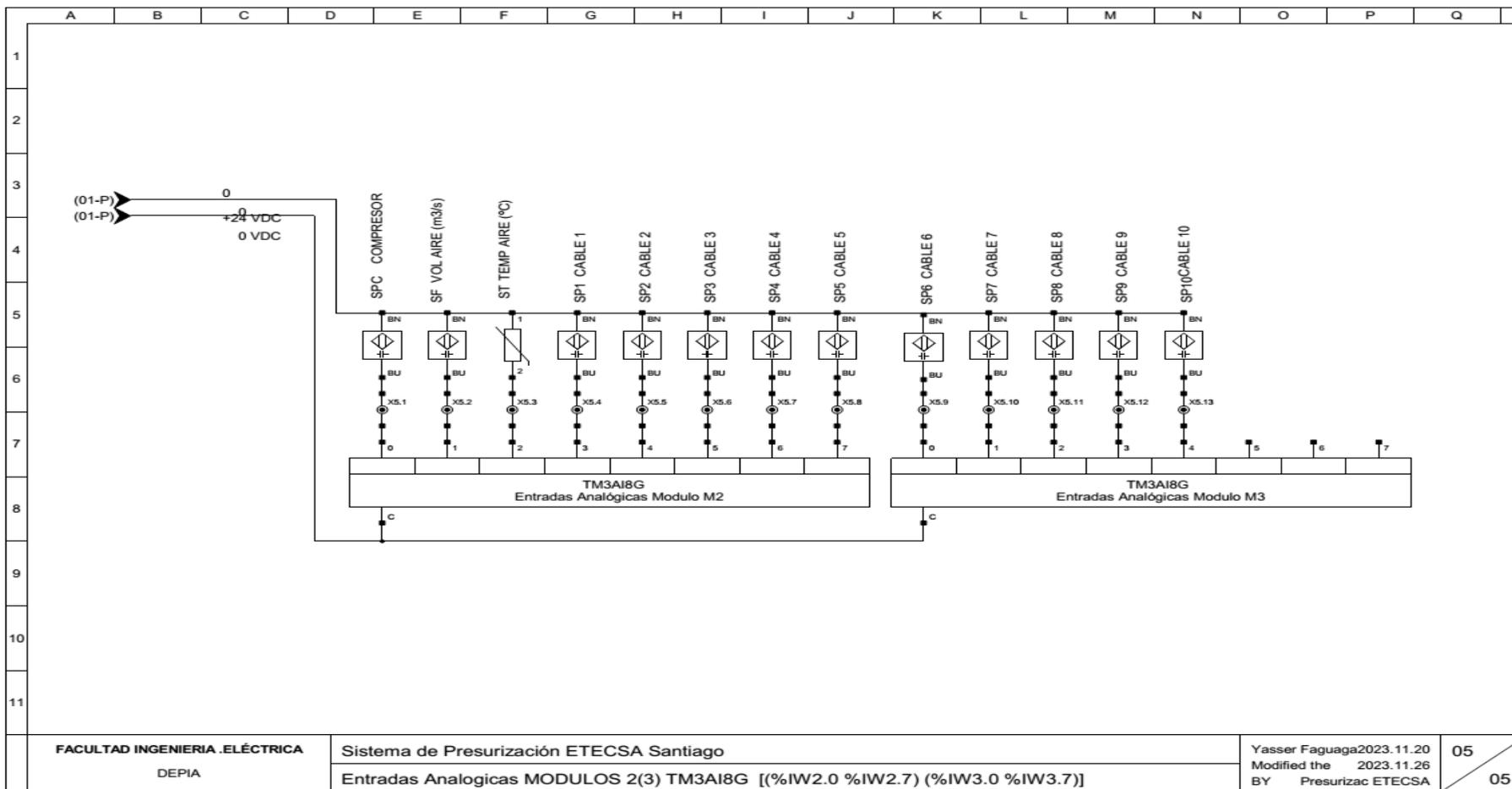
Anexo 8c. Esquema eléctrico Salidas Digitales Módulo 0.



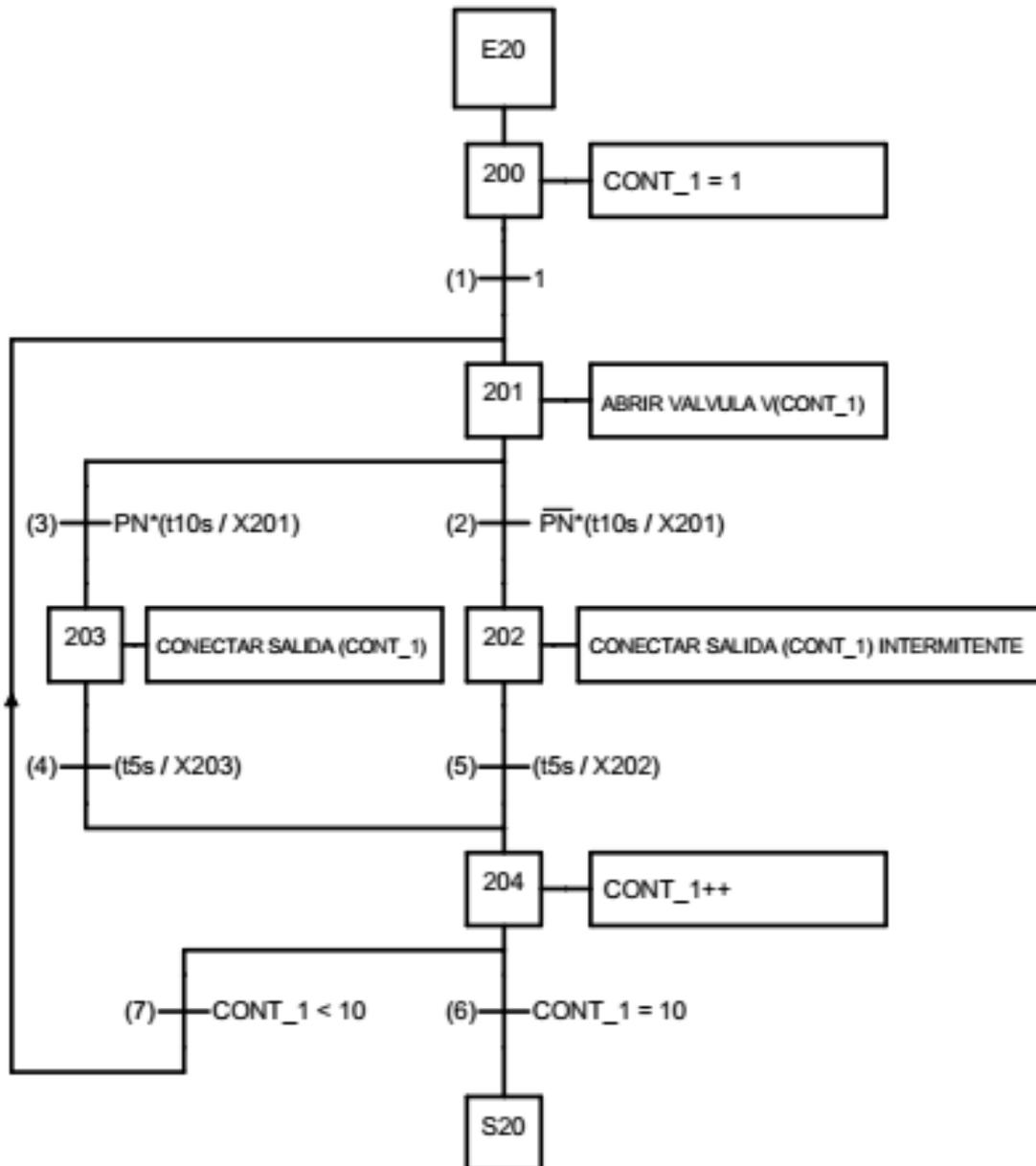
Anexo 8d. Esquema eléctrico Salidas Digitales Módulo 1.



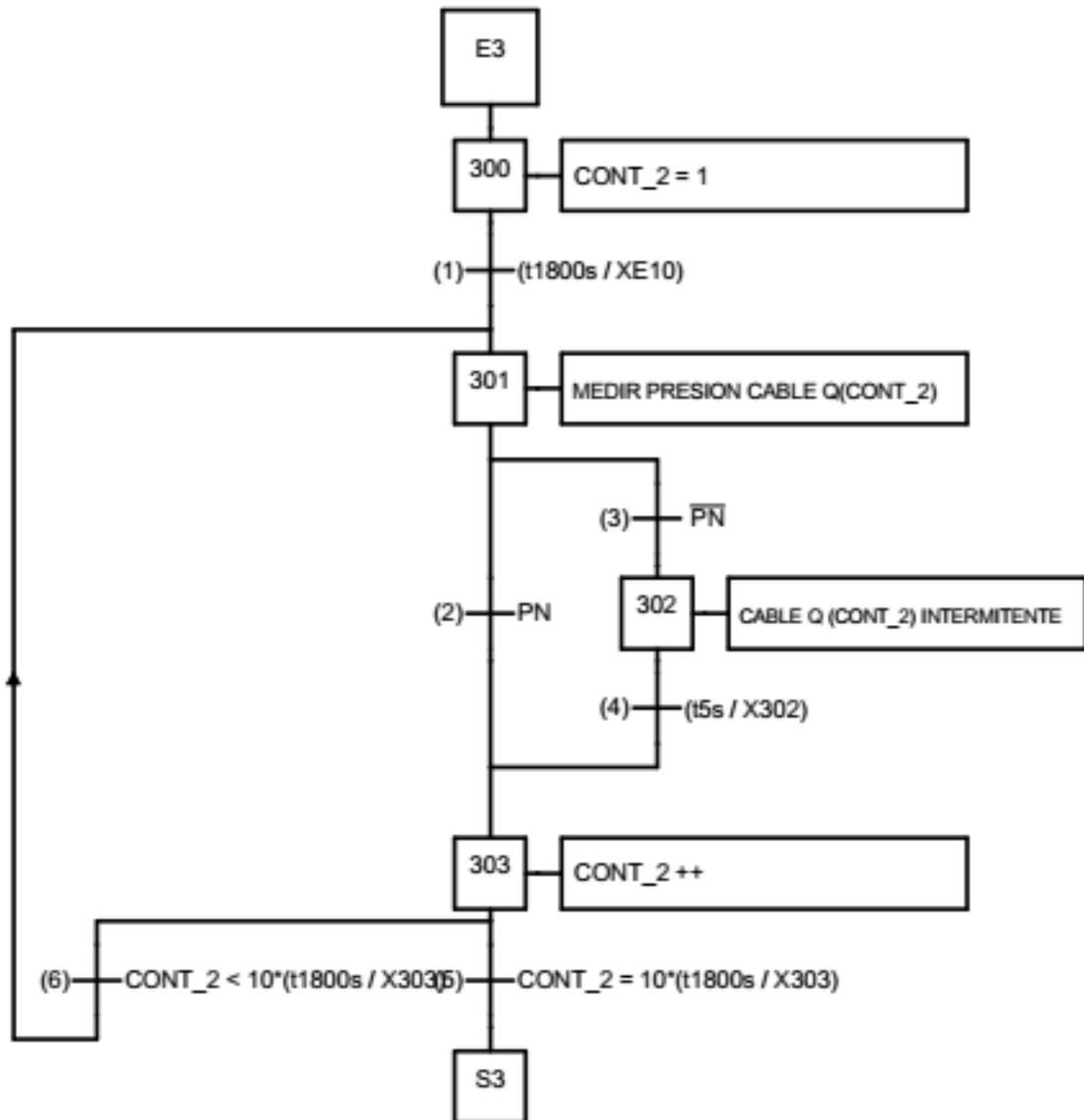
Anexo 8e. Esquema eléctrico Entradas Analógicas Módulos 2 y 3.



Anexo 9. GRAFCET. Secuencia de inicialización de las válvulas.



Anexo 10. GRAFCET. Secuencia de medición de la presión.



Anexo 11. GRAFCET. Fallas y alarmas de los compresores.

