

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN
TIPOGRÁFICA MARCA ONDA MODELO OPM-W270III**

**Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Jhonny A. Martínez F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista**

Caracas, 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA MARCA ONDA MODELO OPM-W270III

Prof. Guía: Ing. Daniel Passariello
Tutor Industrial: Ing. Javier Hauser

**Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Jhonny A. Martínez F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista**

Caracas, 2016

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 02 de marzo de 2016

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller L. Jhonny A. Martínez F., titulado:

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA
MARCA ONDA MODELO OPM-W270III”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Industrial, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. José Romero
Jurado

Prof. Nerio Ojeda
Jurado

Prof. Daniel Passariello
Prof. Guía

DEDICATORIA

A mi hermosa Lili.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida y las oportunidades que he tenido.

A mi familia, por darme una niñez estupenda y unos valores que toda persona desearía. Especialmente a mi Tía Gorda por criarme y criar a mi hija mientras yo estudiaba. Mención a mi tía Janne y mi padrino Felix por apoyarme siempre y ser los mejores jefes. Finalmente a mis padres Jhonny Martínez y Teresa Figueroa por la asesoría en la realización de este documento.

A Jessica Guevara por compartir conmigo la vida, nuestra hija, sus chocolates escondidos y sus sentimientos sinceros.

A mis hermanos Miguel Carrasco y Misael Carrasco, por estar siempre presentes en los momentos mas importantes y por todas las vivencias y sueños compartidos.

A la Ing. Loredana Carro por ser la mejor compañera de estudios y amiga que cualquiera podría tener y a Ruben Mijares y Carlos Pagliarone por brindarme la mejor de las experiencias ucevistas.

Al Ing. Javier Hauser, Ing. Jhonathan Murillo y todo el equipo de JHM Electricidad 2010 C.A., Ing. John Ruda, Cristian Barrios, Jesús Borges, Daniel Martínez y Ányela Artículo. Por ser un excelente equipo de trabajo y prestarme toda la ayuda posible.

A todos mis profesores de la escuela de eléctrica por el sacrificio que hacen para que nosotros podamos surgir.

Martínez F. Jhonny A.

AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA MARCA ONDA MODELO OPM-W270III

Prof. Guía: Ing. Daniel Passariello. Tutor Industrial: Ing. Javier Hauser. Caracas UCV Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Industrial. Institución: JHM Electricidad 2010, C.A. Trabajo de Grado. 2016. 104 hojas + anexos.

Palabras Claves: Automatización, PLC, HMI, Variador de frecuencia, Secado UV.

Resumen. Se plantea el diseño de un sistema de control automatizado para una máquina de impresión tipográfica, para lo cual se propone analizar los principales fundamentos de automatización para maquinarias rotativas, describir las características de la máquina, proponer soluciones según los requerimientos del cliente, seleccionar los equipos e instrumentos del planteamiento seleccionado, desarrollar la programación lógica de manera estructurada, realizar los planos, diagramas y cálculos de canalizaciones necesarias para la implementación, y finalmente diseñar el tablero de control; todo bajo la normativa vigente. La principal necesidad del cliente es controlar la velocidad de impresión, y se determina la utilización de variadores de frecuencia para el accionamiento y control de los motores presentes, y como segundo agregado se requiere adicionar al sistema original un sistema de secado UV. Se direcciona el proyecto a la utilización de un PLC en conjunto con una pantalla de HMI que permita el accionamiento y control de las funciones del equipo. El sistema se divide en cuatro partes, impresión, control de registro, control de bobinas y secado UV, lo cual permite desarrollar la programación y la selección de instrumentos orientados a cada subsistema. El diseño se realiza hasta la fase de ingeniería de detalles y queda a disposición de la empresa para su implementación.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	xiv
ABREVIATURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.- Objetivo general	4
1.2.- Objetivos específicos	4
1.3.- Alcance	5
1.4.- Limitaciones	5
CAPÍTULO II	6
2.- MARCO REFERENCIAL	6
2.1.- Fundamentos de los sistemas de control de máquinas rotativas	6
2.1.1- Automatización	6
2.1.1.1- Consecuencias de la automatización para el ser humano	6
2.1.2.- Tipos de sistemas de control	7
2.1.3.- Tipos de procesos industriales	9
2.1.4.- Plano de identificación de tuberías e instrumentación	9
2.1.5.- Autómata programable	9
2.1.5.1.- Tipos de variables en un autómata programable	10
2.1.5.2.- Sensores digitales para autómatas programables	11
2.1.5.3.- Lógica de un autómata programable	12
2.1.5.4.- Lenguajes de programación	12
2.1.5.4.1- Diagrama de contactos	13
2.1.6.- Arranque de motores de inducción monofásicos	13
2.1.7.- Controladores de velocidad para motores eléctricos de CA	14
2.1.8.- Sensores de detección de presencia	15

2.1.9.- Sensores de detección de contraste	18
2.1.10.- Sensores de medición de temperatura	18
2.1.11.- Sensores de medición de nivel de líquidos	19
2.1.11.1.- Sensores de medición directa	20
2.1.11.2.- Sensores de medición indirecta	20
2.1.12.- Relé de estado sólido	22
2.1.13.- Interfaz Hombre-Máquina	23
2.1.14.- Embrague electromagnético	24
2.1.15.- Selectividad en protecciones eléctricas	25
2.1.16.- Diseño de un tablero de control	27
2.2.- Máquinas de impresión tipográfica	28
2.2.1.- Historia de la impresión tipográfica	28
2.2.2.- Tipos de máquinas de impresión tipográfica	28
2.2.3.- Planchas de impresión tipográfica	29
2.2.4.- Bomba de vacío	29
2.2.5.- Lubricación por recirculación de aceite	30
2.2.6.- Secado por radiación ultravioleta (UV)	31
2.2.6.1.- Sistemas de secado UV tradicionales	31
2.2.6.2.- Sistemas de secado LED UV	32
2.2.7.- Troquelado plano	33
2.3.- Código Eléctrico Nacional	34
2.4.- Comisión Electrotécnica Internacional	34
2.5.- Comisión Venezolana de Normas Industriales	34
2.6.- Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos	35
CAPÍTULO III	36
3.- MÁQUINA DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA ONDA OPM W270III	36
3.1.- Descripción de la máquina Onda OPM W270III	36
3.1.1.- Sistema de debobinado y rebobinado	36
3.1.2.- Sistema de impresión y troquelado	37
3.1.3.- Sistema de control de registro	39
3.1.4.- Requerimientos adicionales	40
3.2.- Definición de variables del sistema	40
3.2.1.- Velocidad de impresión	40
3.2.2.- Número de impresiones	40
3.2.3.- Presencia del papel	41

3.2.4.- Nivel de aceite en el depósito	41
3.2.5.- Marca de registro	42
3.2.6.- Temperatura del contenedor de la lámpara UV	42
3.2.7.- Intensidad de radiación UV	42
CAPÍTULO IV	43
4- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	43
4.1.- Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	43
4.2.- Criterios de diseño para el sistema de control	46
4.3.- Metodología general para la selección de equipos e instrumentos	46
4.4.- Selección de equipos e instrumentos	47
4.4.1.- Selección del controlador principal	47
4.4.2.- Selección de los instrumentos y equipos	48
4.4.2.1.- Sensor de presencia de valle de papel	48
4.4.2.2.- Equipo de accionamiento para los motorreductores	50
4.4.2.3.- Sensor de conteo de impresión	51
4.4.2.4.- Sensor de nivel bajo de aceite	52
4.4.2.5.- Controlador de velocidad del motor principal	53
4.4.2.6.- Equipos de accionamiento para las bombas	54
4.4.2.7.- Equipo de secado de tinta ultravioleta	55
4.4.2.7.1.- Sistema de refrigeración de la lámpara UV	57
4.4.2.7.2.- Válvula del sistema de refrigeración	58
4.4.2.7.3.- Sensor de temperatura de la lámpara UV	58
4.4.2.8.- Sensor de detección de marca de registro	59
4.4.2.9.- Controlador de velocidad del motor de registro	60
4.5.- Selección de conductores	60
4.5.1.- Selección por capacidad de ampacidad y factor de temperatura	60
4.5.2.- Selección por caída de tensión y capacidad de cortocircuito	62
4.6.- Selección de canalizaciones eléctricas	64
4.7.- Selección de protecciones eléctricas	65
4.7.1.- Criterios para selección de protecciones contra sobrecorriente	65
4.7.2.- Criterios de selección de protecciones contra sobrecarga	66
4.7.3.- Equipos de protecciones eléctricas seleccionados	67
4.8.- Selección de la interfaz hombre-máquina	68
4.9.- Selección del contactor principal	69
4.10.- Desarrollo de la programación estructurada para el sistema de control	70

4.10.1.- Definición de variables en el PLC	71
4.10.2.- Bloque FB para el control de impresión general	72
4.10.3.- Bloque FB para el control del secado LED UV	76
4.10.4.- Bloque FB para el control de registro	79
4.10.5.- Programación de la pantalla de interfaz	80
4.10.5.1.- Pantalla de presentación	81
4.10.5.2.- Pantalla principal	82
4.10.5.3.- Pantalla de impresión y registro	83
4.10.5.4.- Pantalla de secado UV	83
4.10.5.5.- Pantalla de estado del sistema	84
4.10.5.6.- Pantallas de ayuda e información	85
4.10.6.- Validación del programa desarrollado	86
4.11.- Diseño del tablero de control	86
4.11.1.- Listado de equipos e instrumentos	86
4.11.2.- Diagrama unifilar y trifilar	87
4.11.3.- Diagrama de control	87
4.11.4.- Diagrama de equipos de medición	88
4.11.5.- Diagrama de detalles	88
4.11.6.- Listado de bornes	88
4.11.7.- Vista interna, frontal, laterales e inferior	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
BIBLIOGRAFÍA	98
GLOSARIO	100
ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las partes de un autómata programable	10
Figura 2. Esquema general de un sensor de tipo PNP	11
Figura 3. Esquema general de un sensor de tipo NPN	12
Figura 4. Diagrama de bloques de un variador de frecuencia	14
Figura 5. Esquema general de un sensor de proximidad inductivo	16
Figura 6. Esquema general de un sensor de proximidad óptico	17
Figura 7. Vista transversal de un embrague electromagnético	24
Figura 8. Curvas tiempo-corriente de interruptores, selectividad amperimétrica	25
Figura 9. Curvas tiempo-corriente de interruptores, selectividad cronométrica	26
Figura 10. Diagrama de interruptores, selectividad lógica	26
Figura 11. Composición del semiconductor del LED UV	33
Figura 12. Partes de la máquina de impresión tipográfica OPM W270-III	36
Figura 13. Esquema del sistema de debobinado y rebobinado	37
Figura 14. Esquema del sistema impresión y troquelado	38
Figura 15. Esquema del sistema de control de registro	39
Figura 16. Plano P&ID	44
Figura 17. Leyenda del plano P&ID	45
Figura 18. Circuito eléctrico de fuerza propuesto para el motor-reductor	51
Figura 19. Circuito para el arranque de las bombas de vacío y lubricación	55
Figura 20. Topología del sistema de secado UV seleccionado	57
Figura 21. Cálculo de caída de tensión y esquema eléctrico referencial.	63
Figura 22. Bloques de programación estructurada.	70
Figura 23. Diagrama de entradas y salidas del PLC	71
Figura 24. Diagrama de flujo del Estado de Emergencia para el bloque Print	72
Figura 25. Diagrama de flujo del motor principal y la bomba de lubricación	73
Figura 26. Diagrama de flujo para la velocidad del motor principal	73
Figura 27. Diagrama de flujo del cloche principal y la bomba de vacío	73
Figura 28. Diagrama de flujo de la rebobinadora y la debobinadora	74
Figura 29. Bloque FB “Print” en diagrama de contactos	75
Figura 30. Diagrama de flujo del Estado de Emergencia para el bloque Led UV	76
Figura 31. Diagrama de flujo para el control del sistema LED UV	77
Figura 32. Bloque FB “LED UV” en diagrama de contactos	77
Figura 33. Diagrama de flujo para el control del sistema LED UV	79

Figura 34. Bloque FB “Register” en diagrama de contactos	79
Figura 35. Bloque DB “DB HMI”	80
Figura 36. Pantalla de presentación	81
Figura 37. Pantalla principal	82
Figura 38. Pantalla de impresión y registro	82
Figura 39. Pantalla de secado UV	83
Figura 40. Pantalla de estado del sistema	84
Figura 41. Pantalla de ayuda	84
Figura 42. Pantalla de información	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de placa del motor trifásico principal	38
Tabla 2. Tabla comparativa de los controladores principales	48
Tabla 3. Tabla comparativa de los sensores de presencia del valle de papel	49
Tabla 4. Tabla comparativa de los equipos de accionamiento para los motorreductores	50
Tabla 5. Tabla comparativa de los equipos detección de leva metálica	51
Tabla 6. Tabla comparativa de los equipos detección de nivel bajo de aceite	52
Tabla 7. Tabla de recomendaciones para la selección de un variador de frecuencia	54
Tabla 8. Tabla comparativa de los equipos de accionamiento para las bombas	55
Tabla 9. Tabla comparativa de los sistemas de secado ultravioleta	56
Tabla 10. Tabla comparativa de los equipos medición de temperatura	59
Tabla 11. Cables seleccionados por ampacidad y factor de temperatura	61
Tabla 12. Determinación de la ampacidad del alimentador principal del tablero	62
Tabla 13. Ampacidades máximas permitidas por los cables seleccionados	64
Tabla 14. Valores nominales máximos de protección contra sobrecorriente	66
Tabla 15. Valores nominales máximos de protección contra sobrecarga	66
Tabla 16. Características de los dispositivos de protección seleccionados.	67

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- ANSI: American National Standards Institute
- AWG: American Wire Gauge
- CEN: Código Eléctrico Nacional
- CODELECTRA: Comité de Electricidad de Venezuela
- COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales
- FONDONORMA: Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad
- HMI: Human machine interface
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association
- PLC: Programable logic controller
- PRTD: Platinum resistance temperature detector
- PVC: Policloruro de vinilo
- RTD: Resistance temperature detector
- RTU: Remote terminal unit
- SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition
- SSR: Solid state relay

ABREVIATURAS

- °C: Grados centígrados
- mA: mili ampere
- Ω : Ohm
- k Ω : kilo ohm
- Pt: Platino
- Std.: Standard
- UV: ultravioleta
- V_{DC} : Voltaje de corriente continua
- V_{AC} : Voltaje de corriente alterna

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología permite automatizar procesos que antiguamente se realizaban de manera manual o de manera asistida por algún operario, quien se encargaba de supervisar cierta variable presente en el proceso y conforme fueran las características, éste tomaría ciertas acciones acordes a las condiciones del sistema en cada momento. Cuando se habla de un proceso, se refiere a cualquiera que realice un trabajo específico como por ejemplo la impresión de un documento.

Existen muchas maneras de imprimir, las cuales dependen del tipo de material en que se realiza, además del tipo de tinta o de la cantidad que se pretenda procesar, por lo que se necesita un sistema específico para cada requerimiento de impresión. Este trabajo se centra en la impresión tipográfica y más específicamente en una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III perteneciente a la empresa Corporación Continental C.A, que posee características específicas que se desglosarán en el siguiente trabajo y para proponer el diseño de un sistema de control para su automatización. Cabe acotar que el sistema mencionado posee una parte mecánica y una eléctrica, pero será la última mencionada la que se tomará en cuenta en la automatización en este trabajo especial de grado.

Este trabajo especial de grado se compone de 4 capítulos en los que se desarrollan todos los objetivos específicos propuestos en el capítulo I, que además presenta el planteamiento del problema, alcances y limitaciones. El capítulo II corresponde a un marco referencial en donde se desarrollan los fundamentos y definiciones necesarias para la completa y fluida comprensión de los temas tratados en todo el documento. Seguidamente en el capítulo III se detallan las características y el funcionamiento de la máquina de impresión tipográfica en cuestión, para luego definir las variables a controlar o medir.

En el capítulo IV, se presentan y analizan los resultados del diseño del sistema de control. Se exponen todos los argumentos para cada una de las soluciones propuestas dependiendo de las exigencias generadas a lo largo del desarrollo. Se presenta de manera general la metodología a seguir para la selección de los instrumentos y equipos, la selección de las canalizaciones eléctricas, la programación de la lógica de control y el diseño del tablero de control.

Como parte final se concluye acerca del desarrollo de cada uno de los objetivos específicos y se realizan recomendaciones en miras de futuros desarrollos de este tipo de automatizaciones, y para personas que utilicen este documento como antecedente para otros trabajos de grado. Se presenta la bibliografía y referencias bibliográficas consultadas y los anexos del trabajo que sirven de complemento en la evaluación de los equipos, los planos, diagramas y programación.

CAPÍTULO I

1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Corporación Continental C.A. se encarga de la manufactura de consumibles de cartón, como son cajas y carpetas; y además cuenta con una línea de impresión tipográfica. Dicha empresa cuenta con gran cantidad de máquinas de distintas características, y se necesita la actualización y puesta en funcionamiento de todos los equipos disponibles para sacar el máximo provecho de los activos fijos de la compañía. Específicamente la empresa cuenta con una máquina de impresión tipográfica marca Onda, modelo OPM-W270III que se encuentra en desuso y desmantelada, por lo que se plantea diseñar un sistema de control que permita automatizar el funcionamiento del equipo.

El desarrollo de este sistema precisa disponer de un panel de control para que sea accesible a los operadores la configuración y activación de la máquina, considerando todas las funciones para las que fue concebida. En general, la equipo está basado en una línea de impresión que es accionada principalmente por el par que proporciona un motor de inducción trifásico en estrella, alimentación de 208 V y 1,5 kW. Este motor se acopla a través de un cloche magnético con el sistema mecánico que pone en funcionamiento el sistema de impresión. Dadas las características de la máquina mencionada, la bibliografía especializada establece que en la actualidad una de las maneras más eficientes de controlar el accionamiento y la velocidad de un motor asíncrono es a través de un variador de frecuencia¹, razón por la que se plantea direccionar el desarrollo de este proyecto con esta referencia. Por otra parte, para la realización de un sistema de control automático, una de las recomendaciones es la integración de un autómata programable que procese las señales eléctricas tanto analógicas como digitales provenientes de sensores instalados en la máquina; de manera de establecer prioridades y tomar en cuenta los criterios de seguridad establecidos por las normas vigentes².

Seguidamente se tiene la situación de que cuando se trabaja con dos o más colores sobre el mismo papel, se debe asegurar que la impresión quede ubicada en un lugar específico del papel, por esto se plantea el diseño de un sistema que modifique ligeramente la posición de la línea de impresión para ajustar el papel, de manera que cuando se imprima por el lado contrario, coincida siempre en el mismo lugar en cada

impresión. La utilización de sensores ópticos en este caso, combinados con un actuador que modifique la posición del sistema mecánico, es una de las opciones que se pueden tomar en cuenta y es uno de los objetivos específicos que se plantean en este trabajo especial de grado.

Para finalizar, se pueden resumir las variables a controlar en este sistema, que pasan por la velocidad de impresión, la temperatura de la lámpara de secado de impresión, el accionamiento de la bomba de vacío y la bomba de lubricación de la máquina, la debobinadora, la rebobinadora, la posición de la línea de impresión y también el número de piezas a imprimir, entre otros.

1.1.- Objetivo general

- Diseñar un sistema de control para la automatización de una máquina tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III.

1.2.- Objetivos específicos

- Describir las características y los principios de funcionamiento de la máquina tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III.
- Analizar los fundamentos necesarios para el desarrollo de un sistema de control automatizado aplicado a máquinas rotativas.
- Establecer una comparación entre las posibles soluciones desde el punto de vista de factibilidad.
- Desarrollar un sistema de control automatizado utilizando programación estructurada según las normas vigentes.
- Especificar los equipos e instrumentos necesarios para la implementación del sistema de control desarrollado tal como establecen las normas pertinentes.
- Elaborar los planos P&ID y canalizaciones eléctricas para la implementación del sistema de control diseñado según las normas vigentes.
- Diseñar un tablero de control para la operación de la máquina tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III según las normas vigentes.

1.3.- Alcance

El alcance del desarrollo de este proyecto es hasta la presentación del diseño del sistema de control para la automatización de la máquina de impresión descrita en el planteamiento del problema. Sin embargo se prevee la utilización del contenido que se expone a lo largo de este documento como referencia para una futura implementación y como antecedente para otros proyectos similares.

1.4.- Limitaciones

Entre las limitaciones que se pueden mencionar en el desarrollo están los detalles del sistema mecánico, para los cuales no se proponen mejoras de diseño en miras del mejoramiento de las cualidades de la máquina. Por otra parte se tiene una falta de documentación técnica del fabricante original de la máquina de impresión y se requerirá utilizar técnicas de recolección de datos para este fin. Otra de las limitaciones es que no se cuenta con los equipos físicos con los cuales probar el funcionamiento del sistema y por esta razón se realizó una simulación del proceso utilizando recursos informáticos, que serán descritos en el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO II

2.- MARCO REFERENCIAL

2.1.- Fundamentos de los sistemas de control de máquinas rotativas

2.1.1- Automatización

La Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales define la Automática como “el estudio de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada”. [25]

Partiendo de esta definición y apegándose al ámbito industrial, puede definirse la Automatización como el estudio y aplicación de la automática al control de los procesos industriales. En función del tipo de proceso que se pretende controlar y de la forma en la que se realice dicho control, el operador artificial o sistema de control presentará una configuración y características determinadas. [1]

2.1.1.1- Consecuencias de la automatización para el ser humano

Una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La automatización contribuye a ese fin de varias maneras:

- En las secciones de fabricación automatizada se necesitan menos operarios.
- Se puede fabricar las 24 horas del día, interrumpiendo los procesos únicamente para realizar trabajos de mantenimiento.
- En términos generales, las máquinas cometen menos errores que los humanos, por lo que los productos tienen un alto y constante nivel de calidad.
- Los tiempos de los procesos son menores. Es posible entregar a los clientes más productos en menos tiempo.

- Gracias a la automatización, los operarios no tiene que hacer trabajos monótonos, pesados y peligrosos o nocivos para la salud.

Sin embargo, estas ventajas de la automatización se enfrentan a varias desventajas:

- Eliminación de puestos de trabajo, especialmente aquellos que pueden ocupar trabajadores de bajo nivel de cualificación.

- La automatización de los procesos de fabricación implica que los operarios tomen decisiones específicas, cuyas consecuencias no puede apreciar en su totalidad debido al carácter complejo de las instalaciones.

- Los costos originados por un sistema automático tienen como consecuencia que los individuos asumen una mayor responsabilidad en relación con el éxito de la empresa. [26]

2.1.2.- Tipos de sistemas de control

En primer lugar se puede categorizar el tipo de sistema de control en función del lazo de realimentación que disponga, los cuales pueden ser:

- **Control a lazo abierto:** Se caracteriza porque la información de las variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no puede detectar la salida del proceso para la verificación de la respuesta del sistema.

- **Control a lazo cerrado:** Su principal característica es la existencia de una realimentación a través de sensores, desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.

Por otra parte se puede catalogar los sistemas de control enfocándose en la manera en que se controla el actuador, se destacan los siguientes:

- **Sistema de control on/off:** Los procesos en los que no se requiere un control muy preciso, el control de dos posiciones “On/Off” puede ser el adecuado. En este tipo de control, el elemento final de control se mueve rápidamente entre dos posiciones fijas, para un valor único de la variable controlada. Un controlador On/off opera sobre la variable manipulada solo cuando la variable sensada cruza el valor deseado o se requiere simplemente su activación. La salida tiene solo dos estados, completamente activado (on) y completamente desactivado (off). [16]

- **Sistema de control realimentado:** Son sistemas de control de bucle cerrado en los que existe una realimentación continua de la señal de error del proceso al controlador, y conforme a esta señal, buscar una reducción gradual del error hasta su eliminación. Es el tipo de control más extendido en la actualidad. Existen diversos diagramas de actuación con la característica común de la realimentación de la señal de error. Sin embargo, seguirán distintos fundamentos actuando para conseguir la eliminación del error del sistema, se destacan tres tipos principales, el control proporcional, integral y derivativo.

- **El sistema de control proporcional:** Se basa en establecer una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. Así, el actuador se moverá el mismo valor para cada unidad de desviación.

- **El sistema de control integral:** Basa su funcionamiento en activar o desactivar un actuador final, a una velocidad constante, hasta conseguir eliminar la desviación. La velocidad de accionamiento será proporcional al error del sistema existente.

- **Sistema de control derivativo:** Es un sistema en el cual la posición del actuador será proporcional a la velocidad de cambio de la variable controlada. Así, el elemento final de control sufrirá un mayor o menor recorrido dependiendo de la velocidad de cambio del error del sistema. [1]

2.1.3.- Tipos de procesos industriales

Los procesos industriales, en función de su evolución con el tiempo, pueden clasificarse como continuos, discontinuos o discretos. Un proceso continuo se caracteriza porque los materiales que lo conforman están constantemente entrando por un extremo del sistema, mientras que, en otro extremo se obtiene de forma continua un producto terminado. Un proceso discreto por el contrario, el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. El material sobre el que se trabaja es habitualmente un elemento discreto y se trabaja de forma individual. Por el contrario los procesos catalogados como discontinuos son aquellos que a su entrada reciben múltiples piezas discretas que se necesitan para la realización del trabajo. [1]

2.1.4.- Plano de identificación de tuberías e instrumentación

El Plano de Tuberías e Instrumentación (P&ID) es un documento de referencia para el desarrollo de cualquier sistema de control en general. Para su realización existen los lineamientos de forma y simbología del estándar vigente ISA S5.1-1984 (R 1992) de la Sociedad Internacional de Automatización (ISA).

Para desarrollar un P&ID primeramente se identifican cada una de las variables a controlar, luego utilizando un diagrama referencial del proceso, se establece según la simbología mencionada, la posición y el tipo de instrumento, actuador o equipo controlador, y por último se relacionan indicando el tipo de lazo de control que se propone.

2.1.5.- Autómata programable

En líneas generales, un autómata programable es un equipo electrónico basado en un microcontrolador que tiene generalmente una configuración modular. Puede programarse en lenguaje no informático y está diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial, procesos que presentan una evolución secuencial. Su funcionamiento depende de un programa que se le introduce previamente para el cumplimiento de algún proceso específico. Maneja señales eléctricas tanto de entrada como de salida. También dependiendo de los módulos que se incluyan pueden tener puertos de comunicaciones especiales, funcionalidades inalámbricas, soporte de compatibilidad

para instrumentos especiales, entre otras características. En la Figura 1 se presenta un diagrama referencial de los elementos mencionados. [1]

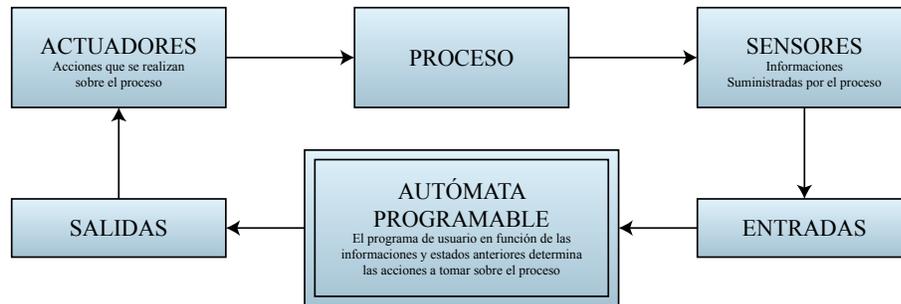


Figura 1. Representación de las partes de un autómata programable [1]

2.1.5.1.- Tipos de variables en un autómata programable

Existen dos tipos de variables en un autómata programable, las variables externas y las internas. Las variables externas pueden ser de dos tipos:

- **Variables externas digitales:** Son señales que sólo tiene dos estados posibles, bien sea activadas o desactivadas, como por ejemplo la que se recibe de un final de carrera o la señal que proviene de un pulsador. Estas variables las reconoce y las almacena el microcontrolador en bits de datos.

- **Variables externas analógicas:** Son las señales que presentan un rango de valores discreto o continuo dentro de un dominio específico, que por lo general se encuentra dentro de valores predeterminados, como lo son 0-10 V_{DC} o 4-20 mA. De cualquier manera estas señales, como van a ser tratadas por el microcontrolador del autómata, son digitalizadas en palabras de datos que pueden variar entre bytes, word, real, entre otros.

Se tienen además las variables internas; que al igual que las anteriores, tienen asignada su zona de memoria que puede ser direccionada en función del dato almacenado. Se utilizan para almacenar resultados parciales de operaciones lógicas o aritméticas, que son necesarias para el programa, también pueden ser de tipo digital o contener un tamaño de datos mayor, pudiendo utilizar palabras tipo byte, word, doble word, entre otros. [1]

2.1.5.2.- Sensores digitales para autómatas programables

Cualquier sensor que presente dos estados puede controlar una entrada digital de un autómata, independientemente de cómo sea su principio de funcionamiento; por ejemplo los interruptores y los pulsadores accionados de forma mecánica o manual, contactos auxiliares de contactores o relés térmicos, finales de carrera activados por piezas móviles, entre otros, considerando esto se presentan en detalle los sensores industriales tipo PNP o NPN.

- **Sensor tipo PNP:** Es un sensor que tiene niveles lógicos de salida que cambian entre el voltaje de alimentación de colector (V_{CC}) y el voltaje a circuito abierto. Un circuito generalizado del funcionamiento de un sensor de este tipo se muestra en la Figura 2, el transistor tiene el emisor conectado a V_{CC} , mientras que la salida se encuentra al aire. Cuando la salida está conectada a una carga referenciada a tierra, la salida tendrá voltaje lógico bajo cuando esté apagado el sensor, mientras que, tendrá un voltaje de nivel lógico alto cuando se encienda el sensor. [1]

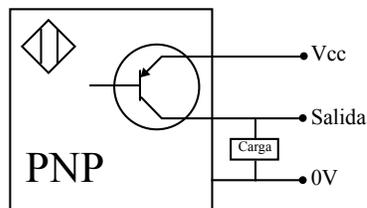


Figura 2. Esquema general de un sensor de tipo PNP [Fuente propia]

- **Sensor tipo NPN:** Los sensores de salida tipo NPN tienen circuitos similares a transistores en colector abierto. Puede ser considerado como un transistor bipolar NPN con su emisor a tierra y colector al que se le conectará la salida tal como se muestra en la Figura 3. El comportamiento de la salida será de nivel lógico alto cuando se encuentre desactivado el sensor, y de voltaje lógico bajo cuando el sensor se active. [1]

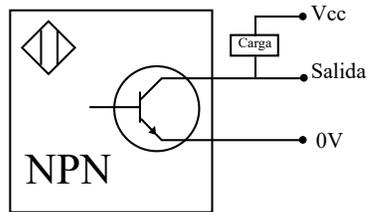


Figura 3. Esquema general de un sensor de tipo NPN [Fuente propia]

2.1.5.3.- Lógica de un autómatas programable

Un controlador programable posee una lógica que puede clasificarse con distintas etiquetas, puede ser lógica directa o inversa, o por el contrario, lógica positiva o negativa. La lógica directa o positiva es la que utiliza como referencia de estado activo la señal de mayor nivel de tensión con la que trabaja el autómatas, por lo general $24 V_{DC}$ o $120 V_{AC}$ dependiendo del controlador. Por otra parte la lógica inversa o negativa es la que utiliza como referencia de estado activo la señal digital que se asocia al menor valor de tensión que utiliza el equipo, que por lo general está referenciado al neutro de la alimentación. [1]

2.1.5.4.- Lenguajes de programación

La norma IEC 61131-3 de estandarización en la programación del control industrial, define y normaliza cuatro lenguajes de programación para controladores lógicos programables (PLC), esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas. Los lenguajes que se presentan se pueden clasificar en literales o gráficos.

Los lenguajes literales son el listado de instrucciones (IL por sus siglas en inglés) y el texto estructurado (ST por sus siglas en inglés), mientras que los lenguajes gráficos son el llamado Diagrama de contactos (LD por sus siglas en inglés) y el Diagrama de bloques funcionales (FDB por sus siglas en inglés). Los cuatro lenguajes están interrelacionados y permiten resolver la mayoría de los problemas de lógica de control requeridos. [2]

2.1.5.4.1- Diagrama de contactos

El diagrama de contactos es un método de representación gráfica que fue inicialmente adoptado por fabricantes de autómatas programables norteamericanos y japoneses, la mayoría de los fabricantes europeos, pues tiene semejanzas con el conocido diagrama de relés.

Además de su similitud con el diagrama de relés, tiene la ventaja adicional de que el paso de este método de representación a otro de los estandarizados, sea sencillo y bastante inmediato. Se destacan los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados como métodos de representación de entradas digitales al sistema y las denominadas bobinas de salida, las cuales pueden ser salidas físicas del PLC o variables de usuario internas. [2]

2.1.6.- Arranque de motores de inducción monofásicos

Debido a que los motores monofásicos de inducción no generan por sí solos par de arranque. Existen diversas técnicas para lograr arrancar un motor monofásico, dependiendo de su constitución, que se adecua para generar el campo rotante necesario para su encendido. Se destacan dos tipos principales:

- **Motores de fase partida y arranque por resistencia:** El devanado de arranque tiene menos vueltas y consiste en alambre de cobre de menor diámetro que el devanado de marcha. Por lo tanto, el devanado de arranque tiene alta resistencia y baja reactancia. A la inversa, el devanado de marcha, con más vueltas de alambre más grueso, tiene baja resistencia y alta reactancia; pero debido a su impedancia total menor, la corriente en el devanado de marcha es en general mayor que la correspondiente en el devanado de arranque.

- **Motor de arranque por capacitor:** Como medio para mejorar el par relativamente bajo del motor de fase partida se agrega un capacitor al devanado auxiliar para producir una relación casi real de 90° entre las corrientes de los devanados de arranque y de marcha, elevando el par de arranque a los límites normales del par nominal. [22]

2.1.7.- Controladores de velocidad para motores eléctricos de CA

Para controlar la velocidad de un motor eléctrico de CA sin cambiar el número de polos ni las conexiones en los bornes de alimentación se utilizan variadores de frecuencia, puesto que la velocidad sincrónica de una máquina depende de la frecuencia de la señal que lo alimenta.

Un variador de frecuencia (VFD por sus siglas en inglés) es generalmente un convertidor AC-DC-AC con una estructura similar a la presentada en la Figura 4. Está formado generalmente por circuitos que incorporan transistores de potencia como los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT por sus siglas en inglés), siendo el principio básico de funcionamiento, transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial a energía eléctrica de frecuencia variable.

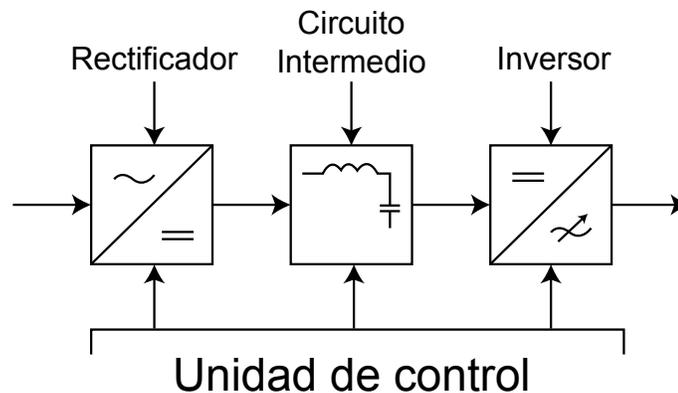


Figura 4. Diagrama de bloques de un variador de frecuencia [3]

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con un valor RMS regulable, que dependerán de los valores de consigna. A esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator.

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen los VFD, permitiendo hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser

manejados por computador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de los variadores de frecuencia incluyen dentro del propio convertidor, protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobreintensidad de corriente, sobretensión, fallo contra desequilibrios de fase, fallas a tierra, etc. Además de ofrecer procesos de arranque y frenado suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida útil del motor e instalaciones. [3]

2.1.8.- Sensores de detección de presencia

Cuando se habla de sensores de detección de presencia se incluye a todos los sensores que hacen la detección sin contacto, en detrimento de los sensores, tales como finales de carrera e interruptores, que detectan los objetos por contacto físico. Dependiendo del principio físico se tienen, los inductivos, capacitivos, ultrasónicos y ópticos, en este caso se profundizará en el funcionamiento de los primeros mencionados, puesto que es el que se utiliza en el diseño planteado en este trabajo especial de grado.

Los sensores de proximidad inductivos y capacitivos están basados en el uso de osciladores, en los que la amplitud de oscilación varía al aproximar un objeto.

- **Sensores de presencia capacitivos:** El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad capacitivo, está basado en la medición de los cambios de capacitancia eléctrica de un condensador en un circuito resonante RC, ante la aproximación de cualquier material. Si un objeto o un medio (metal, plástico, vidrio, madera, agua) irrumpe en la zona activa de conmutación, la capacitancia del circuito resonante se altera. Al aumentar la capacidad, la corriente en el circuito oscilador también aumenta. Cuando esta señal alcance un determinado valor, actuará el circuito disparador (Trigger) que controla si la señal proveniente del rectificador corresponde al nivel de referencia necesario para conmutar el dispositivo de salida.[23]

- **Sensores de presencia inductivo:** Los sensores inductivos detectan metales, ferrosos o no ferrosos, y utilizan inducción electromagnética para generar y detectar las corrientes de pérdidas o de Foucault que se generan. Teniendo en cuenta el tipo

de aplicación se tendrán sensores blindados o no blindados. Primeramente se expondrá el principio físico de funcionamiento y seguidamente se hablará de las ventajas y utilidades.

Cuando un objeto metálico entra en el campo magnético, se producen corrientes de Eddy dentro del mismo, esto aumenta la carga del sensor, disminuyendo así la amplitud del campo electromagnético. El circuito de disparo monitorea la amplitud del oscilador, y a un nivel predeterminado conmuta el estado de la salida del sensor. Conforme el elemento se aleja del sensor, la amplitud del oscilador aumenta y a un nivel determinado, el circuito disparador conmuta el estado de la salida a su condición inicial.

Los sensores de proximidad tienen bobinas enrolladas en núcleo de ferrita. Éstas pueden ser blindadas o no blindadas. Los sensores no blindados por lo general tienen una mayor distancia de sensado que los blindados. En la figura 5 se presenta un diagrama referencial de las partes del sensor de proximidad inductivo. [4]

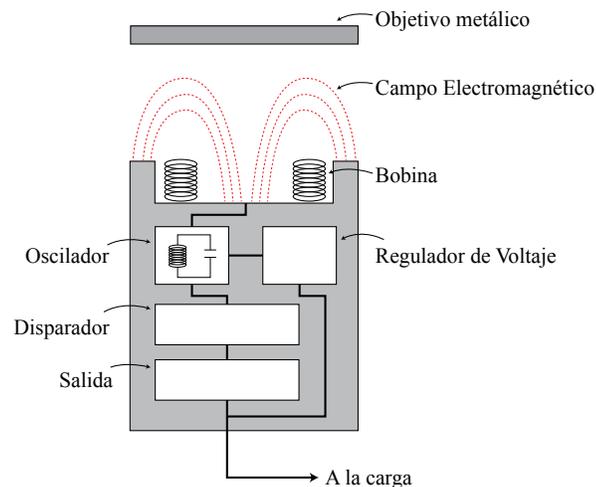


Figura 5. Esquema general de un sensor de proximidad inductivo [4]

- **Sensores de proximidad ultrasónicos:** El elemento básico es un transductor electroacústico, frecuentemente del tipo cerámico piezoeléctrico. La capa de resina protege al transductor contra la humedad, polvo y otros factores ambientales y también actúa como un adaptador de impedancia acústica. Puesto que el mismo transductor se suele utilizar para la transmisión y la recepción, un amortiguamiento rápido de la

energía acústica es necesario para detectar objetos a pequeña distancia. Esta operación se realiza proporcionando absorbedores acústicos y desacoplando el transductor de su receptáculo. Este último está diseñado de modo que produzca un haz acústico estrecho para una eficaz transferencia de energía y una mejor direccionalidad de la señal. [24]

- **Sensores de proximidad ópticos:** Los sensores de proximidad ópticos son similares a los sensores ultrasónicos en el sentido de que detectan la proximidad de un objeto por su influencia sobre una onda propagadora que se desplaza desde un transmisor hasta un receptor. Uno de los métodos mas utilizados para detectar la proximidad por medio de ópticos se muestra en la Figura 6. Este sensor esta constituido por un diodo emisor de luz de estado sólido (led), que actúa como un transmisor de luz infrarroja y un fotodiodo de estado sólido que actúa como el receptor.

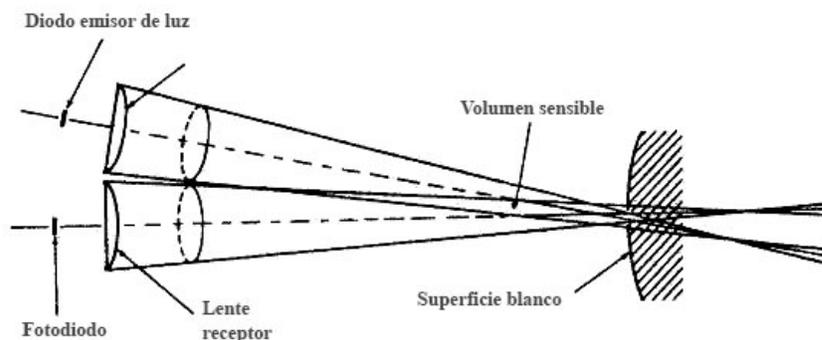


Figura 6. Esquema general de un sensor de proximidad óptico [24]

Los conos de luz formados enfocando la fuente y el detector en el mismo plano se intersectan en un volumen largo en forma de lápiz. Este volumen define el campo de operación del sensor, puesto que una superficie reflectora que intersecta el volumen se ilumina por la fuente y es vista simultáneamente por el receptor.

Dicho de otro modo una superficie localizada en cualquier lugar en el volumen producirá una lectura. Aunque es posible calibrar la intensidad de estas lecturas como una función de la distancia para características reflectoras y orientaciones del objeto conocidas, la aplicación típica, esta en un modo en donde una señal binaria recibe una intensidad de luz superior a un valor umbral. [24]

2.1.9.- Sensores de detección de contraste

Para la detección de contraste se tienen los sensores fotoeléctricos u optoelectrónicos, que son ampliamente utilizados en automatización porque permiten entre otras cosas, la detección precisa y sin contacto de marcas de color. Principalmente emiten luz infrarroja, roja o láser, y el objetivo debe interrumpir el haz de luz o reflejarlo hacia el sensor para activar la salida del mismo. Los modos de detección optoelectrónica se dividen en tres tipos principales, que son reflexión total (barreras fotoeléctricas unidireccionales), retrorreflexión (barreras fotoeléctricas de reflexión) y reflexión difusa (detectores fotoeléctricos).

Los sensores fotoeléctricos permiten sensor presencia, color, distancia, tamaño, forma y otros atributos del objetivo. Pueden realizar estas funciones a mayor distancia que otros métodos de detección y disponen de numerosas opciones de montaje y flexibilidad como la utilización de fibra óptica para acceder a lugares de difícil acceso y entornos agresivos con temperaturas extremas. Entre las principales aplicaciones de estos sensores se tiene la detección de piezas, verificación de color, reconocimiento de objetos claros y transparentes, detección de marcas, entre otras. [5] [20]

2.1.10.- Sensores de medición de temperatura

En la actualidad se emplean distintos instrumentos con principios de funcionamiento distintos, entre los cuales se encuentran: termómetros de vidrio, termoresistencias, termopares, termistores, pirómetros de radiación, entre otros.

- Termómetro de vidrio: Se constituyen de un vidrio sellado que contiene un líquido determinado como el mercurio o alcohol. La temperatura se muestra por medio del nivel al que llega el líquido en una escala graduada. Estos elementos se dilatan y contraen debido a los cambios de temperatura. [31]

- Termorresistencia: Una termorresistencia o RTD es un dispositivo hecho de bobinas o películas de platino generalmente. Al calentarse, la resistencia del metal aumenta; al enfriarse, la resistencia disminuye. Circular corriente a través de un RTD genera un voltaje con el que se puede determinar su resistencia y por lo tanto, su temperatura. La relación entre la resistencia y la temperatura es relativamente lineal.

Generalmente, los RTDs tienen una resistencia de $100\ \Omega$ a $0\ ^\circ\text{C}$ y pueden medir temperaturas hasta $850\ ^\circ\text{C}$. [31]

- **Termopar:** Un termopar se crea cuando dos metales diferentes se juntan y el punto de contacto produce un pequeño voltaje de circuito abierto como una función de temperatura. Puede usar este voltaje termoeléctrico, conocido como voltaje Seebeck para calcular la temperatura. Para pequeños cambios en temperatura, el voltaje es aproximadamente lineal. Se puede escoger entre diferentes tipos de termopares asignados con letras mayúsculas que indican su composición de acuerdo al American National Standards Institute (ANSI). Los tipos de termopares más comunes incluyen B, E, J, K, N, R, S y T. [31]

- **Termistor:** Un termistor es una pieza de semiconductor hecha de óxidos de metal que están comprimidos en una pieza, disco, oblea u otra forma y son sometidos a altas temperaturas. Por último son cubiertos con epoxi o vidrio. Al igual que con los RTDs, se hace pasar una corriente a través del instrumento para leer el voltaje en el termistor y determinar su temperatura. Sin embargo, a diferencia de los RTDs, los termistores tienen más alta resistencia ($2,000$ a $10,000\ \Omega$) y una sensibilidad mucho más alta ($\sim 200\ \Omega/^\circ\text{C}$), permitiéndoles alcanzar más alta sensibilidad en un rango de temperatura limitado (hasta $300\ ^\circ\text{C}$). [31]

- **Pirómetro de radiación:** El pirómetro de radiación es un instrumento para medir temperaturas muy elevadas. Se basa en el calor o la radiación visible emitida por objetos calientes, y mide el calor de la radiación mediante un par térmico o la luminosidad de la radiación visible. El pirómetro es el único termómetro que puede medir temperaturas superiores a $1477\ ^\circ\text{C}$. [30]

2.1.11.- Sensores de medición de nivel de líquidos

Un sensor de nivel es un instrumento que mide la altura de un líquido dentro de un tanque u otro recipiente. Los sensores de nivel se pueden diferenciar dependiendo del tipo de medición. Existen sensores discretos que se utilizan para indicar un nivel preestablecido, generalmente este tipo de instrumento funciona como alarma, indicando un nivel alto o bajo. Por otra parte los sensores de nivel continuos pueden realizar el seguimiento del nivel en un rango establecido, generando una salida analógica que se

correlaciona directamente con el nivel en el recipiente.

Se pueden clasificar los sensores de nivel dependiendo de su la forma de medición, la cual puede ser directa o indirecta.

2.1.11.1.- Sensores de medición directa

Los métodos de medición directa utilizan la altura del líquido sobre una línea de referencia y se tienen los siguientes tipos:

- **Indicadores visuales:** Los indicadores visuales, conocidos como medidores de sonda, permiten la observación directa de la altura del líquido sobre una escala graduada apropiadamente.

Los medidores de sonda más utilizados son la regla graduada, la varilla con gancho y la cinta métrica graduada con contrapeso. Por lo general estos instrumentos tienen un campo de medida limitado, una buena exactitud, trabajan a presiones atmosféricas, temperaturas no mayores a los 60 °C, son económicos, de aplicación manual e indicados para procesos discretos.

- **Instrumentos de flotador:** Funcionan sumergiendo el flotador en el líquido, el cual se desplaza verticalmente dependiendo del nivel. El movimiento del flotador puede ser transducido por diversos medios en el exterior del tanque para su indicación, registro o control. El flotador se construye de tal manera que flote dentro del material, es decir, su densidad debe ser inferior al del líquido.

La conexión del flotador puede ser directa, magnética o hidráulica, dependiendo del entorno, las características del proceso y si se requiere un registro del nivel o solo una indicación local. Los flotadores poseen buena exactitud y precisión, pueden trabajar a altas presiones y temperaturas máximas de hasta 500 °C, son de fácil instalación, confiables, permiten medición continua y son poco sensibles a turbulencias.

2.1.11.2.-Sensores de medición indirecta

Entre los métodos de medición indirecta para nivel de líquidos se tienen los

que aprovechan, el desplazamiento, la presión hidrostática generada y las características eléctricas del material.

- **Sensores de desplazamiento:** Se basan en el principio de Arquímedes, el cual establece que un cuerpo sumergido en un líquido es empujado hacia arriba por una fuerza igual al peso del líquido desplazado.

La fuerza que actúa sobre el área del cuerpo sumergido crea la fuerza llamada flotabilidad, la cual permite a un cuerpo cuya densidad media sea inferior a la del líquido, flotar parcialmente sumergido en la superficie libre del material. Un cuerpo al flotar pierde un peso equivalente al peso del volumen de líquido desplazado.

Para relacionar la pérdida de peso de un cuerpo con el nivel de líquido en un recipiente, normalmente se utilizan dos mecanismos, los de resorte y los de barra con torsión, los cuales consisten básicamente en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado a un resorte o una barra de torsión. A medida que el flotador pierde peso, la fuerza ejercida sobre el resorte disminuye haciendo que el resorte o la barra según sea el caso se muevan. Este movimiento se utiliza para producir una señal proporcional al nivel o para activar una alarma.

Los sensores de desplazamiento tienen una buena exactitud, pueden trabajar a altas presiones y temperaturas hasta los 500 °C, son de fácil instalación, confiables, permiten medición continua, son robustos, poco sensibles a turbulencias y pueden medir interfases en líquidos.

- **Sensor de presión hidrostática:** El nivel de un tanque abierto se puede medir por medio de la presión de un punto del fondo del tanque, ya que ésta es proporcional a la altura del líquido en ese punto y su peso específico. Existe varios tipos de medidores de nivel que trabajan bajo este principio, los más comunes son los manométricos, los de caja de diafragma, los de trampa de aire, los tipo burbujeo y los de presión diferencial.

Este tipo de sensores tienden a ser precisos, confiables, poseer presiones y temperaturas determinadas para la medición, por lo general bajas, son adecuados para medición de nivel de interfaces y para registro y control de nivel.

- **Sensor de nivel capacitivo:** El principio de funcionamiento se basa en las propiedades que tiene un capacitor de almacenar cargas eléctricas. En el medidor capacitivo una de las placas del condensador está formada por un electrodo sumergido en el fluido y la otra esta comprendida por las paredes del tanque. El dieléctrico es el líquido dentro del tanque. La forma y el tamaño del electrodo varía de acuerdo a la aplicación.

Existen distintos métodos utilizados para medir la capacitancia, uno de ellos es el puente de Wein. La impedancia variable es conectada a uno de los lados del circuito puente y la variación de nivel da como resultado un desbalance en el puente proporcional al valor del nivel del líquido.

Este tipo de instrumentos tienen una buena exactitud, trabajan en rangos de presión media por debajo de los 250 Kg/cm² y temperaturas no mayores a los 400 °C, presentan buena resistencia a la corrosión, se pueden hacer mediciones continuas, sirve para materiales conductivos y no conductivos, y su campo de aplicación es amplio.

- **Sensor de nivel por ultrasonido:** El ultrasonido es utilizado en mediciones donde no se permite el contacto del instrumento de medición con el líquido. El medidor de nivel por ultrasonido posee un emisor que dispone de un oscilador excitador para enviar un impulso ultrasónico a la superficie del fluido. El nivel se mide en función del tiempo que tarda la señal ultrasónica en viajar del transmisor a la superficie del líquido y retornar al receptor.

Estos dispositivos tienen una buena exactitud, pueden trabajar en todo tipo de tanques, trabajan en niveles de presión y temperatura intermedios, no poseen partes móviles, tienden a ser costosos pero por otro lado no son intrusivos y son adecuados para la mayoría de los casos. [32]

2.1.12.- Relé de estado sólido

Los relés de estado sólido o SSR (Solid-state relays) son dispositivos que usan transistores y tiristores en sustitución de contactos metálicos comúnmente utilizados en los relés tradicionales, para controlar elevadas cargas de potencia a partir de señales de control de bajo voltaje e intensidad de corriente.

Los SSR ofrecen ventajas en comparación a los relés de contactos electromecánicos, por ejemplo son mas livianos, silenciosos, rápidos, presentan menor desgaste, larga vida útil, son inmunes a los choques y vibraciones, generan muy pocas interferencias y conmutan altas corrientes y voltajes sin producir arcos. Por otra parte tienen singularidades que deben ser tomadas en cuenta, como por ejemplo la tendencia a ser muy costosos los modelos comerciales, son dispositivos de un solo contacto, esto significa que un solo SSR no puede conmutar al mismo tiempo varias cargas independientes como lo hacen los relés, entre otras cosas. [33]

2.1.13.- Interfaz Hombre-Máquina

Las siglas HMI corresponden a la abreviación en inglés de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI se pueden plantear como una ventana de proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Estos sistemas en computadoras se conocen también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales de los procesos son transmitidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU (Unidades remotas de entrada/salida) o VFD's. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que “entienda” el HMI.

Existen dos tipos de HMI, los que son desarrollados a medida en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, entre otros. Y los que son estandarizados, que contemplan la mayoría de las funciones de los sistemas SCADA (Sistema de monitoreo y adquisición de datos), como por ejemplo FIX, WinCC, Wonderware, entre otros. Las funciones principales de un HMI se pueden resumir en:

- **Monitoreo:** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar con números, texto y gráficos que permitan una lectura fácil de interpretar.

- **Supervisión:** Es la función que permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el software HMI.

- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo. Las alarmas se basan en límites de control preestablecidos.

- **Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. La aplicación de esta función desde un software HMI externo puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

- **Registro:** Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia de muestreo. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos. [7]

2.1.14.- Embrague electromagnético

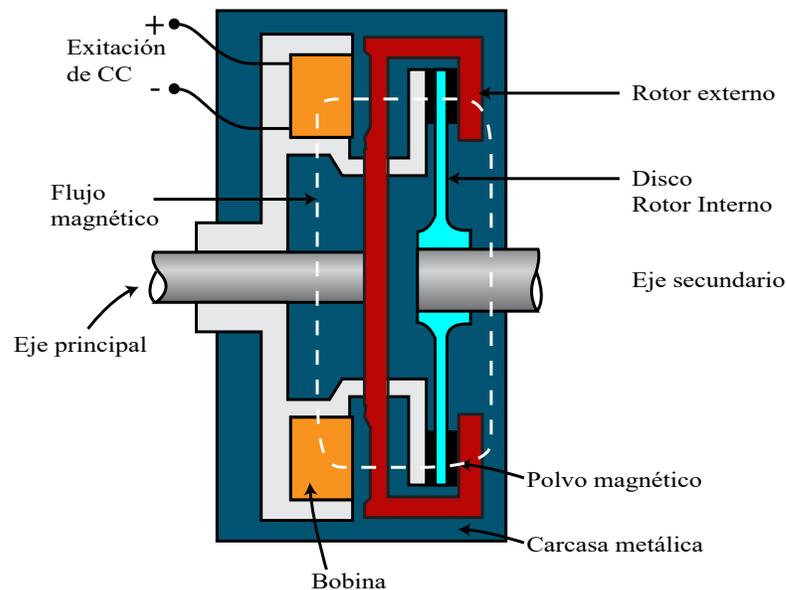


Figura 7. Vista transversal de un embrague electromagnético [9]

Un embrague electromagnético es un circuito magnético que acopla mediante una fuerza electromagnética dos piezas rotóricas, una externa y otra interna. En la Figura 7 se muestra una vista transversal. El rotor externo está adosado al eje primario, desde donde se transmite el movimiento giratorio, y el rotor interno está adosado al eje secundario, correspondiente a la carga mecánica. A través de los cables de excitación se

hace circular por las bobinas una corriente continua, que produce un flujo magnético, generando una fuerza que mantiene acoplados ambos rotores, los cuales pasan a tener velocidad angular relativa nula entre ellos. La carcasa metálica, al igual que el polvo magnético, son conductores de flujo magnético y propician la eficiencia del sistema.[9]

2.1.15.- Selectividad en protecciones eléctricas

La selectividad consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento de interruptores automáticos colocados en serie, de tal manera que en caso de defecto aguas abajo, solo se dispare el aparato situado inmediatamente aguas arriba.

La selectividad puede ser parcial o total, según las características de la asociación de protecciones. En general existen tres técnicas para la selectividad, la amperimétrica, la cronométrica y la lógica.

- **Selectividad amperimétrica:** Esta técnica está ligada directamente a la parametrización de las curvas de tiempo-corriente de dos interruptores automáticos en serie. En la Figura 8 se busca que el interruptor D1 tenga una corriente de activación I_{sd1} mayor que I_{sd2} correspondiente a D2. I_{r1} e I_{r2} corresponden a las corrientes nominales de operación de los interruptores. [34]

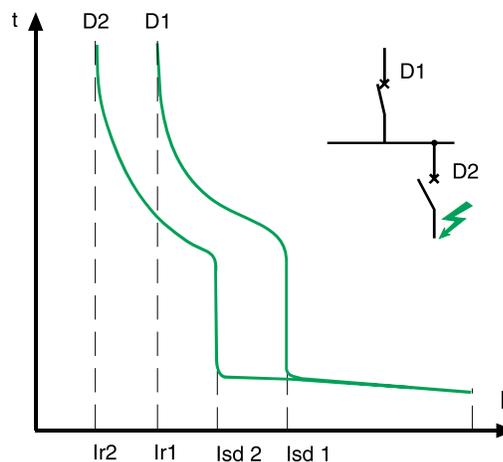


Figura 8. Curvas tiempo-corriente de interruptores, selectividad amperimétrica [34]

- **Selectividad cronométrica:** Se obtiene por escalonamiento en el tiempo de

las curvas de disparo. En la Figura 9 se busca seleccionar un interruptor D1 que tenga una velocidad de respuesta siempre mayor que D2, independientemente de la corriente nominal de cada interruptor, el objetivo es asegurar que D2 dispara primero que D1 ante una falla aguas abajo de D2. [34]

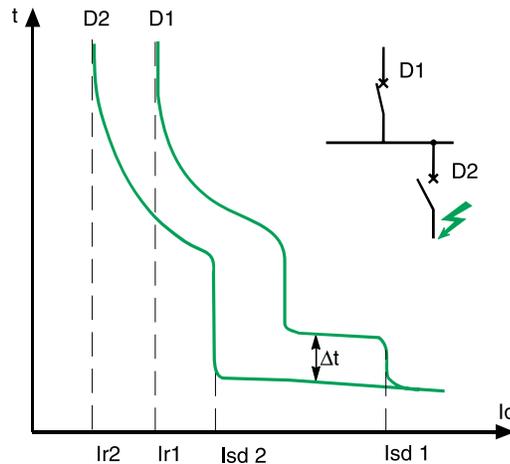


Figura 9. Curvas tiempo-corriente de interruptores, selectividad cronométrica [34]

- **Selectividad lógica:** Este tipo de selectividad se logra con interruptores automáticos equipados con relés electrónicos de corto retardo o protección a tierra. Funciona con un cable piloto que conecta en cascada los dispositivos de protección como el que se muestra en la Figura 10. Cuando aparece una falla, cada interruptor situado aguas arriba envía una orden que activa la temporización del relé para su desactivación. El interruptor situado inmediatamente aguas arriba de la falla se desactiva casi instantáneamente. [34]

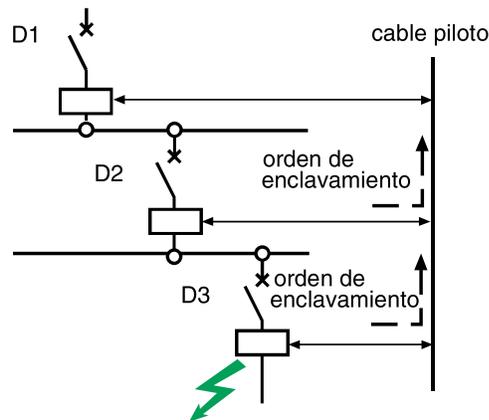


Figura 10. Diagrama de interruptores, selectividad lógica [34]

2.1.16.- Diseño de un tablero de control

Un tablero de control se diseña en función de los equipos e instrumentos seleccionados para la implementación de un proyecto de automatización. Se basa en las recomendaciones de la norma venezolana vigente COVENIN 2811-98 que detalla la documentación técnica pertinente para su presentación y en las consideraciones plasmadas en el Código Eléctrico Nacional 2009 en su Tabla 110.20 (A) de nombre “Selección de los Tipos de Envolventes de Todos los Tableros según las Normas Norteamericanas ANSI/NEMA/UL” presente en el Anexo X.

Básicamente se ofrece inicialmente un listado de instrumentos debidamente identificados, luego se propone un diagrama unifilar y trifilar, un diagrama de control, un diagrama de equipos de medición, un diagrama de detalles y una lista de bornes, cada uno con sus características.

- **El listado de equipos e instrumentos:** Presenta todos los elementos que serán instalados a fin de completar la implementación del proyecto de automatización desarrollado. Cada uno presenta una identificación acorde a la nomenclatura propuesta por la norma Covenin 2811-98, además de indicar la función que realiza, el lugar de instalación, el fabricante, modelo, plano P&ID en el cual se encuentra representado y una breve descripción de las características más pertinentes del mismo.

- **Diagrama unifilar y trifilar:** En el diagrama unifilar se presenta de manera simplificada los equipos y dispositivos de protección y accionamiento de los mismos. El diagrama trifilar detalla el tipo de alimentación existente y como se conecta cada equipo en las fases disponibles.

- **Diagrama de control:** En el diagrama de control se muestran las conexiones necesarias para el control de los equipos instalados, tanto para su accionamiento como para las características que se necesiten variar durante el proceso. Se detalla el destino de cada conexión indicando primeramente la etiqueta del terminal en el equipo, luego dos puntos y seguidamente el tag del equipo o instrumento donde se encuentra la conexión.

- **Diagrama de equipos de medición:** En este diagrama se detallan las conexiones eléctricas de los instrumentos de medición requeridos para la implementación de la automatización.

- **Diagrama de detalles:** La norma COVENIN 2811-98 indica que se debe presentar el diagrama de detalles de los equipos que se considere necesario explicar su funcionamiento e instalación.

- **Listado de bornes:** Este listado corresponde a la identificación de cada uno de los bornes y los conductores que los utilizan. Básicamente se presenta una tabla con la forma que sugiere la norma Covenin 2811-98 en donde se presenta la etiqueta del elemento, el tipo de cable que tiene aguas arriba y aguas abajo, así como también el terminal de destino de cada uno de los conductores mencionados.

2.2.- Máquinas de impresión tipográfica

2.2.1.- Historia de la impresión tipográfica

La impresión tipográfica o letterpress es un sistema de impresión que se basa en el uso de planchas, en las que las zonas que deben imprimir sobresalen y están impregnadas de tinta. El papel se coloca en contacto con las planchas, que lo presionan y le transmiten la tinta, y así queda impreso. La tipografía fue inventada hacia 1450 por Johannes Gutenberg en Maguncia, Alemania. La invención de la tipografía fue uno de los grandes saltos en la universalización del conocimiento, comparable a la invención del papel, del alfabeto o de Internet. [10]

2.2.2.- Tipos de máquinas de impresión tipográfica

Actualmente existen distintos tipos de máquinas tipográficas que se clasifican según su forma en:

- **Planas:** La plancha y el papel van colocados ambos en superficies planas llamadas respectivamente platina y tímpano. El entintado es manual o mediante un sistema de cilindros entintadores que se desliza sobre la plancha antes de cada pasada.

- **Plano cilíndricas:** Son máquinas en las que el papel se coloca sobre un cilindro que se desplaza sobre la plancha, que va colocada en una superficie plana que no se desplaza.

- **De cilindros:** En estas máquinas, la plancha va sobre una superficie cilíndrica y el papel es presionado contra ella por el llamado “cilindro de impresión”, cuya misión es la de aplicar la presión necesaria. [10]

2.2.3.- Planchas de impresión tipográfica

Inicialmente las planchas eran fabricadas en materiales metálicos como el plomo y estaban compuestas por innumerables piezas de metal y madera que al ensamblarse formaban un complejo conjunto de tipos e ilustraciones en relieve. En el caso de planchas de gran tamaño, para carteles y anuncios, no era inusual encontrarse piezas hechas con bloques de madera tallados a mano.

Las planchas de tipografía se pueden hacer de cualquier material capaz de aguantar la presión. Actualmente hay planchas de fotopolímeros, magnesio sobre metal, madera cortada con láser digital, entre otros. En todos los casos, la lectura de las planchas de tipografía es siempre invertida, en espejo, ya que se imprimen por presión directa sobre el papel. [10]

2.2.4.- Bomba de vacío

Las bombas de vacío son dispositivos que se encargan de extraer moléculas de gas de un contenedor, formando un vacío parcial, también llegan a extraer sustancias no deseadas en el producto, sistema o proceso, y se pueden utilizar para generar succión para una determinada función. Por lo general se utilizan en termoformado de plásticos, procesos de enfriamiento, industria textil, sistemas de impresión, cebado de bombas centrífugas, entre otros.

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por unidad de tiempo, además existen dos características esenciales de las bombas de vacío, que son la presión límite, también llamada presión mínima de entrada y el tiempo necesario para alcanzar dicha presión. Ambos factores no dependen nece-

sariamente del tipo de bomba sino del recipiente a evacuar.

En la actualidad existe un uso extendido de las bombas de vacío de tipo pistón, que mediante la acción del pistón en conjunto con la apertura y cierre de ciertas válvulas, logran extraer el aire de un sistema y lo arrojan al ambiente. Otro tipo de bombas de vacío son las de anillo, que mediante acoples rotóricos generan un anillo líquido de agua y aire en una o varias etapas, básicamente funcionan como un compresor en sentido inverso. [11]

2.2.5.- Lubricación por recirculación de aceite

El concepto de recirculación implica un flujo continuo de aceite a los puntos de lubricación. El aceite es recogido en depósitos y mediante un circuito accionado generalmente por bombas de desplazamiento positivo, vuelve a ponerse en circulación llegando de nuevo al punto a lubricar. La estación de bombeo está dotada de mecanismos adecuados para el control de la temperatura del aceite y la presión del mismo dependiendo de la aplicación.

Las bombas de desplazamiento positivo crean una succión y luego producen la descarga, desplazando aceite con un elemento móvil. El espacio que ocupa el aceite se llena y vacía alternativamente, forzando y extrayendo el fluido mediante movimiento mecánico.

El término “positivo”, significa que la presión desarrollada está limitada solamente por la resistencia estructural de las distintas partes de la bomba, y la descarga no es afectada por la carga a presión sino que está determinada por la velocidad de la bomba y la medida del volumen desplazado.

Las bombas de desplazamiento positivo funcionan con bajas capacidades y altas presiones en relación con su tamaño y costo. Este tipo de bomba resulta el más útil para presiones extremadamente altas, para operación manual, para descargas relativamente bajas, para operación a baja velocidad, para succiones variables y para pozos profundos cuando la capacidad de bombeo requerida es muy poca. [12]

2.2.6.- Secado por radiación ultravioleta (UV)

El secado por radiación ultravioleta (UV) consiste en el paso de las tintas y/o barnices de estado líquido a estado sólido, de manera instantánea, al producirse una polimerización por efecto de la incidencia sobre la misma de una radiación ultravioleta en una longitud de onda específica, situada normalmente entre los 200 y los 400 nm.

Un sistema de secado UV tiene tres puntos fundamentales, muy relacionados entre sí, los cuales son:

- **Forma de aplicación:** El producto terminado determina en gran medida las necesidades de las propiedades físicas de la forma del secado. Para su determinación se deberán tener en cuenta aspectos de las propiedades finales tales como su opacidad o transparencia, el espesor necesario, dureza o flexibilidad, resistencia a agentes químicos, resistencia a la abrasión o al frote y adhesión.

- **Formulación:** La formulación se determinará para conseguir las propiedades deseadas después de su exposición a la energía UV correspondiente. Las variables en la formulación incluyen la combinación de monómeros, oligómeros, fotoiniciadores y aditivos funcionales. Las características ópticas del material formulado determinarán la lámpara a utilizar con resultado efectivo.

- **Exposición para el secado:** El sistema con la lámpara UV tiene diversas variables, tales como su potencia, longitud de onda o gama de longitudes de onda en las que irradia, así como su capacidad de focalizar la radiación, ya que todo ello tiene un efecto directo en las propiedades finales del producto terminado. La selección de estas variables depende de las propiedades ópticas del material que se ha formulado como tinta o barniz.

2.2.6.1.- Sistemas de secado UV tradicionales

Los equipos de secado por radiación UV constan básicamente de dos partes claramente diferenciadas: la lámpara y el sistema de refrigeración. En los equipos de secado UV tradicionales se utilizan tres tipos de lámparas: las de arco de mercurio de alta presión, las de arco de mercurio sin electrodos y las de arco de mercurio de presión media, aunque en la actualidad existen lámparas de radiación UV que utilizan

la tecnología LED; cuyo funcionamiento será explicado en el desarrollo de este trabajo especial de grado.

El cuerpo de las lámparas tradicionales están fabricado con un tubo de sílice vítreo transparente (Cuarzo), que permite una transparencia a la radiación UV del 90 %. Se utiliza el cuarzo por sus características de muy baja expansión térmica y muy alta temperatura de fusión. Los electrodos en los que se sostiene el arco de alto voltaje están constituidos por una vara de tungsteno tratado, utilizándose este material para poder resistir las temperaturas que se presentan en el arco de más de 3000 °C. Para conectar el electrodo desde su envoltorio a la fuente de alimentación se utiliza molibdeno, capaz de transportar el voltaje necesario para mantener estable el arco a elevadas temperaturas. El interior del cuerpo de cuarzo está relleno de mercurio y gases nobles como el neón, argón o xenón, y de un compuesto metálico formado por una composición halógena muy pura.

El principio de funcionamiento de las lámparas tradicionales es el siguiente: al aplicar una tensión eléctrica en los extremos de la lámpara, la presencia de electrones libres cargados negativamente provoca una descarga de energía originada por el choque de los iones contra los átomos del gas. Ésta descarga de energía genera radiaciones UV, IR y luminosa en un porcentaje aproximado de un 20 %, un 60 % y un 20 % respectivamente. El nivel de tensión de trabajo de este tipo de lámparas esta alrededor de 1200 a 1500 V. El control se realiza mediante un sistema de condensadores conectados en serie a la lámpara. Con esto se consigue mantener una salida de potencia constante hacia la lámpara, aunque varíen las entradas.

El hecho de emitir luz infrarroja da lugar a la generación de altas temperaturas en el cuerpo de secado, por lo que se hace necesaria la instalación de sistemas de refrigeración para evitar que se produzcan alteraciones en los impresos. Normalmente, la refrigeración en los sistemas de secado UV tradicionales es, bien por ventilación y extracción de aire, o bien por agua. [14]

2.2.6.2.- Sistemas de secado LED UV

En lo que respecta a la tecnología LED UV, básicamente el funcionamiento trata sobre un diodo emisor de luz con la diferencia de que la composición del mate-

rial semiconductor es de en Nitruro de Aluminio-Galio (AlGaN). Dependiendo de la tendencia del material presente en la región activa del diodo variará la longitud de onda de la radiación UV emitida por la lámpara, tal como lo muestra la Figura 11.

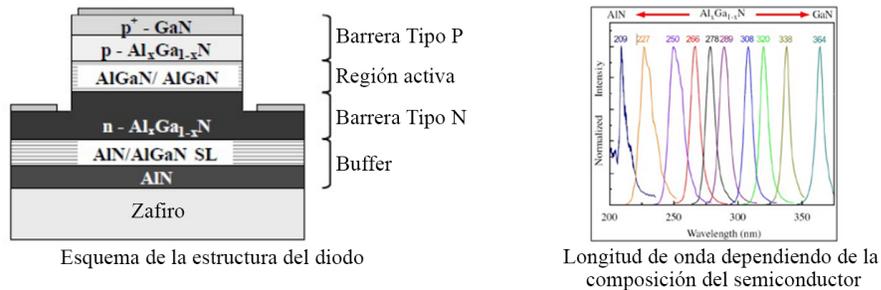


Figura 11. Composición del semiconductor del LED UV [21]

Las lámparas LED UV se constituyen con un arreglo de estos diodos emisores de luz y un sistema de refrigeración por agua o por aire, para mantener la temperatura de operación dentro de los rangos establecidos por los fabricantes. Por lo general son accionados por equipos dedicados al control de los módulos LED que permiten el encendido y apagado instantáneo y la regulación de la intensidad de radiación que entrega la luminaria en W/m². [21]

2.2.7.- Troquelado plano

El troquelado plano es un proceso utilizado para el corte, hendido, grabado, expulsión de desperdicios y separación de partes de una amplia variedad de materiales de hojas, desde papeles ligeros y cartón hasta cartón compacto pesado y plástico. El proceso se utiliza en una amplia variedad de sectores, desde la fabricación de embalaje, etiquetas y expositores a la impresión comercial.

El elemento de troquelado plano puede estar fuera de línea como una máquina independiente, o bien en línea con una máquina de impresión y/o otras unidades. Al ser introducida en la máquina de impresión y sujeta por una barra de pinzas, la hoja de papel es transportada a través de varias estaciones que realizan procesos secuenciales. La configuración exacta de una troqueladora plana variará en función de la aplicación. [19]

2.3.- Código Eléctrico Nacional

El Código Eléctrico Nacional es una publicación desarrollada por CODELECTRA, basándose en las indicaciones de diferentes normas internacionales. Tiene como principales metas, en primer lugar, salvaguardar en forma real la integridad de las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad, seguidamente establecer las disposiciones que rigen para la instalación de conductores eléctricos, equipos eléctricos, conductores y equipos de señalización y comunicaciones, y cables y canalizaciones de fibra óptica.

2.4.- Comisión Electrotécnica Internacional

La Comisión Electrotécnica Internacional, más conocida por sus siglas en inglés “IEC” (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas, fue fundada en 1906 y tiene sede actual en Ginebra, Francia.

La IEC está integrada por los organismos nacionales de normalización, en las áreas indicadas, de los países miembros que actualmente son 83 miembros, cada uno de ellos representando a un país.

En 1938, el organismo publicó el primer diccionario internacional (International Electrotechnical Vocabulary) con el propósito de unificar la terminología eléctrica, esfuerzo que se ha mantenido durante el transcurso del tiempo, siendo el Vocabulario Electrotécnico Internacional un importante referente para las empresas del sector.

A la IEC se le debe el desarrollo y difusión de los estándares para algunas unidades de medida, particularmente el gauss, hercio y weber; así como la primera propuesta de un sistema de unidades estándar, el sistema Giorgi, que con el tiempo se convertiría en el sistema internacional de unidades. [27]

2.5.- Comisión Venezolana de Normas Industriales

COVENIN corresponde al acrónimo de la Comisión Venezolana de Normas Industriales, como se conoció desde 1958 hasta 2004 a el ente encargado de velar por

la estandarización y normalización bajo lineamientos de calidad en Venezuela.

COVENIN estableció los requisitos mínimos para la elaboración de procedimientos, materiales, productos, actividades y demás aspectos que estas normas rigen. En esta comisión participaron entes gubernamentales y no gubernamentales especialistas en un área. A partir del año 2004, las actividades desarrolladas por COVENIN pasan a ser ejecutadas por FONDONORMA. [28]

2.6.- Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

La National Electrical Manufacturers Association “NEMA” (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) es una asociación industrial estadounidense, creada el 1 de septiembre de 1926. Su sede principal está en el vecindario de Rosslyn, en Arlington (Virginia), y cuenta con más de 400 miembros asociados. Este organismo es el responsable de numerosos estándares industriales comunes usados en el campo de la electricidad. Entre otros, la NEMA ha establecido una amplia gama de estándares para encapsulados de equipamientos eléctricos. [29]

CAPÍTULO III

3.- MÁQUINA DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA ONDA OPM W270III

3.1.- Descripción de la máquina Onda OPM W270III

La información que se presenta a continuación se obtuvo del levantamiento de datos de la máquina en planta y de una entrevista realizada al operador de una máquina de similares características, cuyo contenido se presenta en el Anexo 1.

Se cuenta con una máquina de impresión tipográfica tipo plana similar al esquema de la Figura 12, capaz de imprimir hasta 4 colores distintos y constituida por un chasis metálico. Es accionada por un motor eléctrico trifásico que se acopla al mecanismo de impresión. El sistema se puede dividir en tres, el sistema de debobinado y rebobinado, el sistema de impresión y troquelado, y el sistema de control de registro.

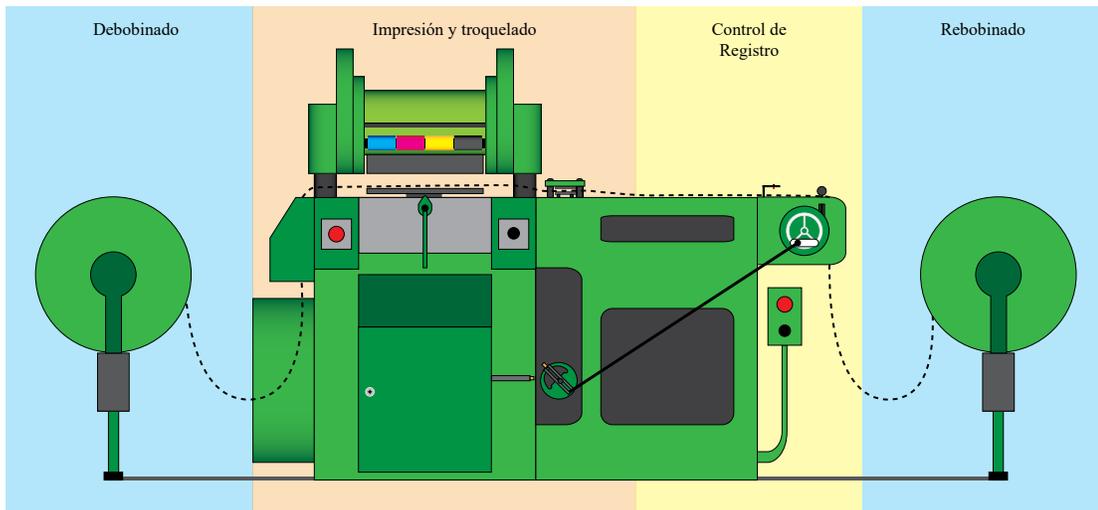


Figura 12. Partes de la máquina de impresión tipográfica OPM W270-III

3.1.1.- Sistema de debobinado y rebobinado

- **Características:** En la Figura 13 se observa una figura referencial de este sistema, que consta de una base circular con un eje cilíndrico donde se coloca la bobina de material, y que a su vez esta acoplado permanentemente al eje de un motor-reductor

eléctrico monofásico de arranque por capacitor de 90 VA y alimentación $208 V_{AC}$, que proporciona el torque necesario para rebobinar o debobinar el material según sea el caso.

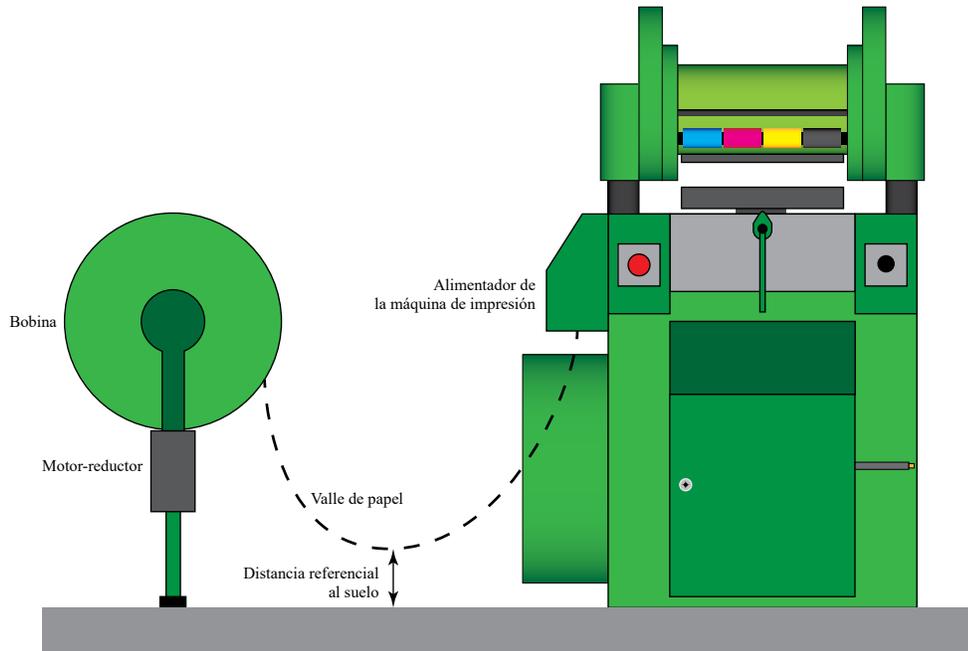


Figura 13. Esquema del sistema de debobinado y rebobinado

- **Funcionamiento:** Por las características del sistema de impresión el papel debe suministrarse a la máquina con holgura, puesto que el material sufre tensión al momento del estampado de la tipografía, por lo cual se debe velar que permanezca un valle de papel entre la base de la bobina y el alimentador del sistema de impresión. El sistema control acciona cada motor-reductor dependiendo del caso, ya sea para debobinar o rebobinar con el objetivo de mantener el valle de papel a una distancia determinada del suelo.

3.1.2.- Sistema de impresión y troquelado

- **Características:** La figura 14 muestra un esquema general del sistema de impresión y troquelado. Se destaca el motor principal modelo Super-Line E de la marca Mitsubishi, cuyas características se muestran en la Tabla 1. Este motor se acopla a través de un sistema de poleas y correas al eje primario del embrague electromagnético principal, que tiene una bobina de $24 V_{DC}$ de excitación y cuyo eje secundario corres-

ponde al principal del mecanismo de impresión y troquelado. Debido a que el motor genera una fuerza tangencial a una distancia constante de su eje, se puede considerar todo el sistema mecánico como una carga de par constante.

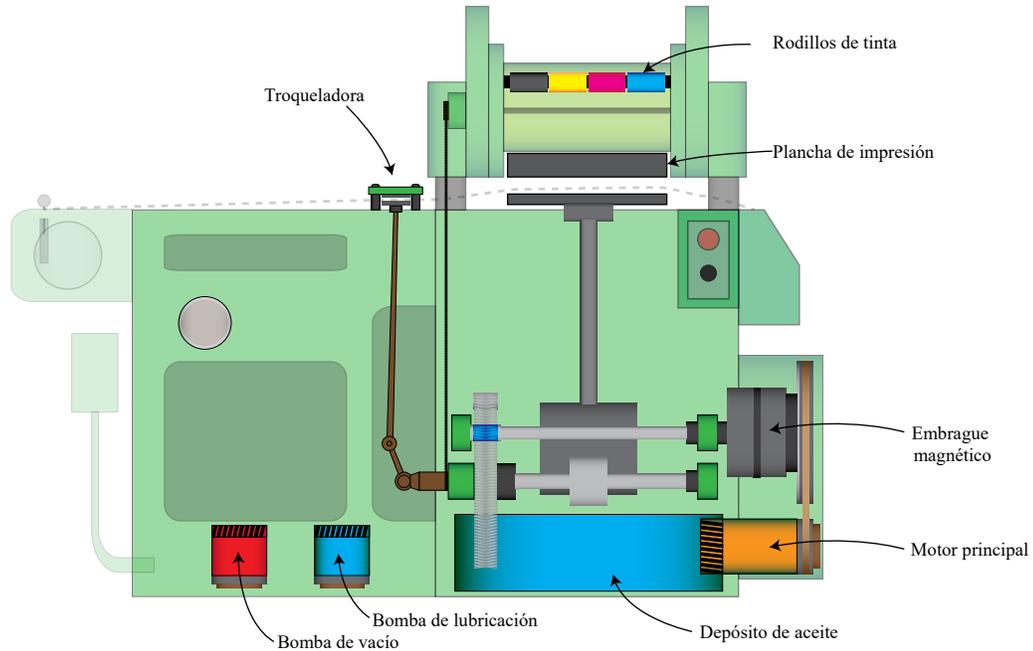


Figura 14. Esquema del sistema impresión y troquelado

Tabla 1. Datos de placa del motor trifásico principal

Característica	
Fabricante	Mitsubishi
Modelo	Super-Line E
Potencia	2 HP
Alimentación	208 V _{AC} en Y
Letra Código	G
Clase de Aislamiento	L
Diseño NEMA	C
Frame	90L
Velocidad nominal	1410 rpm
Número de terminales	6

En conjunto con los elementos descritos anteriormente se tiene una bomba centrífuga de lubricación, que se encarga de la recirculación del aceite desde el depósito que se observa en la Figura 14, utilizando tuberías flexibles de PVC, hasta los siste-

mas de biela manivela mencionados en el párrafo anterior. Por otra parte está la bomba de vacío, que a través de ductos dirigidos internamente hasta la superficie de impresión, crean una succión en la misma. Ambas bombas poseen motores trifásicos de 1 HP de potencia y alimentación de $208 V_{AC}$.

- **Funcionamiento:** Inicialmente se enciende el motor eléctrico, y una vez se encuentre en estado estable, se excita el embrague electromagnético para que el torque entregado a través de este eje, en conjunto con sistemas de engranajes y correas, accione los sistemas de biela manivela de impresión y troquelado, y los rodillos de tinta de la parte superior, iniciando el proceso general.

La función de la bomba de lubricación es mantener lubricadas las partes mecánicas que más daños por roce sufren, que son los sistemas de biela manivela. La bomba de vacío se utiliza para mantener el papel adosado a la superficie de impresión mediante la succión que genera.

3.1.3.- Sistema de control de registro

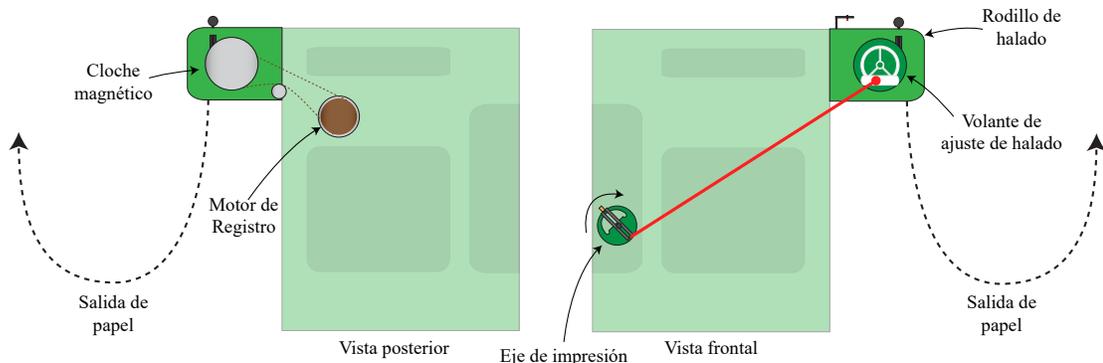


Figura 15. Esquema del sistema de control de registro

- **Características:** La figura 15 sirve de referencia para la descripción de este sistema, que consta de un rodillo de halado de papel, cuyo desplazamiento es permitido en una misma dirección por la acción de una rache y además se puede ajustar la distancia desplazada a través de un volante de ajuste. Existe una barra metálica que transmite el movimiento giratorio del eje principal del sistema de impresión hasta el rodillo mencionado. En la parte posterior se tiene un embrague electromagnético que acopla el eje de un motor eléctrico trifásico de alimentación $208 V_{AC}$ y 1HP de potencia, al eje del rodillo de halado.

- **Funcionamiento:** A través de la barra metálica mencionada en el párrafo anterior, se transmite el movimiento giratorio del eje hasta un carril horizontal, que en conjunto con el volante de ajuste, hace girar el rodillo de halado en una misma dirección, provocando un desplazamiento del material en su superficie.

Por la parte posterior se tiene que el motor de registro se mantiene siempre encendido a una velocidad adecuada para que al acoplarse mediante el embrague electromagnético se transmita el torque al rodillo de halado y el material se desplace ligeramente para mejorar el registro de colores de impresión.

3.1.4.- Requerimientos adicionales

El cliente solicita la adición de un sistema de secado de tinta ultravioleta (UV) en la línea de impresión, que no modifique el funcionamiento del sistema actual y pueda controlar la intensidad de radiación ultravioleta suministrada. Por otra parte se propone modificar la velocidad de impresión y monitorizar la cantidad de impresiones.

3.2.- Definición de variables del sistema

A continuación se definen las variables a medir o controlar, dependiendo de los equipos actuales, las características de la máquina y los requerimientos adicionales mencionados.

3.2.1.- Velocidad de impresión

Se requiere modificar la velocidad de impresión de la máquina, puesto que originalmente funcionaba a una velocidad fija alta y eso genera frecuentes fallos en el sistema mecánico y baja calidad de registro. Si se analiza el sistema descrito en el apartado 3.1.2, la velocidad de la máquina es proporcional a la velocidad del motor eléctrico que la acciona y por esto se define esta última como variable a controlar.

3.2.2.- Número de impresiones

Se propone comandar la máquina para realizar una cantidad de impresiones

determinadas, por lo que se requiere monitorizar el número de impresiones realizadas.

Como se describe en el apartado 3.2.1, se puede establecer una relación directa entre la velocidad de impresión y la del motor eléctrico, pudiéndose determinar entonces una relación entre esta variable y la cantidad de impresiones que realiza la máquina a una determinada rapidez en un lapso de tiempo determinado.

Otra solución podría ser detectar la presencia de alguna pieza del sistema mecánico que coincida con el momento en que se realiza cada impresión, de esta manera se puede saber con certeza, además del número de impresiones, el momento exacto cuando se produce.

La primera solución puede arrojar un número estimado de impresiones las cuales dependerán del tiempo que pase la máquina imprimiendo a una determinada velocidad, la cual puede ser variada durante el proceso. La segunda solución puede arrojar el número exacto de impresiones realizadas independientemente de los cambios en el punto de operación del motor eléctrico, por lo cual se tomará como opción a desarrollar.

Tomando en cuenta que las piezas mecánicas de la máquina y su chasis son metálicos, se define como variable la detección de presencia de una pieza metálica.

3.2.3.- Presencia del papel

Como ya se presentó en el apartado 3.1.1, los sistemas de debobinado y rebobinado se encargan de mantener la holgura del material al entrar y salir de la máquina. Se define como variable la presencia de un valle de papel a una distancia determinada del suelo.

3.2.4.- Nivel de aceite en el depósito

El nivel de aceite en el depósito es una variable que debe ser medida de manera constante puesto que una disminución de su valor dentro de ciertos niveles de tolerancia debe incurrir en una parada de emergencia de la máquina, para salvaguardar la integridad del sistema mecánico.

3.2.5.- Marca de registro

El control de registro se realiza utilizando una marca que se encuentra en el material de manera periódica y que sirve para posicionar el mismo de manera precisa. Se puede definir como variable, la detección de un cambio de contraste en el papel.

3.2.6.- Temperatura del contenedor de la lámpara UV

Todos los sistemas de secado UV requieren el control de la temperatura de operación de la lámpara para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, es necesario asegurar que trabaje bajo ciertas condiciones según la tecnología utilizada, por esto se define la temperatura de operación de la lámpara como una variable a medir y controlar.

3.2.7.- Intensidad de radiación UV

Se propone controlar la intensidad de radiación UV que se entrega y por esto se define como variable. La razón es mejorar el ahorro energético sabiendo que a mayor velocidad de impresión se requerirá mayor intensidad de radiación ultravioleta.

CAPÍTULO IV

4- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En este capítulo se desarrolla el diseño del sistema de control. Inicialmente se presenta un Plano de Tuberías e Instrumentación (P&ID) derivado de las variables definidas en el capítulo anterior. Luego con el contenido del mencionado diagrama se realiza la selección de cada uno de los equipos e instrumentos necesarios para la implementación, los cálculos de canalizaciones eléctricas, la programación del controlador seleccionado finalmente el diseño del tablero de control.

4.1.- Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

La realización de este diagrama forma parte de las recomendaciones del autor Antonio Creus, en su libro, Instrumentación Industrial, para el desarrollo de cualquier proyecto de instrumentación y control de procesos. Para la simbología y forma de presentación se utilizaron los lineamientos del estándar ANSI ISA S5.1.

Tal como se muestra en la Figura 16, se presentan ocho lazos de control de los cuales 5 son de tipo On/Off, uno de velocidad, uno de temperatura y uno de intensidad de radiación. El primer lazo de control corresponde a encendido del sistema de impresión, que recibe comandos del operador a través de una interfaz humano-máquina (HMI) adecuado y controla el encendido del motor y las bombas de lubricación y de vacío; se ven involucrados sensores de seguridad de las tapas y, además, el instrumento para el conteo de impresión. El segundo lazo es el que controla la velocidad del motor principal, el cual recibe una referencia a través de un HMI adecuado y modifica la velocidad del motor.

Los lazos 3 y 4 corresponden al control de encendido de la debobinadora y rebobinadora respectivamente, cada uno de los lazos posee un transmisor que da la señal al controlador para activar o desactivar los motorreductores. El lazo 5 corresponde al encendido del sistema de control de registro, existe un transmisor indicador que detecta la marca de registro y señala el momento de activar el embrague que acopla el motor de registro al rodillo de halado.

Los lazos 6, 7 y 8 corresponden al sistema de secado UV, cuyos criterios de selección se detallan en el apartado 4.4.2.7, específicamente a su accionamiento, control de temperatura y control de intensidad respectivamente. Se identifica un transmisor de temperatura el cual envía su señal tanto al controlador de encendido como al controlador de temperatura. El lazo 6 recibe un comando de accionamiento a través de un HMI mientras que el lazo 8 recibe por la misma vía una referencia.

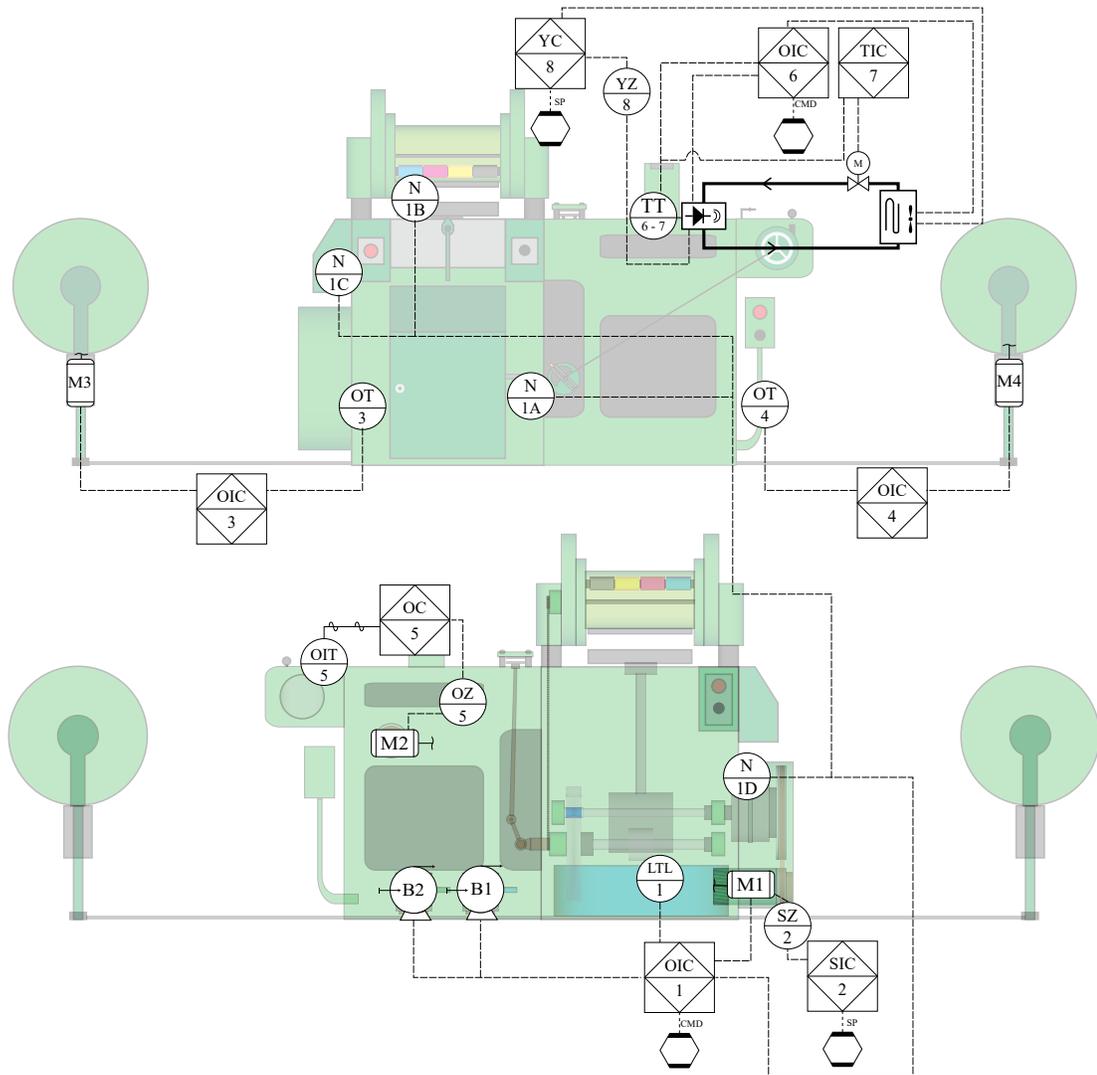


Figura 16. Plano P&ID

Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID)

Leyenda

Nota: La mayoría de la simbología de este P&ID es acorde a las indicaciones del estándar "Instrumentation Symbols and Identification" ISA Standart S5.1 - 2009

Lazo 1 - Control On/Off del sistema de impresión		Equipos y actuadores
 <p>PLC (Controlador de encendido) con indicador y comando dado por el usuario a través de un HMI</p>	 Sensor de presencia (Sensor inductivo)  Transductor transmissor de nivel bajo (Sensor de nivel)	
 <p>PLC (Controlador de velocidad) con indicador y punto de operación dado por el usuario a través de un HMI</p>	 Elemento final de control de velocidad (Variador de frecuencia)	
 <p>PLC (Controlador de encendido) con indicador</p>	 Transmisor óptico (Sensor Fotoeléctrico)	
 <p>PLC (Controlador de encendido) con indicador</p>	 Transmisor óptico (Sensor Fotoeléctrico)	
 <p>PLC (Controlador de encendido) con indicador y comando dado por el usuario a través de un HMI</p>	 Transmisor indicador óptico (Sensor fotoeléctrico de fibra óptica)  Elemento final de control (Variador de frecuencia)	
 <p>PLC (Controlador de encendido) con indicador y comando dado por usuario a través de un HMI</p>	 Transmisor de temperatura (Termorresistencia)	
 <p>PLC (Controlador de temperatura) con indicador</p>	 Transmisor de temperatura (Termorresistencia)	
 <p>PLC (Controlador de intensidad de radiación) con punto de operación dado por usuario a través de un HMI</p>	 Elemento final de control de intensidad de radiación (Led Powerdrive)	

Figura 17. Leyenda del plano P&ID

4.2.- Criterios de diseño para el sistema de control

Los criterios de diseño del sistema de control son los que rigen la selección de los equipos e instrumentos con la finalidad de unificar el tipo de señales de control y fuerza para especificar los requerimientos del controlador principal y los equipos de accionamiento.

Se cuenta con un punto de alimentación trifásica de $208 V_{AC}$ y una tierra, no se tiene neutro. Por otra parte, considerando el tipo de señales comunes entre los equipos comerciales de controladores e instrumentos, se propone la utilización de señales digitales de control de $24 V_{DC}$ con lógica positiva, por lo que los instrumentos digitales deben ser de tipo PNP con el mismo nivel de tensión. Se establecen señales de control analógicas de tensión $0-10V_{DC}$ para los equipos que lo ameriten.

4.3.- Metodología general para la selección de equipos e instrumentos

Tomando en cuenta las recomendaciones del autor Antonio Creus y la Guía de soluciones On-Machine de la empresa Rockwell para seleccionar cada uno de los instrumentos, actuadores, controladores e interfaz hombre-máquina, se debe considerar primeramente el sistema en conjunto, puesto que dependiendo de las características comunes entre los lazos de control se procederá a elegir cierto tipo de equipo. A continuación se presentan las principales consideraciones.

- Se deben considerar las características de cada lazo presente en el P&ID para determinar la necesidad de centralización del control en un equipo o si es posible descentralizar el control.

- Se selecciona un controlador comercial que logre cumplir con las demandas de todos los lazos de control, para establecer las características comunes que tendrán los equipos auxiliares e instrumentos de medición en miras de asegurar la compatibilidad.

- En la selección de un instrumento de medición, se debe tener identificada la variable a medir, para luego realizar una comparación entre los equipos disponibles en el mercado y seleccionar el que mejor se ajuste a las características requeridas. Por lo general se identifican cualidades y cantidades como el tipo de salida, analógica o digi-

tal, la velocidad de reacción, la potencia consumida, la tensión nominal de trabajo, el tipo de conexión, su desempeño en el ambiente de trabajo, el tamaño del sensor, entre otros.

- Los equipos auxiliares deben ser compatibles tanto con el elemento de control como con el actuador, ejemplos de estos son los contactores, relés, transductores, entre otros. El proceso comparativo pasa por el análisis de compatibilidad con los requerimientos de potencia del actuador y de conexiones del controlador, de manera que pueda servir de puente y agregar confiabilidad al sistema.

- La interfaz hombre-máquina se selecciona dependiendo de las exigencias de cada lazo de control, se considera el tipo de datos que el usuario debe ingresar al sistema y se selecciona pensando en la comodidad del operador y las medidas de seguridad pertinentes.

4.4.- Selección de equipos e instrumentos

4.4.1.- Selección del controlador principal

Para la selección del controlador para cada uno de los lazos de control se tomó en cuenta la necesidad de compartir datos y estados de cada uno, es por esto que se decanta el proceso por un equipo centralizado capaz de ejecutar todas las instrucciones lógicas y controlar adecuadamente todos los elementos del sistema.

Se propone la utilización de un controlador lógico programable (PLC) principal y se utilizó para su selección una tabla comparativa donde se establecen los requerimientos del sistema contrastados con las características de equipos comerciales para seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades técnicas y económicas.

El primero es de marca Siemens modelo con CPU S7-1200 1215C con un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas modelo SM 1234, el siguiente es un equipo de la marca Mitsubishi Electric modelo FX3G-40MR-DS con un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas modelo FX3U-4AD-ADP. Cabe destacar que se requiere la posibilidad de adaptar una red de campo para la monitorización del funcionamiento y producción de la máquina en un futuro además de recibir datos de

una HMI. En la Tabla 2 se presenta un resumen del estudio de las características de los equipos comparados. El dispositivo seleccionado es el de marca Siemens y sus características se encuentran en el Anexo 6L.

Tabla 2. Tabla comparativa de los controladores principales

Característica	Requerimiento del sistema	S7-1200 1215C	FX3G-40MR-DS
Entradas digitales	14	14	24
Entradas analógicas	1	4	4
Salidas digitales	10	10	16
Salidas analógicas	4	4	2
Memoria de programa	<8kB	100 kB	32 kB
Memoria de datos	<8kB	100 kB	8kB
Temporizadores	<10	Por memoria	256
Contadores Rápidos	0	8	4
Conjunto de instrucciones	Aritméticas	PID	PID
Lenguaje de programación	LAD	ST	ST
Comunicación	-	Profibus	Profibus
Costo de referencia [\$]	-	860	2000
Fabricante	-	Siemens	Mitsubishi

4.4.2.- Selección de los instrumentos y equipos

A continuación se presenta detalladamente el proceso de selección de cada uno de los instrumentos y equipos necesarios para la implementación del sistema de control descrito en el Capítulo III tomando en cuenta los criterios del punto 4.3, las características del controlador seleccionado y otros detalles específicos.

4.4.2.1.- Sensor de presencia de valle de papel

El objetivo es detectar la presencia del valle de papel a una distancia determinada del suelo, es decir, detectar la presencia de un material opaco. Los sensores comerciales que se pueden utilizar son los capacitivos, fotoeléctricos o ultrasonido.

Los sensores capacitivos por su principio de funcionamiento pueden detectar cualquier tipo de presencia, se debe ajustar su sensibilidad ante cambios en un determinado dieléctrico para su activación, pero una desventaja es que sus distancias de

detección suelen ser pequeñas, en el orden de las decenas de milímetros.

Los sensores fotoeléctricos al igual que los ultrasónicos tienen un rango de medición con mayor distancia que los capacitivos. Para la detección de presencia se destacan los fotoeléctricos tipo barrera por su simplicidad y facilidad de instalación.

Tabla 3. Tabla comparativa de los sensores de presencia del valle de papel

Característica	Requerimiento del sistema	Sensor capacitivo	Sensor fotoeléctrico de barrera	Sensor ultrasónico
Variable a detectar	Presencia de material opaco	Puede detectar material opaco	Puede detectar material opaco	Puede detectar material opaco
Grado de protección	IP 20	Generalmente IP 20	Generalmente IP 20	Generalmente IP 20
Tipo de conexión	Tipo PNP de $24 V_{DC}$	Tipo PNP de $24 V_{DC}$	Tipo PNP de $24 V_{DC}$	Tipo PNP de $24 V_{DC}$
Distancia de detección	≥ 50 cm	Generalmente hasta 0.5 cm	Generalmente hasta 5m	Generalmente hasta 5m
Tamaño	Reducido	Reducido	Reducido	Moderado
Costo	Económico	Económico	Económico	Elevado

Observando la Tabla 3 donde se realiza una comparación entre los sensores mencionados anteriormente, se tiene que el factor determinante para descartar el capacitivo es la distancia de detección. El proceso se decanta por el sensor fotoeléctrico por estar mejor valorado en tamaño y costo.

Con esto se procede a ubicar un sensor fotoeléctrico comercial y el seleccionado cuenta con una distancia útil de operación de 5 m cuyo rango se puede ajustar entre 250 mm y 5000 mm, adecuado para la aplicación que se le va a asignar que es el sensado del valle papel, el emisor de luz utiliza tecnología LED y emite una luz color rojo de 660 nm. Su salida es tipo PNP con rango de 10 a $30 V_{DC}$ y la corriente máxima es de 300 mA. El sensor posee una carcasa rígida con rosca de 12mm de diámetro y está estipulado para diversas aplicaciones. Los detalles del equipo se encuentran en la hoja de datos que se muestra en el Anexo 6A.

4.4.2.2.- Equipo de accionamiento para los motorreductores

Los motorreductores tienen una potencia aparente de 90 VA, son de alimentación monofásica de 208 V_{AC} con arranque por condensador, y basta con un arranque directo para su encendido. La selección del equipo se realizará entre un contactor trifásico y un relé de estado sólido, por ser equipos de conmutación que separan el apartado de control de la fuerza.

El contactor debe tener una capacidad de carga de al menos 90 VA y categoría de servicio AC3 que corresponde a arrancadores de motores eléctricos y tensión de bobina de 24 V_{DC} para que sea compatible con el controlador principal.

Por otra parte están los relé de estado sólido, que son dispositivos de conmutación monoplares con características similares a los contactores, y que están diseñados para ser accionados de manera repetitiva.

Tabla 4. Tabla comparativa de los equipos de accionamiento para los motorreductores

Característica	Requerimiento del sistema	Relé de estado sólido	Contactador trifásico
Frecuencia de conmutación	Elevada	Elevada	Moderada
Tensión de contacto de fuerza	208 V _{AC}	208 V _{AC}	208 V _{AC}
Tensión de alimentación de la bobina de control	24 V _{DC}	24 V _{DC}	24 V _{DC}
Capacidad de carga	90 VA	Pueden manejar dichas potencias	Pueden manejar dichas potencias
Fases controladas	≥ 1	1	3

En la Tabla 4 se observan las principales características de selección del equipo de accionamiento directo, se selecciona el relé de estado sólido sobre el contactor por la frecuencia de conmutación, que se ajusta al requerimiento del sistema.

El equipo seleccionado es un relé de estado sólido para controlar una de las fases de alimentación. La bobina de magnetización de este equipo es de 24 V_{DC}, para su control a través del PLC principal. Los detalles técnicos del equipo se encuentran en el Anexo 6N y en la Figura 18 se muestra el circuito eléctrico de accionamiento, cuyo

apartado de control se expone en los documentos del diseño de tablero de control.

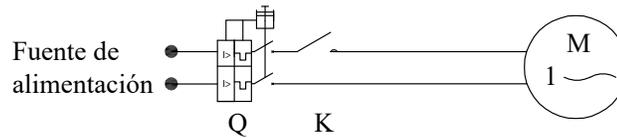


Figura 18. Circuito eléctrico de fuerza propuesto para el motor-reductor

4.4.2.3.- Sensor de conteo de impresión

La manera de cuantificar las impresiones de la máquina pasan por detectar la presencia de una leva metálica del sistema que se encuentre en cierta posición en el mismo momento en que se imprima la tipografía. Para detectar la presencia metálica se pueden utilizar sensores capacitivos, fotoeléctricos e inductivos.

Tabla 5. Tabla comparativa de los equipos detección de leva metálica

Característica	Requerimiento del sistema	Sensor capacitivo	Sensor inductivo	Sensor fotoeléctrico
Variable a detectar	Detectar presencia de leva metálica	Puede detectar cualquier tipo de material	Detecta únicamente metales	Puede detectar cualquier material
Grado de protección	IP 20	Generalmente IP 20	Generalmente IP 20	Generalmente IP 20
Tipo de conexión	Tipo PNP de 24 VDC	Tipo PNP de 24 VDC	Tipo PNP de 24 VDC	Tipo PNP de 24 VDC
Distancia de detección	Entre 0.1 y 0.5 cm	Generalmente hasta 0.5 cm	Generalmente hasta 0.5 cm	Generalmente hasta 5m

Observando la Tabla 5 y considerando lo que se explicó anteriormente, los sensores capacitivos pueden detectar cualquier presencia basándose en su principio de activación ante variaciones de un dieléctrico y además se pueden calibrar de manera que detecten objetos específicos. Los sensores fotoeléctricos de tipo barrera también se pueden utilizar puesto que el metal es un material opaco que rebotará la luz emitida por el sensor y este activará. Finalmente los sensores inductivos sólo se activan cuando una pieza metálica entra en su rango de detección. Los tres sensores mencionados no requieren contacto con el elemento a detectar, sin embargo las características de la máquina favorecen al inductivo, puesto que cualquier perturbación de otro tipo de material podría activar al sensor capacitivo o al fotoeléctrico, en cambio el inductivo solo reacciona ante elementos metálicos, lo que lo hace idóneo para la tarea que se le

presenta.

El sensor comercial seleccionado posee un chasis metálico de rosca de 12 mm de diámetro el cual permite fijar y ajustar el sensor para su correcto funcionamiento. Este equipo cumple con todos los criterios de selección mencionados anteriormente, es de salida digital de $24 V_{DC}$ tipo PNP, los detalles técnicos se encuentran en el Anexo 6C.

4.4.2.4.- Sensor de nivel bajo de aceite

Para la medición de nivel de líquidos existen diversos instrumentos en el mercado, los hay de medición directa o indirecta y se destacan los tipo flotador, capacitivos, ultrasónicos, entre otros.

Es pertinente indicar las características del contenedor en el cual se va a medir el nivel de aceite: no tiene tapa superior, posee una altura de 50 cm de altura y una superficie cuadrada de un área de $1 m^2$. Además cabe acotar que el espacio para la instalación de un sensor es reducido debido a la presencia de diferentes piezas mecánicas en movimiento. Los sensores que se comparan son los que más se comercializan actualmente por los fabricantes.

Tabla 6. Tabla comparativa de los equipos detección de nivel bajo de aceite

Característica	Requerimiento del sistema	Sensor capacitivo	Sensor tipo flotador	Sensor ultrasónico
Forma de medición	Discreta	Continuo o discreto	Discreto	Continuo
Grado de protección	IP 65	Generalmente IP 65	Generalmente IP 65	Generalmente IP 65
Tipo de conexión	PNP de $24 V_{DC}$	PNP de $24 V_{DC}$	PNP de $24 V_{DC}$	PNP de $24 V_{DC}$
Distancia de detección	50 cm de altura	Generalmente hasta 10 m	Posición fija al momento de instalación	Generalmente hasta 10 m
Tamaño	Reducido	Reducido	Voluminoso	Reducido
Costo	Económico	Económico	Económico	Moderado

Observando la tabla 6, el sensor capacitivo resulta más atractivo por ser compacto, económico y cumplir con todas los requerimientos del sistema.

Finalmente se seleccionó un sensor cuyas características físicas y técnicas se adaptan a las necesidades del sistema. El equipo se puede configurar para un sensado continuo del nivel pero en este caso se utilizará sólo como detector de nivel bajo, posee una salida de 4 hilos con alimentación de $24V_{DC}$, los detalles se encuentran en el Anexo 6D.

4.4.2.5.- Controlador de velocidad del motor principal

Primeramente hay que destacar que la manera más adecuada de controlar la velocidad de un motor asincrónico trifásico, sin modificar su constitución, es un variador de frecuencia, que ofrece además, la posibilidad de realizar arranques a la máquina utilizando técnicas que permiten disminuir los esfuerzos que podrían generarse al realizar arranques directos.

Utilizando las recomendaciones del estandar “Application Guide For AC Adjustable Speed Drive Systems” de la NEMA, para la selección de un controlador de velocidad se requiere tomar en cuenta primeramente el tipo de carga a accionar, la tensión de alimentación del motor y del alimentador, cuidando que la primera sea menor o igual a la segunda mencionada. De la misma manera hay que considerar la potencia nominal del motor y elegir un equipo que pueda suministrarla. Aspectos como el grado de protección de la carcasa y las condiciones ambientales deben ser considerados de igual manera. Por otra parte desde el punto de vista de control, dependiendo de la característica del sistema acoplado al motor, se debe plantear el método empleado por el equipo, que puede ser V/F constante o vectorial, lo que va relacionado estrechamente con los requerimientos de aceleración y desaceleración que pueda requerir el proceso. En la Tabla 7 se muestra un resumen de las recomendaciones del estándar para cada tipo de carga mecánica.

Considerando que aunque la carga es de par variable, se puede aproximar a un sistema de par constante, se seleccionó un equipo con un control V/F constante, el cual es suficiente para la aplicación que se le va a dar al motor. Su alimentación está dentro de un rango de 180-265VAC, el mismo orden de magnitud de la alimentación del motor. Puede alimentar hasta un motor de 3 HP, suficiente para los 2 HP del motor principal y posee protección tipo NEMA 1. Los detalles del equipo se encuentran en el Anexo 6E.

Tabla 7. Tabla de recomendaciones para la selección de un variador de frecuencia

Característica	Par variable	Par constante	Par constante
Tipo de control	V/f constante	V/f constante o Vectorial	V/f constante o Vectorial
Voltaje de alimentación	Depende de la potencia del motor	Depende de la potencia del motor	Depende de la potencia del motor
Sobrecarga y relación HP/corriente	Por lo general no se requiere sobrecarga	Se debe considerar que a bajas frecuencias puede ocurrir una sobrecarga momentánea.	Por lo general son de baja tensión de alimentación por lo que la relación de HP/corriente tiende a ser elevada.
Protección y entorno	Depende del lugar de instalación del controlador	Depende del lugar de instalación del controlador	Depende del lugar de instalación del controlador
Rango de velocidad	Típicamente 2:1	Hasta 100:1	Hasta 100:1
Regulación de velocidad	No es relevante	Por lo general se requiere regulación de velocidad y de torque, y se realiza dependiendo del tipo de control seleccionado.	Por lo general se requiere regulación de velocidad y de torque, y se realiza dependiendo del tipo de control seleccionado.
Puenteo de emergencia	Si	No	No
Tiempo de aceleración	No es relevante	Es relevante dependiendo de la aplicación	Es relevante dependiendo de la aplicación
Tiempo de desaceleración	No es relevante	Es relevante dependiendo de la aplicación	Es relevante dependiendo de la aplicación

4.4.2.6.- Equipos de accionamiento para las bombas

Para las bombas no se requiere modificar la velocidad de trabajo, es por esto que no se considera un variador de frecuencia para su encendido. Por otro lado, existen distintos tipos de arranques electromecánicos, pero la mayoría requieren diversos arreglos, como autotransformadores, grupos de contactores, entre otros. Basándose en lo que establece el autor Jesús Fraile Mora en su libro *Máquina Eléctricas*, el arranque más simple es el directo, que se puede realizar con un contactor manejado por el controlador principal.

Tabla 8. Tabla comparativa de los equipos de accionamiento para las bombas

Característica	Requerimiento del sistema	Relé de estado sólido	Contactador trifásico
Frecuencia de conmutación	Baja	Elevada	Moderada
Voltaje de contacto de fuerza	208 V _{AC}	208 V _{AC}	208 V _{AC}
Voltaje de la bobina de control	24 V _{DC}	24 V _{DC}	24 V _{DC}
Capacidad de carga en AC3	1 HP	Pueden manejar dichas potencias	Pueden manejar dichas potencias
Fases controladas	3	1	3
Costo	Económico	Económico	Económico

En la tabla 8 se muestran las características de los equipos considerados para el arranque directo, resultando el contactador trifásico el equipo idóneo para su implementación, principalmente por la cantidad de fases que puede controlar.

Los equipos seleccionados son contactores trifásicos con protección de sobrecarga, puesto que tiene integrada la protección de sobrecarga y es ajustable en un rango hasta 10 s y por su compatibilidad con el controlador principal. La bobina de accionamiento del contactador es de 24 V_{DC} y una corriente de salida de 7 A en AC-51, suficiente para el encendido de ambas bombas, se colocará un contactador para cada una. Los detalles del equipo se muestran en la hoja de datos del Anexo 6B y en la Figura 19 se presenta un circuito eléctrico de fuerza para la implementación de los contactores.

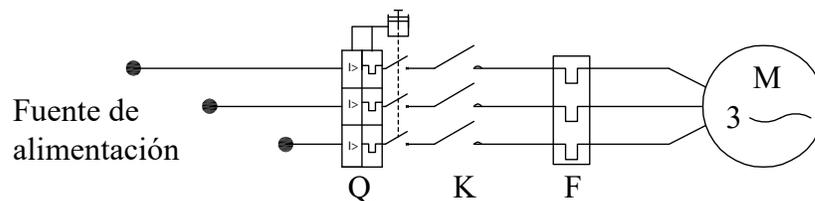


Figura 19. Circuito para el arranque de las bombas de vacío y lubricación

4.4.2.7.- Equipo de secado de tinta ultravioleta

En la tabla 9 se realiza una comparación entre los dos tipos de sistemas de secado UV existentes en el mercado, el tradicional de lámparas halógenas y el de tecnología LED y se contrastan con los requerimientos del sistema.

En el proceso de selección del sistema de secado de tinta ultravioleta se tomó en cuenta las características de los equipo en cuanto a alimentación, accionamiento remoto, control de la intensidad de radiación y compatibilidad con el controlador principal ya seleccionado. Por otra parte también se busca que el sistema de refrigeración que requiera posea una topología que pueda ser implementado con los recursos presentes en la planta.

Tabla 9. Tabla comparativa de los sistemas de secado ultravioleta

Característica	Requerimiento del sistema	Sistema Tradicional	Sistema LED UV
Alimentación	208 V _{AC}	208 V _{AC}	208 V _{AC}
Temperatura de operación	Baja (25 °C)	Altas (Entre 300 y 500 °C)	Bajas (25 ± 1 °C)
Tiempo de accionamiento	Moderado	Lento (Entre 3 y 5 min)	Rápido (Instantáneo)
Control de encendido	Digital de 24 V _{DC}	Digital a través de contactor con bobina de 24 V _{DC}	Digital de 24 V _{DC}
Control de intensidad de radiación	Continuo de 50 a 100 %	Discreto dependiendo de los balastos instalados	Continuo de 10 a 100 %
Sistema de refrigeración	Agua o Aire	Aire	Agua o Aire
Costo	Económico	Económico	Alto

A pesar de su costo elevado, el sistema de secado LED UV se seleccionó principalmente por su tiempo de accionamiento y la temperatura de operación, que se ajustan a los requerimientos del sistema.

Se seleccionó un sistema con una topología similar a la de la Figura 20 que comprende la lámpara y la fuente de alimentación. Los equipos están diseñados para trabajar en conjunto con un sistema de refrigeración por agua. La fuente de poder posee entradas y salidas configurables entre las que destaca una señal de entrada analógica de 0-10 V_{DC} donde se ajusta la intensidad de radiación UV y las salidas digitales para indicar mal funcionamiento de los módulos LED de la lámpara. El equipo requiere una alimentación entre 90-264 V_{AC} y tiene un consumo máximo de 2 kVA. Los detalles de la lámpara y la fuente de poder se encuentran en el Anexo 6F.

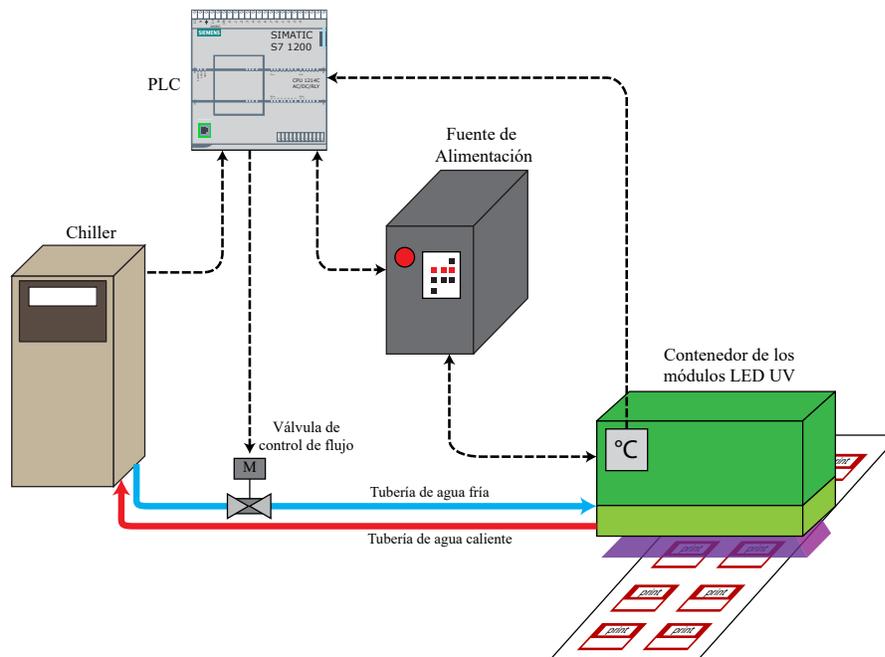


Figura 20. Topología del sistema de secado UV seleccionado

4.4.2.7.1- Sistema de refrigeración de la lámpara UV

El equipo seleccionado de secado de tinta UV requiere un sistema de refrigeración por agua. El contenedor de la lámpara de LED posee dos conexiones metálicas para entrada y salida de agua de 1/2" de diámetro y requieren una rango de temperatura de entrada entre 16-25 °C, un punto de operación de (25 ± 1) °C y una presión de agua entre 2.5-3 bar. Con estas características se procedió a seleccionar un enfriador de agua o chiller que se ajustara a las necesidades mencionadas y que además se pudiera implementar con los recursos disponibles en el lugar.

El equipo seleccionado es de alimentación monofásica de 220V y un consumo máximo de 1 kVA y además posee un panel de configuración y señales digitales de entrada y salida de 24 V_{DC} para el control de encendido o para señales de alarmas de funcionamiento. La selección de este equipo se realizó al evaluar sus características y comprobar su disponibilidad en el mercado. Los detalles técnicos se presentan en el Anexo 6G.

4.4.2.7.2.- Válvula del sistema de refrigeración

El chiller seleccionado no tiene la posibilidad de controlar el flujo de agua y como se tiene un punto de operación requerido con un margen estrecho se propone un control a lazo cerrado que debe incluir la implementación de un actuador y un sensor de temperatura de realimentación. El sistema que se plantea tendrá como actuador una válvula motorizada para el control de flujo de agua, que a su vez ajusta el intercambio de calor dentro de la lámpara y para su selección se requiere que sea compatible con el controlador principal y el sistema de refrigeración ya seleccionado.

Con la consideración anterior se selecciona una válvula motorizada para este propósito. El equipo seleccionado se compone de un cuerpo de válvula que básicamente es la conexión para la tubería a la cual se le adapta el actuador motorizado. EL control es proporcional y depende de una señal analógica de rango 0-10 V_{DC}, compatible con el controlador principal. Ambas hojas de datos se encuentran en el Anexo 6H.

4.4.2.7.3.- Sensor de temperatura de la lámpara UV

Existen distintos tipos de instrumentos de medición de temperatura, los más comercializados se contrastan con los requerimientos del sistema de secado UV seleccionado tomando en cuenta el rango de medición, la capacidad de actuar en un ambiente acuoso, ya que se debe instalar dentro del contenedor de los módulos LED ultravioleta y su compatibilidad con el controlador principal seleccionado.

Observando la Tabla 10 la selección favorece a la termoresistencia, puesto que poseen el rango más reducido y cercano a lo que el sistema requiere y pueden medir directamente la temperatura de operación del módulo LED UV a pesar de tener un costo superior al deseado.

El equipo comercial seleccionado tiene una conexión a 3 hilos, un rango de medición entre -30 y 60 °C, grado de protección IP 65 y vaina de protección de acero inoxidable. Cabe destacar que para la normalización de la lectura de la termoresistencia seleccionada se propone un transductor también estipulado para el proyecto y cuya función es arrojar una señal de rango 0-10 V_{DC} a partir de la lectura de la termoresistencia. El rango de medición del transductor es de -50 a 200 °C y es configurable mediante un

DIP Switch. Los detalles de estos equipos se encuentran en el Anexo 6I.

Tabla 10. Tabla comparativa de los equipos medición de temperatura

Característica	Requerimiento del sistema	Termocupla	Termorresistencia	Pirómetro de radiación
Variable a medir	Temperatura de agua	Puede medir temperatura dentro del agua directamente	Puede medir temperatura dentro del agua directamente	No puede medir temperatura del agua directamente
Grado de protección	IP 65	Generalmente no poseen	Poseen diferentes tipos de protección	Generalmente no poseen
Rango de temperatura	25 ± 10 °C	Desde -200 °C hasta +1200 °C	Típicamente desde -100 °C a +600 °C	Desde -50 °C hasta +4000 °C
Tipo de conexión	Analógica de 0-10 VDC	Requiere transductor	Requiere transductor	Analógica de 0-10 VDC
Tiempo de respuesta	Moderada	Rápida	Moderada	Rápida
Exactitud	Moderada	Moderada	Elevada	Elevada
Tamaño	Reducido	Reducido	Reducido	Voluminoso
Costo	Económico	Económico	Moderado	Elevado

4.4.2.8.- Sensor de detección de marca de registro

Cuando se selecciona el sensor de marca de registro es importante mencionar que se espera que la marca presente un contraste considerable con respecto al color del papel. Se debe tomar en cuenta principalmente la flexibilidad al momento de instalar el equipo, puesto que la superficie donde se ubicará no ofrece grandes posibilidades de fijación para equipos voluminosos, y finalmente debe ser compatible con el controlador principal seleccionado. Con estas características se analizan las posibilidades que ofrece el mercado, tomando en cuenta que los sensores más adecuados para detectar este tipo de variables son los fotoeléctricos.

El proceso se decantó por un sensor fotoeléctrico que presentara una gran flexibilidad en su instalación. El sensor seleccionado posee una conexión de 4 hilos, alimentación de 24 V_{DC} y detección de claro oscuro a través de una extensión de fibra óptica flexible, la cual sirve para ubicar el sensor de lectura final en lugares de difícil acceso, cabe acotar que esta fue la principal razón para su selección. El sensor tiene la posibilidad de ajustar el tiempo de reacción y tiene grado de protección IP50. Los

detalles técnicos del instrumento se encuentran en el Anexo 6J.

4.4.2.9.- Controlador de velocidad del motor de registro

Como se desea variar la velocidad de impresión, también es necesario variar la velocidad con la que el sistema de registro posiciona el material para la siguiente impresión, por ende es necesario modificar la velocidad del motor de registro. Cuando se busca modificar la frecuencia de alimentación de un motor trifásico lo más recomendable es utilizar un variador de frecuencia, que además sirve como dispositivo de accionamiento y protección. Las consideraciones que se tomaron para su selección son iguales a las mencionadas para el controlador de velocidad del motor principal en el apartado 4.4.2.5.

Se seleccionó el variador de frecuencia con un tipo de control V/F constante, el cual es ideal para el tipo de control realizado. Posee una alimentación de $208 V_{AC}$, el mismo orden de magnitud de la alimentación del motor de registro. Puede alimentar hasta un motor de 2 HP, suficiente para los 1,305 kVA del motor y posee protección tipo NEMA 1. Los detalles del equipo se encuentran en el Anexo 6K.

4.5.- Selección de conductores

Para la selección de los conductores de fuerza se utilizarán los criterios establecidos en el Código Eléctrico Nacional 2009 (CEN) los cuales son la capacidad de ampacidad, la caída de tensión, factor de temperatura y capacidad de cortocircuito.

4.5.1- Selección por capacidad de ampacidad y factor de temperatura

El CEN en su sección 430 establece las recomendaciones especiales para alimentadores de motores asincrónicos monofásicos, trifásicos y equipos de accionamiento y control de velocidad. La tabla 310.15 (B)(2)(a) de nombre “Factores de Ajuste para Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en una Canalización o Cable”, mostrada en el Anexo 2B, se toma en cuenta para la reducción de las ampacidades de los calibres de la tabla 310.16 de nombre “Ampacidades Admisibles de los Conductores Aislados para Tensiones Nominales de 0 a 2000 Voltios y 60 °C a 90 °C (140 °F a 194 °F) con No Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una Canalización,

Cable o Directamente Enterrados, Basadas en Una Temperatura Ambiente de 30°C (86 °F) “ presentada en el Anexo 2C. Las consideraciones de la sección 310.13 del mismo código se toman en cuenta para la selección del aislamiento.

La Tabla 11 muestra el cable seleccionado por el criterio de temperatura y ampacidad para la alimentación de cada uno de los equipos, incluyendo consideraciones del CEN para cada caso particular. Cabe destacar que la corriente requerida se obtuvo de los datos del fabricante de cada uno de los equipos y que para los equipos motorizados se establece como criterio un calibre no menor a #12 AWG.

Tabla 11. Cables seleccionados por ampacidad y factor de temperatura

Equipo	Corriente requerida [A]	Consideración del CEN	Ampacidad requerida [A]	Cable del Alimentador Seleccionado
Variador de frecuencia principal	15.50	La sección 430.122 indica un alimentador con capacidad del 125% de la corriente original.	19.38	#12 AWG THW
Variador de frecuencia de registro	8.10		10.13	#12 AWG THW
Bomba de lubricación	4.60	Se toma la corriente requerida de la tabla 430.250. La sección 430.22 indica un alimentador con capacidad del 125% de ese valor.	5.75	#12 AWG THW
Bomba de vacío	4.60		5.75	#12 AWG THW
Motor rebobinador	0.48	La sección 430.22 indica un alimentador con capacidad del 125% de ese valor.	0.6	#12 AWG THW
Motor rebobinador	0.48		0.6	#12 AWG THW
Sistema de secado Led UV	9.62	-	9.62	#14 AWG THW
Fuente 24 V	1.15	-	1.15	#14 AWG THW
Chiller	6.00	La sección 430.22 indica un alimentador con capacidad del 125% de ese valor.	7.50	#12 AWG THW

Con respecto al calibre del alimentador principal hasta el tablero de control, el apartado 409.20 para alimentación de tableros de control industrial indica que se debe considerar una ampacidad requerida no menor al 125 % de todas las cargas resistivas, más el 125 % de la corriente a plena carga del motor eléctrico más grande, mas la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores y equipos conectados. Estas consideraciones se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Determinación de la ampacidad del alimentador principal del tablero

Equipo	Corriente Requerida (A)	Factor según sección 409.20 del CEN	Ampacidad del conductor (A)
Variador de frecuencia principal	15.50	1.25	19.36
Variador de frecuencia de registro	8.10	1.00	8.10
Bomba de lubricación	4.60	1.00	4.60
Bomba de vacío	4.60	1.00	4.60
Motor Debobinador	0.48	1.00	0.48
Motor Rebobinador	0.48	1.00	0.48
Led UV	9.62	1.00	9.62
Fuente 24 V	1.15	1.00	1.15
Chiller	6.00	1.00	6.00
Total [A]	50.33	-	55.91

La ampacidad requerida por el conductor de alimentación del tablero principal es de 55.91 A, este consumo puede ser manejado por un calibre #6 AWG con aislamiento THW. En cuanto al conductor de tierra se tiene que según la tabla 250.122 de nombre “Conductores para puesta a tierra de canalizaciones y equipos” del CEN, presentada en el Anexo 2J, se tiene que para la ampacidad máxima esperada por fase se requiere un conductor de puesta a tierra calibre #10 AWG.

4.5.2.- Selección por caída de tensión y capacidad de cortocircuito

El CEN en indica una máxima caída de tensión de 5% entre la fuente y la carga. Observando la topología de la Figura 21, y utilizando la siguiente expresión para calcular la caída de tensión en un tramo como el siguiente, se obtienen los resultados plasmados en el diagrama.

$$\% \Delta V = \frac{\left(\frac{V[V] * I[A]}{1000} \right) * l[km] * ((R[\Omega.km] * \cos \phi) + (X[\Omega.km] * \text{sen } \phi))}{10 * (V[kV])^2}$$

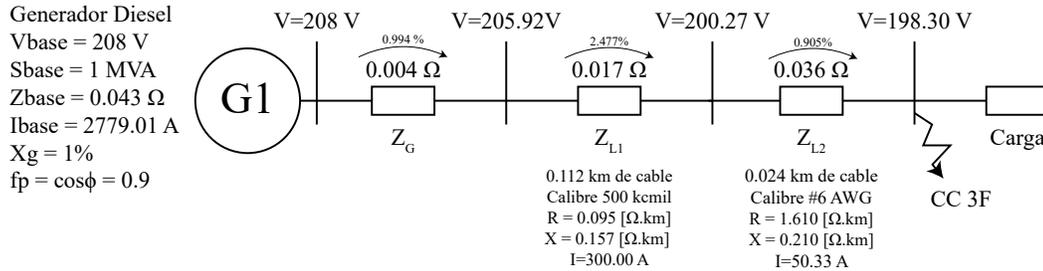


Figura 21. Cálculo de caída de tensión y esquema eléctrico referencial.

Al realizar el cálculo para cada tramo, tomando en cuenta las características del conductor de la Tabla 9 del CEN presentada en el Anexo 2I, la tensión de alimentación y la corriente, y luego totalizar la caída de tensión, se obtiene un valor final de 4.375 %, que cumple con el 5% máximo establecido por el CEN para caída de tensión.

En lo que respecta a la capacidad de cortocircuito, el CEN en su tabla 240.92 (B), mostrada en el Anexo 2D, propone una fórmula para calcular la corriente que puede soportar un cable con una sección de conductor determinada dependiendo del aislamiento que posee. La fórmula para conductores de cobre es la siguiente:

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{0.0297 A^2 \log_{10}((T2 + 234)(T1 + 234))}{t}}$$

Donde I_{cc} es la corriente de cortocircuito, A corresponde a la sección transversal dada en mils, t es el tiempo de cortocircuito, T1 es la temperatura inicial del conductor y T2 es la temperatura final del conductor que se establece dependiendo del material aislante, ambas dadas en grados centígrados.

Este cálculo se realiza para todos los calibres involucrados en este diseño, los resultados se muestran en la Tabla 13, donde T1 se toma como 25 °C, T2 se toma como 150 °C en concordancia con el tipo de aislamiento y se considera un tiempo de cortocircuito promedio de 0.04s.

Tabla 13. Ampacidades máximas permitidas por los cables seleccionados

Calibre conductor	Sección transversal [mils]	Corriente máxima permitida [A]
#14 AWG	4110	7917.20
#12 AWG	6530	12578.92
#6 AWG	26240	50546.85

Por otra parte, utilizando la topología del circuito de alimentación de la planta de la Figura 21, y la siguiente expresión:

$$I_{cc_{3\phi}} = \frac{V}{\sqrt{3}Z_{cc}}$$

Se evalúa la corriente que aparece por un cortocircuito trifásico en el alimentador final de la máquina. La magnitud de corriente que ocasionaría una falla trifásica es de 2106.82 A. Lo que quiere decir que si se utiliza un dispositivo de protección contra sobrecorriente que actúe en 0.04 s promedio, se asegura la integridad de todos los cables porque la corriente no resultará mayor al valor mencionado.

4.6.- Selección de canalizaciones eléctricas

Se deben diferenciar las canalizaciones de control y las de potencia para evitar problemas asociados al ruido en las señales de control. Por esta razón se separan las tuberías utilizadas para la alimentación de los equipos y para el control de los mismos.

Las tuberías se estiman tomando en cuenta las indicaciones de la tabla C1 del CEN de nombre “Número máximo de conductores o cables en tubería eléctrica metálica tipo EMT” que se encuentra en el Anexo 2E y se utilizan tuberías flexibles tipo LFNC para los tramos finales de alimentación, considerando la Tabla C6 de nombre “Número máximo de conductores o Cables de Aparatos en tubos No Metálicos Flexibles y Herméticos a los líquidos tipo LFNC”, que se encuentra en el Anexo 2F. Para la selección de las cajas de paso metálicas se utiliza la tabla 314.16 (A) de nombre “Cajas Metálicas Normalizadas”, que se encuentra en el Anexo 2G. En los planos del Anexo 3 se muestran los resultados y detalles de las canalizaciones eléctricas.

4.7.- Selección de protecciones eléctricas

4.7.1- Criterios para selección de protecciones contra sobrecorriente

Para la selección de los dispositivos de protección contra sobrecorriente o cortocircuito, se toman en cuenta las indicaciones del CEN para los elementos de protección de los equipos motorizados, los equipos electrónicos y para el tablero de control en general.

En lo que respecta a los motores de las bombas de vacío, lubricación, el motor de la rebobinadora, debobinadora y el chiller, se toma en cuenta las indicaciones de la Tabla 430.52 del CEN de nombre “Régimen Máximo o Ajuste de los Dispositivos de Protección de Cortocircuito y Falla a Tierra de los Circuitos Ramales de Motores”, mostrada en el Anexo 2H. Para los variadores de frecuencia, tal como indica el apartado 430.124 (A), se consideran las protecciones recomendadas por los fabricantes de los equipos. Para los equipos electrónicos como la fuente de poder de $24 V_{DC}$ y la fuente de alimentación del módulo Led UV, la protección se selecciona en función del cable de alimentación y las especificaciones de cada fabricante.

Especificando para los casos mencionados anteriormente, se establece un ajuste máximo del dispositivo de protección automático de tiempo inverso de 250% de la corriente a plena carga de cada motor. En lo que respecta a la protección de cortocircuito del tablero de control en general, considerando los términos del apartado 430.63 del CEN, se tiene que la protección tendrá una capacidad suficiente para soportar la carga de todos los artefactos, más el valor nominal máximo del dispositivo de protección del mayor motor, más la corriente a plena carga de los demás motores. A continuación se presenta en la Tabla 14 los valores nominales máximos de los dispositivos de protección para cada equipo.

Tabla 14. Valores nominales máximos de protección contra sobrecorriente

Equipo	Corriente nominal de alimentación (A)	Valor nominal máximo de protección (A)
Variador de frecuencia principal	15.50	20.00
Variador de frecuencia de registro	8.10	20.00
Bomba de lubricación	4.60	11.50
Bomba de vacío	4.60	11.50
Motor Debobinador	0.48	1.20
Motor Rebobinador	0.48	1.20
Chiller	6.00	15.00
Fuente 24 VDC	1.20	2
Led UV	9.62	10
Tablero de Control	50.33	59.53

4.7.2- Criterios de selección de protecciones contra sobrecarga

Para la selección de los dispositivos de protección contra sobrecarga de los motores eléctricos mayores de 1 HP presentes en el sistema, se toman las consideraciones del apartado 430.32 (A) del CEN. Para los motores menores a 1 HP se consideran las recomendaciones del apartado 430.32 (B) del mismo código. Considerando las características de los equipos a instalar en la máquina actual, se debe contar con un dispositivo con una corriente nominal o de disparo no mayor al 115 % de la corriente a plena carga de cada motor, la Tabla 15 refleja la aplicación de esta recomendación.

Tabla 15. Valores nominales máximos de protección contra sobrecarga

Equipo	Corriente Requerida (A)	Valor nominal máximo de disparo (A)
Motor Principal	7.50	8.63
Motor de Registro	4.60	5.29
Bomba de lubricación	4.60	5.29
Bomba de vacío	4.60	5.29
Motor Debobinador	0.48	0.55
Motor Rebobinador	0.48	0.55
Chiller	6.00	6.90

4.7.3- Equipos de protecciones eléctricas seleccionados

Considerando los criterios expuestos en los apartados 4.7.1 y 4.7.2 de este documento y tomando en cuenta las características de los equipos de accionamiento y los expuestos en el Anexo 5, en la Tabla 16 se presentan los dispositivos de protección contra sobrecarga y sobrecorriente seleccionados para cada elemento.

Tabla 16. Características de los dispositivos de protección seleccionados.

Equipo	Protección de sobrecorriente	Protección de sobrecarga
Variador de frecuencia principal	Interruptor Automático Termomagnético In = 16A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220 VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 26 en el listado de instrumentos	
Variador de frecuencia de registro	Interruptor Automático Termomagnético In = 16A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220 VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 27 en el listado de instrumentos	
Bomba de lubricación	Interruptor Automático Termomagnético In = 6A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 30 en el listado de instrumentos	Incluido en el dispositivo de accionamiento seleccionado Ajuste de disparo por sobrecarga: entre 1.6 y 7 A Referencia: Item 11 en el listado de instrumentos
Bomba de vacío	Interruptor Automático Termomagnético In = 6A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 31 en el listado de instrumentos	Incluido en el dispositivo de accionamiento seleccionado Ajuste de disparo por sobrecarga: entre 1.6 y 7 A Referencia: Item 12 en el listado de instrumentos
Motor Debobinador	Interruptor Automático Termomagnético In = 1 A, 2 polos Icu = 70kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 32 en el listado de instrumentos	
Motor Rebobinador	Interruptor Automático Termomagnético In = 1 A, 2 polos Icu = 70kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 33 en el listado de instrumentos	
Chiller	Interruptor Automático Termomagnético In = 6 A, 2 polos Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 34 en el listado de instrumentos	

Fuente 24 VDC	Interruptor Automático Termomagnético In = 2 A, 2 polos Icu = 70kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo B, Anexo 5A Referencia: Item 35 en el listado de instrumentos
Led UV	Interruptor Automático Termomagnético In = 10 A, 2 polos Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo B, Anexo 5A Referencia: Item 36 en el listado de instrumentos
Tablero de Control	Interruptor Automático Termomagnético In = 50 A, 3 polos Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo 5A Referencia: Item 25 en el listado de instrumentos

En el Anexo 5D se muestra un esquema donde se superponen las curvas tiempo-corriente de cada interruptor para la verificación de la selectividad amperimétrica en la coordinación de protecciones del equipo.

4.8.- Selección de la interfaz hombre-máquina

La interfaz HMI se selecciona dependiendo del tipo de variables que el operador debe ingresar a la máquina, en este caso se tienen casos booleanos y enteros, para lo cual se establece la necesidad de utilizar equipo comercial que permita distribuir la presentación y hacer una sincronización eficaz con el controlador principal. Además se utilizan botones para darle la posibilidad al usuario de parada de emergencia y modo “Jog” desde distintas partes de la máquina.

El equipo principal de HMI seleccionado es una pantalla táctil en detrimento de un clásico tablero con botones. El principal criterio de selección es el tipo y cantidad de variables a ingresar y monitorizar, además se tomó en cuenta la compatibilidad con el PLC seleccionado, que tuviera dimensiones adecuadas para que de manera clara, visual e intuitiva se pueda controlar el funcionamiento general de la máquina. La pantalla elegida, tiene una resolución de 320x240 px, 5.7 pulgadas, 512 kB de memoria y protección NEMA 4X o IP65 en la parte frontal, la cual es adecuada para el ambiente industrial y propenso a salpicadura de químicos y desechos sólidos, la hoja de datos del equipo se encuentra en el Anexo 6M.

Los botones se seleccionaron siguiendo las recomendaciones de la norma IEC 73 para el código de colores de accionamientos. El botón de encendido se seleccionó de color verde, tipo rasante y contacto normalmente abierto, mientras que el de apagado se selecciono de color rojo, tipo rasante y contacto normalmente cerrado, ambos de 22 mm de diámetro, Los botones de jog se seleccionaron de color negro, tipo rasante, con contacto normalmente abierto 22 mm de diámetro. Finalmente los pulsadores de emergencia se seleccionaron tipo hongo, con retención, color rojo, de 36 mm de diámetro y contacto normalmente cerrado. Los mismos se presentan en el listado de equipos e instrumentos y en el plano de control.

4.9.- Selección del contactor principal

El contactor principal se encarga de manejar la alimentación trifásica de la máquina y se utiliza en serie con un supervisor de fase, que es un dispositivo que se encarga de detectar fallas en la alimentación y puede disparar un contacto auxiliar de tipo normalmente cerrado. Se pretende desactivar la alimentación en caso de falla por desbalance de fases o similares.

Para realizar la selección del contactor principal en primer lugar se tomo en cuenta que la categoría de servicio a considerar sería AC1, considerando el requerimiento de corriente de toda la máquina (50.33 A), se selecciona un equipo comercial con un valor nominal por encima del requerido, en este caso de 63 A, bobina de 208 VAC, cuyos datos técnicos se encuentran en el Anexo 6N, porque cumple con los requerimientos del sistema y además posee los contactos auxiliares necesarios para realizar un enclavamiento eléctrico para controlar el encendido y apagado de la máquina en general con dos botones y con el supervisor de fase, el cual fué elegido por el tipo de alimentación del sistema, y considerando las funciones y contactos que son necesarios para la tarea que se le asigna. Se seleccionó un equipo de la marca Exceline, modelo GST 220, cuyos datos técnicos se muestran en el Anexo 6O.

4.10.- Desarrollo de la programación estructurada para el sistema de control

En este apartado se describe el desarrollo de la programación que se tiene para la lógica de control de todos los sistemas descritos en el capítulo III, en conjunto con

los instrumentos y equipos cuyos criterios de selección y características se desglosaron en el apartado 4.4.

El PLC seleccionado permite utilizar todos los lenguajes de programación establecidos por la norma IEC 61131 para la globalización de los mismos. La empresa fabricante Siemens pone a disposición de los usuarios de sus equipos el software TIA Portal Profesional V13 SP1, que ofrece en conjunto con los software PLC-SIM V13 SP1 y WINCC V13 Basic, la posibilidad de programar de manera intuitiva, simular los programas y realizar la comunicación con los equipos a programar de una amplia gama de controladores y pantallas HMI, las cuales se utilizarán en este desarrollo.

El software TIA Portal Profesional V13 permite la utilización de bloques de función con memoria (FB), que se utilizaron para estructurar y organizar las variables de entrada y salida, así como los registros temporales necesarios para desarrollar una lógica de control dedicada a controlar una parte específica del proceso. En general se desarrollaron tres bloques FB, uno para control de impresión, otro para control de registro y para el sistema de secado ultravioleta. En la Figura 22 se presenta una ilustración de la estructura de programación utilizada, donde se destaca el OB principal que se ejecuta de manera cíclica, los tres FB mencionados y un bloque tipo base de datos (DB) donde se unifican los parámetros introducidos por el usuario a través del HMI, y los datos de las variables principales a visualizar en la misma pantalla.

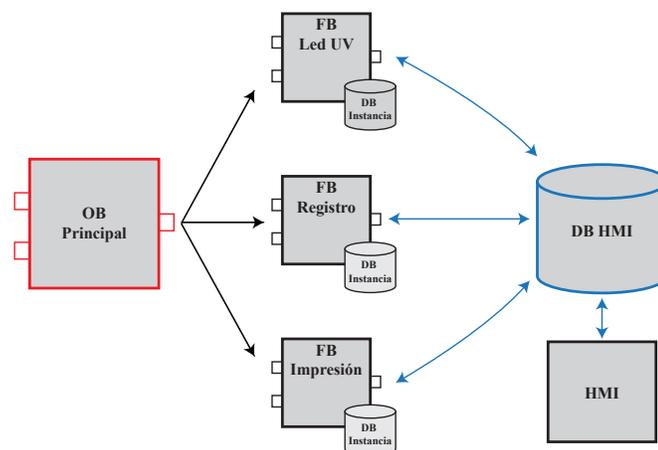


Figura 22. Bloques de programación estructurada.

4.10.1.- Definición de variables en el PLC

Para mejorar la organización de las señales involucradas se procede a una definición de variables que aseguren uniformidad en el direccionamiento de las entradas y salidas del controlador lógico.

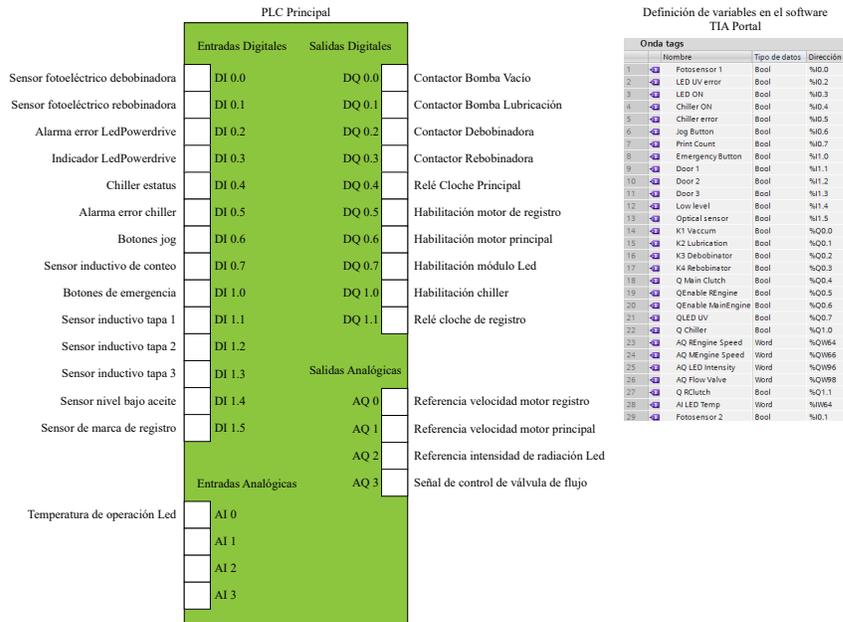


Figura 23. Diagrama de entradas y salidas del PLC

Las entradas digitales del PLC corresponden a los fotosensores del sistema de rebobinado, dos señales proporcionadas por el Led PowerDrive que indican si la lámpara esta encendida y si la lámpara presenta un error, dos señales desde el chiller que indican si esta encendido y si presenta alguna alarma de funcionamiento, el sensor inductivo de conteo de impresión, los tres sensores inductivos de seguridad para las tapas de la máquina, el sensor fotoeléctrico de control de registro y finalmente el sensor de nivel bajo de aceite.

Las salidas digitales del PLC corresponden a las señales de activación de los contactores de alimentación de la bomba de lubricación, bomba de vacío, motorreductor de debobinado, motorreductor de rebobinado, el relé de activación del embrague principal, el relé de activación del cloche de control de registro, la habilitación de los variadores de frecuencia que controlan los dos motores, el encendido del chiller y del los módulos Led UV.

Por otra parte se utilizan 4 salidas analógicas, las cuales corresponden a las referencias de velocidad para los dos motores, la referencia de intensidad de radiación UV y la señal analógica de control de la válvula de flujo para el control de temperatura. En la Figura 23 se muestra una ilustración de referencia de lo descrito.

4.10.2.- Bloque FB para el control de impresión general

El bloque de funciones FB posee un bloque de datos “DB de instancia” que almacena los valores necesarios para que la lógica de control funcione de manera correcta. Este bloque se encarga del control del sistema de accionamiento y velocidad del motor principal, bomba de lubricación, bomba de vacío, cloche principal, motor de debobinado y motor de rebobinado, cuya lógica se resume en los diagramas de flujo de las Figuras 25, 26, 27 y 28 y corresponden a los lazos de control 1, 2, 3 y 4 que se presentan en el P&ID, cabe destacar que en el diagrama de flujo de la Figura 24 se refleja la verificación de condiciones de error que aparecen en los demás diagramas.

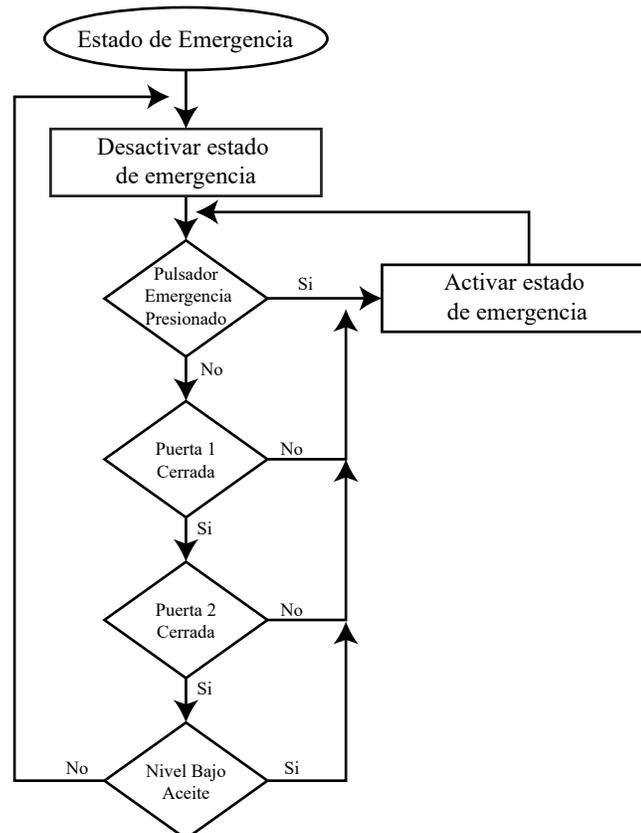


Figura 24. Diagrama de flujo del Estado de Emergencia para el bloque Print

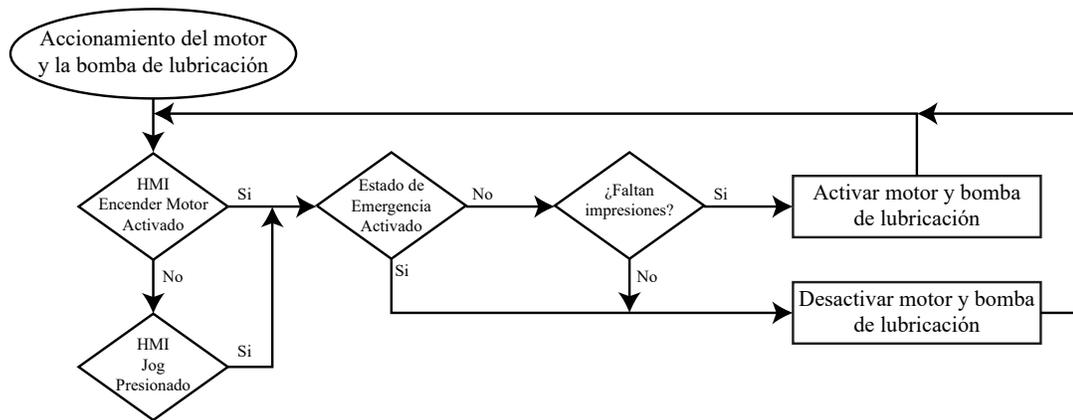


Figura 25. Diagrama de flujo del motor principal y la bomba de lubricación

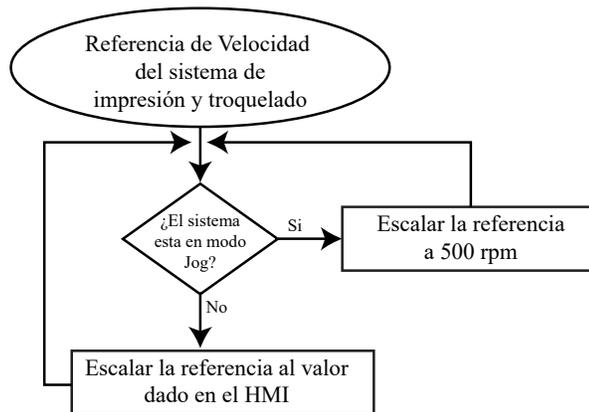


Figura 26. Diagrama de flujo para la velocidad del motor principal

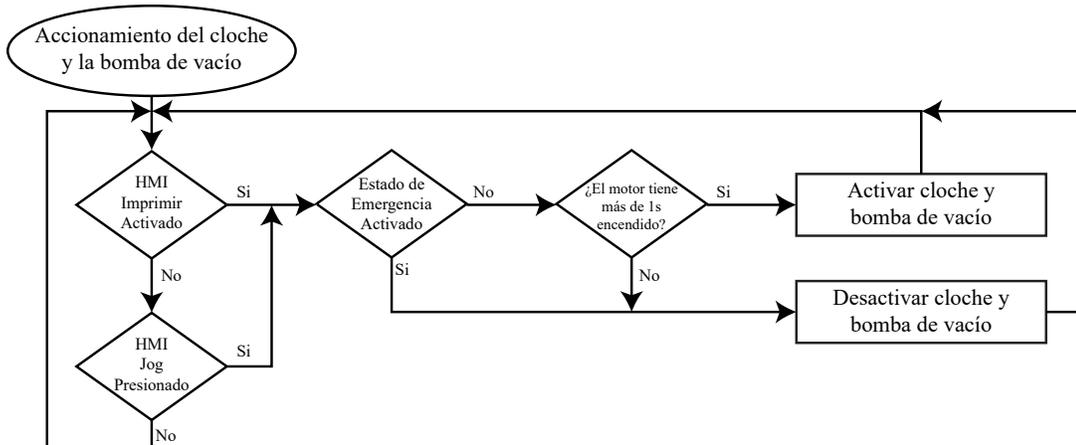


Figura 27. Diagrama de flujo del cloche principal y la bomba de vacío

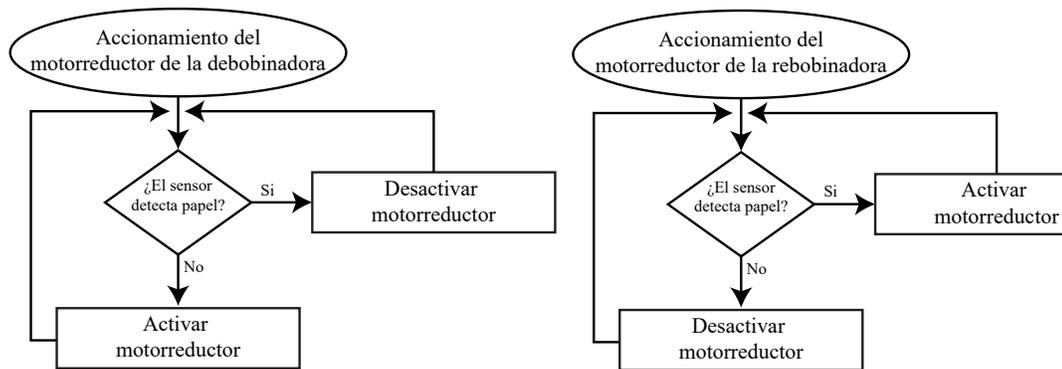


Figura 28. Diagrama de flujo de la rebobinadora y la debobinadora

El bloque de funciones para el control de impresión general se identificó con la etiqueta “Print” y se incluye en el bloque principal “Main OB” en lenguaje de diagrama de contactos como se muestra en la Figura 29 y su programación en lenguaje escalera se muestra en el Anexo 7B.

Detallando la programación se observa que el bloque print requiere todos los sensores y equipos para controlar el sistema de impresión general y además se obtienen y arrojan valores al bloque de datos global DB HMI, para la visualización de ciertos valores en la pantalla HMI. En lo que corresponde a la lógica de control, se puede destacar inicialmente la existencia de una variable de tipo InOut etiquetada como “Emergency On”, que se mantiene en estado lógico bajo mientras todas las tapas estén cerradas, exista un nivel de aceite en el depósito aceptable y no se haya presionado ninguno de los pulsadores de emergencia.

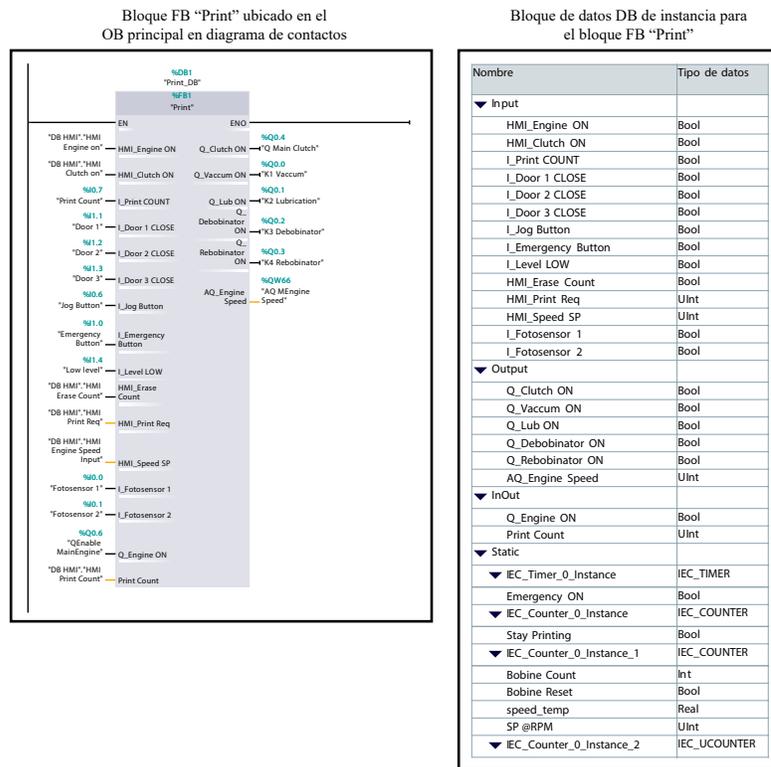


Figura 29. Bloque FB "Print" en diagrama de contactos

Seguidamente se presenta un segmento que se encarga del control del motor principal, tanto de su accionamiento como del control de velocidad, básicamente se debe encender el motor principal de dos maneras, con el funcionamiento normal y con cualquiera de los botones de Jog, con la particularidad de que cuando se arranca en funcionamiento normal se utiliza la velocidad establecida por la consigna dada por el usuario a través de la pantalla del HMI, cuando se activa en modo Jog la velocidad estará prestablecida y será de un valor reducido, lo que en conjunto con las relaciones de engranajes del sistema mecánico hace que el sistema realice un movimiento a velocidad mínima.

Por otra parte existe un segmento que se encarga del control del embrague principal, el mismo se habilita para su activación cierto tiempo después de que el motor se encuentre en estado estable, tiempo que se configura en los parámetros del variador de frecuencia que lo acciona. Esto se toma en cuenta para no arrancar el motor con la carga mecánica conectada. Su activación es a través de una indicación realizada por el usuario a través del HMI.

En el siguiente segmento se realiza el conteo de impresión, donde destaca una variable interna del bloque FB llamada “Stay Printing”, la cual indica cuando el número de impresiones es menor al introducido por el usuario a través de la pantalla del HMI. Cuando se alcanzan las impresiones requeridas se reestablecen las variables booleanas introducidas por el usuario en el HMI que indican el encendido del motor y el embrague principal.

Finalmente se tiene un segmento el cual se encarga del arranque de los motorreductores de la debobinadora y la rebobinadora, la lógica de control activa el contactor de la debobinadora cuando el sensor fotoeléctrico se activa, es decir, cuando el papel deja de hacerle barrera. El contactor de la rebobinadora se mantiene activado cuando el papel le hace barrera al fotosensor y este se apaga.

4.10.3.- Bloque FB para el control del secado LED UV

Este bloque contiene la lógica para el accionamiento y control del sistema de secado UV con tecnología Led descrito, utilizando los equipos establecidos anteriormente. Aquí se concentran los lazos de control 6, 7 y 8 del plano P&ID y se resume la lógica de control en los diagramas de flujo de la Figura 30 y 31.

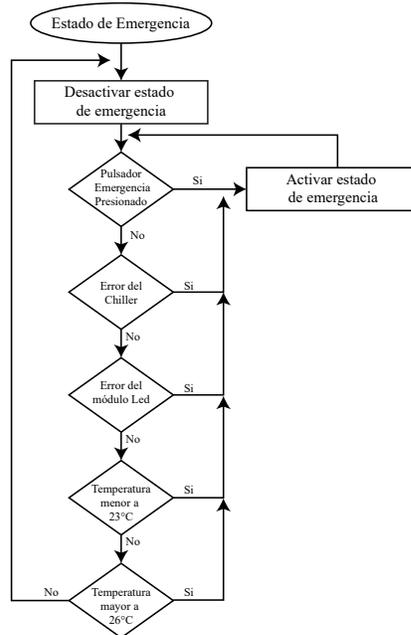


Figura 30. Diagrama de flujo del Estado de Emergencia para el bloque Led UV

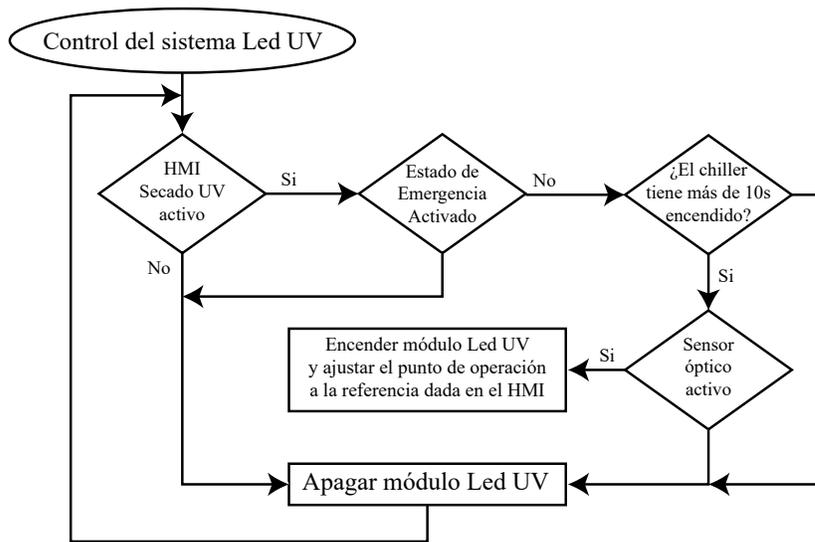


Figura 31. Diagrama de flujo para el control del sistema LED UV

Este bloque de funciones se identificó con la etiqueta “LED UV” y se incluye en el bloque principal “Main OB” en lenguaje de diagrama de contactos como se muestra en la Figura 32. La programación en lenguaje escalera se expone en el Anexo 7D y se detalla a continuación.

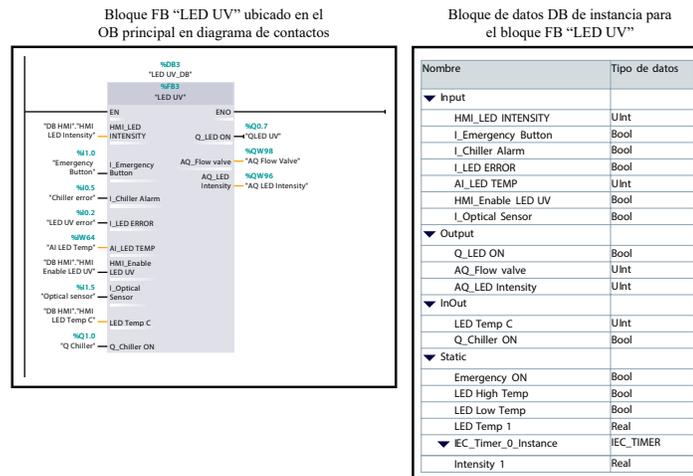


Figura 32. Bloque FB “LED UV” en diagrama de contactos

Inicialmente se tiene un segmento que se encarga de verificar que no exista alguna condición que impida que el sistema funcione de manera correcta, en este caso

particular se observa si alguna de las señales de alarma del chiller o del módulo led se encuentra en nivel lógico alto, o si la temperatura de la lámpara esta dentro de un rango de funcionamiento aceptable, si existiera alguna de las condiciones antes descritas se activa una señal interna del FB etiquetada como “Emergency ON” la cual desactiva automáticamente todo el sistema de secado UV LED.

Dentro del mismo FB se realiza el accionamiento del chiller a través de un comando dado por el operador a través del HMI, esta orden se encarga de arrancar el chiller y luego de un tiempo adecuado, buscando la normalización de operaciones del mismo, se procede a accionar la lámpara cuando se encuentre activo el sensor fotoeléctrico de fibra óptica, aprovechando el hecho de que estará ubicado de manera tal que se activará cuando la zona impresa se encuentre dentro de la zona de acción de la lámpara.

Seguidamente dentro del mismo FB se toma la consigna de intensidad y se transduce a una señal de $0-10 V_{DC}$, que da la referencia al módulo Led para que emita la radiación seleccionada por el usuario. Finalmente se realiza el control de la válvula de control de flujo asignando para cada valor de temperatura un flujo. Cabe acotar que en este proceso se necesita realizar pruebas con el equipo en funcionamiento, a fin de modelar el sistema y ajustar adecuadamente estos valores o realizar los cálculos necesarios para la implementación de un controlador PID de temperatura.

4.10.4.- Bloque FB para el control de registro

Este bloque de funciones se encarga de activar el sistema de control de registro, correspondiente al lazo de control número 5 del plano P&ID, su lógica de control se resume en el diagrama de flujo de la Figura 33.

Para su activación se cuenta con una variable de habilitación dada por el usuario a través de la pantalla del HMI. Este bloque controla el accionamiento y velocidad del motor de registro, la operación del embrague magnético de acople de los ejes del rodillo de halado y el sistema de poleas del motor de registro. Este FB se identificó con la etiqueta “Register” y se incluye en el bloque principal “Main OB” en lenguaje de diagrama de contactos como se muestra en la Figura 34.

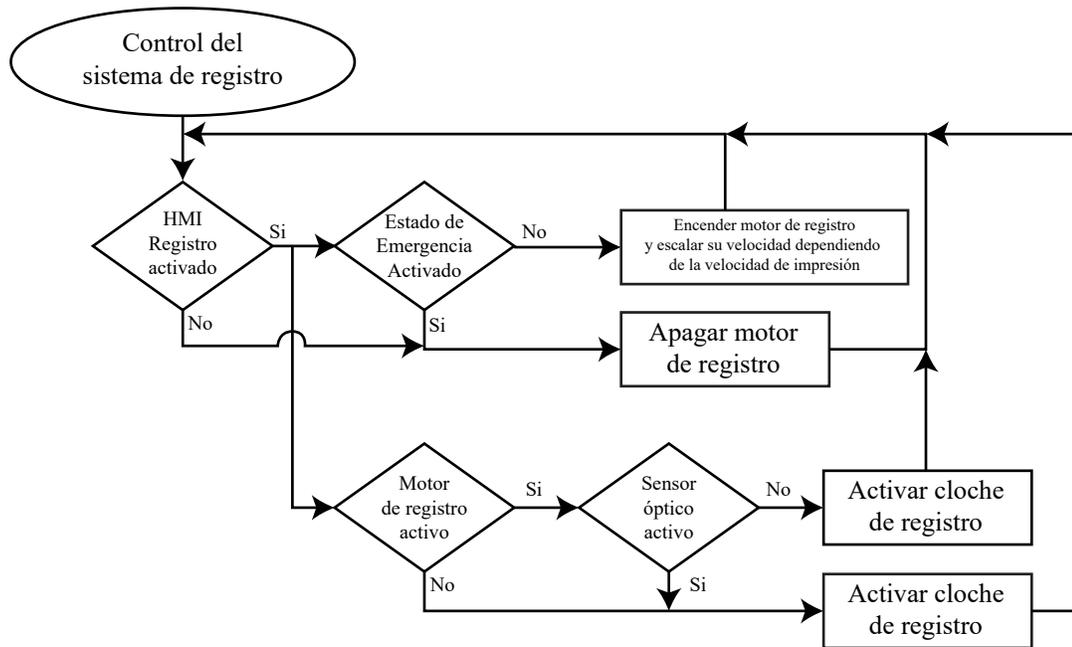


Figura 33. Diagrama de flujo para el control del sistema LED UV

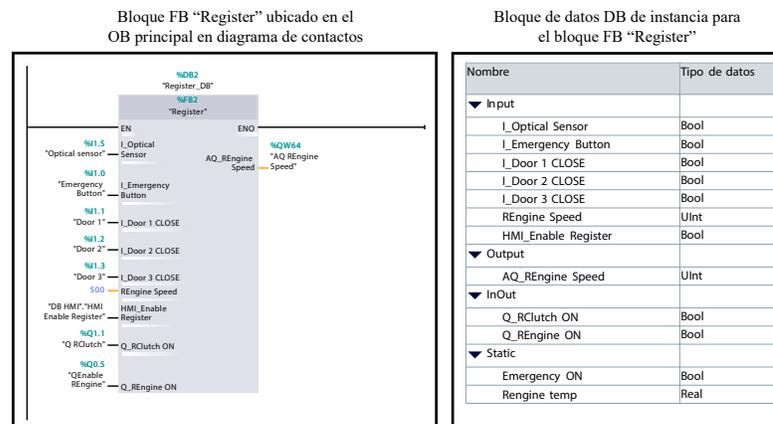


Figura 34. Bloque FB "Register" en diagrama de contactos

En el Anexo 7C se muestra la programación en diagrama escalera, en donde inicialmente se tiene una comprobación de los sensores de las tapas de la máquina, de haber una tapa abierta se activa una señal llamada "Emergency ON" la cual impide que se inicie el sistema de control de registro. Seguidamente si se habilita a través de la pantalla del HMI la variable de arranque del control de registro, el motor asociado al registro se enciende con una referencia de velocidad dada por el usuario a través

del HMI. Finalmente mientras el sensor no detecte la marca de registro en el papel el embrague se mantendrá activo. Cabe acotar que la velocidad del motor se verá afectada ligeramente cuando la máquina realice el halado mecánico, por lo que la velocidad de operación debe ajustarse de acuerdo con la velocidad de impresión.

4.10.5.- Programación de la pantalla de interfaz

La programación del HMI seleccionado se realizó en el mismo software TIA Portal V13 Professional, el mismo permite relacionar las variables del HMI con un bloque de datos global DB al que pueden acceder cualquiera de los bloques de programación OB y FB del programa desarrollado en el PLC principal. Básicamente se presentan 7 pantallas, también conocidas como imágenes, en las que se pueden ingresar y visualizar las variables de estado de los equipos del sistema.

Las variables se encuentran agrupadas en las pantallas dependiendo de el sistema que se vaya a configurar, hay una pantalla para modificar las variables de impresión y registro, una para el secado UV, una pantalla principal, una para la visualización del estado de los equipos, una donde se desglosa cierta información a modo de ayuda al operador, una de información del proyecto y una de presentación, que se realizó con la finalidad de solicitar un acceso por contraseña en caso de que sea necesario. A continuación se muestra el bloque DB donde se agrupan las variables que se modifican a través del HMI y luego se presenta un detalle de cada una de las pantallas.

Nombre	Tipo de datos
▼ Static	
HMI Engine Speed Input	UInt
HMI Engine on	Bool
HMI Clutch on	Bool
HMI Erase Count	Bool
HMI Print Req	UInt
HMI Print Count	UInt
HMI RegEngine Speed	UInt
HMI Enable Register	Bool
HMI Enable LED UV	Bool
HMI LED Temp C	UInt
HMI LED Intensity	UInt
HMI Engine RPM	Real

Figura 35. Bloque DB “DB HMI”

4.10.5.1.- Pantalla de presentación

La pantalla de presentación al igual que todas las pantallas, utiliza una plantilla donde se ubica en la esquina superior izquierda el logo de la empresa JHM Electricidad 2010 C.A. la cual es encargada del desarrollo de la automatización, seguidamente en la parte superior se coloca el título de la pantalla y en este caso en particular se presenta una figura referencial de la máquina, y un botón que se utiliza para ir a la pantalla principal, este botón se puede configurar para que realice su función con una contraseña, opción que se puede programar dependiendo de los requerimientos luego de la puesta en marcha del proyecto. La Figura 36 muestra una captura de la pantalla de presentación.



Figura 36. Pantalla de presentación

4.10.5.2.- Pantalla principal

La pantalla principal ofrece información sobre el estado de los tres sistemas principales, los cuales son impresión, registro y secado UV. Muestra además el número de impresiones que ha realizado la máquina desde su encendido, este valor es remanente, así que si existiera alguna falla de energía y se volviera a prender el sistema, se mantendrá dicho valor. Además se presentan botones invisibles ubicados en los recuadros marcados con relleno de puntos de la Figura 37, el botón identificado con el número “1” activa la pantalla de impresión y registro mientras que el botón “2” lleva a la pantalla de secado UV. A continuación se muestra la disposición de la pantalla principal.

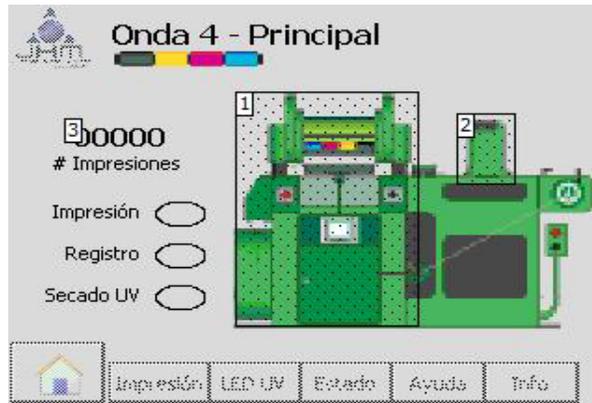


Figura 37. Pantalla principal

4.10.5.3.- Pantalla de impresión y registro

En esta pantalla se puede accionar el motor principal, habilitar el embrague magnético principal, activar el sistema de control de registro, configurar el número de impresiones requeridas, configurar la velocidad de impresión en “ppm” (Prints per minute), así como visualizar nuevamente el número de impresiones actual y reiniciar el contador de impresiones. Se utilizaron botones en lugar de interruptores para mejorar la comprensión del control de las variables por parte de los futuros operadores. A continuación, en la Figura 38 se muestra la imagen de impresión y registro.

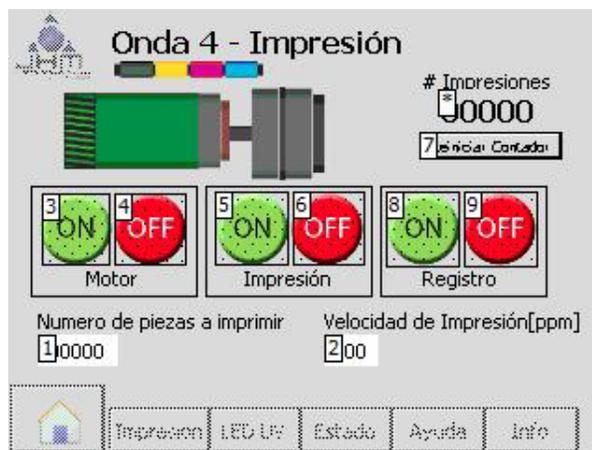


Figura 38. Pantalla de impresión y registro

4.10.5.4.- Pantalla de secado UV

La pantalla del sistema de secado UV permite conocer la temperatura actual de la lámpara, ajustar el nivel de intensidad de radiación UV del módulo, activar el secado y conocer si existe algún error en el chiller o en la lámpara Led, además se presenta un pequeño diagrama del sistema para mejor comprensión de los operadores. Cabe recordar que el chiller debe estar preconfigurado para ofrecer una temperatura de agua adecuada para el proceso de intercambio de calor dentro de la carcasa de la lámpara. A continuación en la Figura 39 se presenta la pantalla de secado UV.

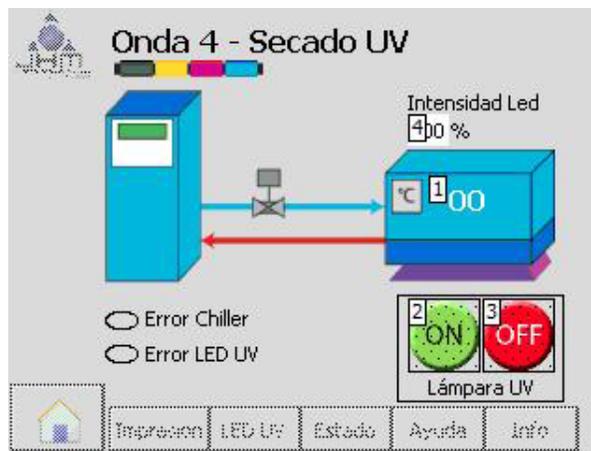


Figura 39. Pantalla de secado UV

4.10.5.5.- Pantalla de estado del sistema

En la pantalla de estado del sistema se puede visualizar el estado actual del accionamiento por parte del PLC de cada uno de los equipos del sistema, esto se utiliza a modo de diagnóstico de funcionamiento de los equipos y para identificar posibles fallas. Se presentan además el estado de los sensores instalados y las posibles alarmas del sistema en una única pantalla, básicamente se utilizan óvalos que se encienden dependiendo del estado lógico de la variable. A continuación en la Figura 40 se presenta la imagen de estado del sistema.

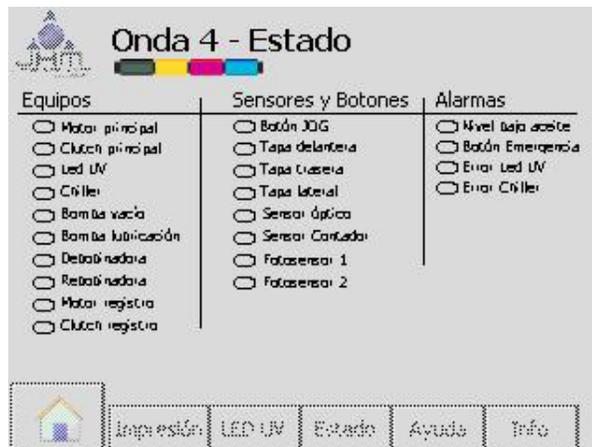


Figura 40. Pantalla de estado del sistema

4.10.5.6.- Pantallas de ayuda e información

La pantalla de ayuda ofrece instrucciones para la puesta en marcha de la máquina de impresión, se encuentra de manera secuencial. Además se indican valores típicos y límites de operación de las variables del sistema, como por ejemplo la intensidad de radiación o la velocidad máxima. Se incluye a petición del cliente esta pantalla para que el sistema pueda ser accionado por distintos operadores. A continuación se presenta la imagen de ayuda. En la pantalla de información se muestran los participantes del proyecto de automatización, el logo e información de la empresa desarrolladora.

En las figuras 41 y 42 se muestran las pantallas de ayuda e información respectivamente.

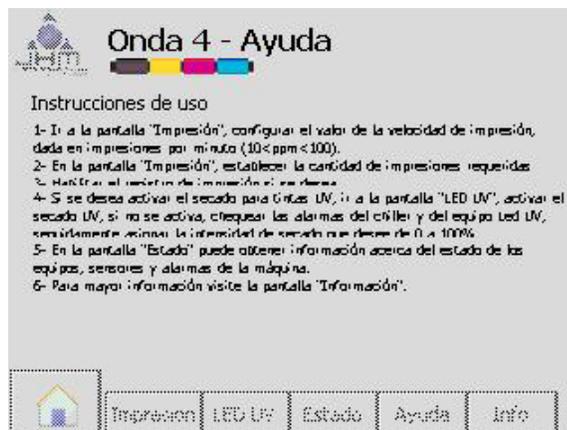


Figura 41. Pantalla de ayuda



Figura 42. Pantalla de información

4.10.6.- Validación del programa desarrollado

Para la validación de la programación realizada se utilizó el software de simulación PLC SIM V13 SP1 que en conjunto con el TIA Portal V13 SP1 permite simular el comportamiento de controlador programable y la pantalla HMI seleccionada. Se probaron distintas situaciones observando las salidas ante comandos dados a través del HMI y conmutaciones de estado de las entradas del sistema tanto analógicas como digitales. Se realizó una captura de video de la pantalla en la cual se muestra el funcionamiento descrito.

En el Anexo 7F se muestran las capturas de pantalla del video. En la parte izquierda se muestra el estado de las variables definidas en el PLC, en la parte central se muestra la ventana del simulador PLC SIM V13 SP1 en la cual se realizan las conmutaciones de las entradas del sistema, en la parte derecha superior se muestra el simulador de la pantalla HMI y debajo de la misma se muestra el estado de las variables definidas en el bloque de datos DB HMI. El video incluido en el CD de este Trabajo Especial de Grado se explica en el Anexo 7F.

4.11.- Diseño del tablero de control

El tablero de control diseñado cumple con las indicaciones de la tabla 110.20 (A) al seleccionar un tipo de Envoltente NEMA 2, que protege contra líquidos que caen y salpicaduras. Las dimensiones son 70x120x60 cm y se encuentra adosado en la

parte frontal del chasis de la máquina.

4.11.1.- Listado de equipos e instrumentos

En el Anexo 4A se encuentra el listado de equipos e instrumentos completo. La finalidad de este listado de equipos e instrumentos, es servir de referencia al momento de la adquisición de los mismos, comprobación de avance de instalación, comparación de características, entre otras cosas. Los renglones que se presentan corresponden en gran medida a los establecidos por el estándar ANSI Std. 5.1. El tag corresponde además a la que identifica a cada elemento en los subsiguientes planos unifilar, trifilar, de control, de equipos de medición y de detalles.

4.11.2.- Diagrama unifilar y trifilar

En el Anexo 4B y 4C se muestran el diagrama unifilar y el trifilar respectivamente. Para el diagrama unifilar, en la parte superior se representa una línea de alimentación, que se detalla en el diagrama trifilar, pero en este caso corresponde a una línea la cual pasa a través de un interruptor. Seguidamente se observan los dispositivos de accionamiento y protección de cada uno de los motores y equipos del sistema. La finalidad del diagrama unifilar es la de tener un esquema simplificado de los equipos presentes del sistema. La simbología utilizada corresponde a la establecida por la norma IEC 60617.

El diagrama trifilar detalla el tipo de alimentación existente y como se alimentan cada uno de los equipos presentes. Primeramente se tiene que tanto el motor principal como el motor de registro se accionan a través de dos variadores de frecuencia, con alimentación trifásica. Seguidamente la bomba de vacío y la bomba de lubricación se accionan directamente a través de un contactor con protección de sobrecarga cada uno. Continuando se tiene que la alimentación de los motorreductores de la debobinadora y la rebobinadora es monofásica y se realiza con dos líneas, cada uno a través de un relés de estado sólido. Finalmente los equipos Led Powerdrive, El Chiller y la fuente de 24 V_{DC} se alimentan monofásicamente con la disposición que se presenta en el diagrama, la cual corresponde al balanceo de fases presentado en los cálculos de las canalizaciones eléctricas.

4.11.3.- Diagrama de control

En el Anexo 4D se muestra el diagrama de control del tablero. Inicialmente se presenta el accionamiento de todos los contactores y los relé de estado sólido. Seguidamente se muestran los terminales de control del variador de frecuencia del motor de registro y como se realizan sus conexiones. Luego se muestran los terminales de control del variador de frecuencia del motor principal y la disposición del cableado pertinente.

Se muestran las conexiones de los 25 pines del conector modelo SUB D25 que corresponde al Led Powerdrive, en los cuales se detallan las entradas y salidas del mismo. De la misma manera se muestra el detalle de las entradas y salidas de control del Chiller y como se propone su conexión. La conexión de la válvula de control de flujo del equipo también se detalla, así como la disposición de los botones de emergencia y de jog.

4.11.4.- Diagrama de equipos de medición

El Anexo 4E contiene el diagrama de equipos de medición. En primer lugar se detallan los terminales del transductor de PT100 a 0-10V. Seguidamente se muestra la disposición de los terminales de cada uno de los sensores inductivos y capacitivo, además de las conexiones de los sensores fotoeléctricos.

4.11.5.- Diagrama de detalles

Para los efectos de este proyecto se consideró importante contar con una ilustración referencial de todas las conexiones que entran y salen del controlador principal, además de una breve representación de lo que representa y controla cada terminal del equipo. El Anexo 4F corresponde al diagrama de detalles y en el se encuentra un documento CAD en el cual se detalla la función de cada uno de los terminales de entrada y salida del PLC S7-1200 que se propone utilizar para el desarrollo del sistema de automatización presentado.

4.11.6.- Listado de bornes

La importancia de este listado se tiene al momento de realizar la instalación y más aún al momento de diagnosticar alguna falla eléctrica de potencia o de control, además para facilitar el entendimiento del tablero de control, permitiendo una identificación rápida de los conductores de puesta a tierra, entre otros. El Anexo 4G muestra el listado de bornes del diseño de tablero de control.

4.11.7.- Vista interna, frontal, laterales e inferior

En el Anexo 4I se presenta una vista interior de la disposición de los equipos dentro del tablero y las canaletas, respetando los requerimientos de localización de ciertos equipos como los variadores de frecuencia. En la vista exterior mostrada en el Anexo 4J se muestra la disposición de la pantalla y los botones de encendido de la máquina. En las vistas laterales e inferior de los Anexos 4K, 4L, 4M, se muestra la distribución de los orificios de acceso al cableado proveniente de las tuberías de canalizaciones eléctricas.

CONCLUSIONES

Considerando los objetivos generales planteados en el capítulo I de este documento, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Se diseñó un sistema de control automatizado para la máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM W270III tomando en cuenta los principales fundamentos de control de maquinarias que utilizan motores eléctricos y elementos de secado UV.
- Se describió la máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM W270III, especificando sus características y funcionamiento original.
- Se elaboró el plano P&ID para el desarrollo del sistema de control, tomando en cuenta las recomendaciones de la normativa vigente. El cual sirvió de base para el desarrollo general de proyecto
- Se estableció un procedimiento cronológico para la selección de equipos e instrumentos basándose en recomendaciones de bibliografía especializada y documentos técnicos.
- Se compararon distintas alternativas para dar solución a cada problema particular en el diseño del sistema de control, especialmente para la selección de equipos e instrumentos, para lo cual se establecieron requerimientos basados en el funcionamiento lógico y las mejoras indicadas en el Anexo 1.
- Se seleccionaron los conductores, canalizaciones eléctricas y protecciones, tomando en cuenta las indicaciones de la normativa vigente y aplicable para este equipo.
- Se desarrollo un programa lógico estructurado, agrupando el control de elementos relacionados y tomando en cuenta aspectos de seguridad y funcionamiento. Se utilizaron los recursos de software del controlador principal seleccionado.

- Se diseñó un tablero de control presentando todos los documentos indicados en la normativa vigente, cuya información corresponde en gran parte a la ingeniería de detalles del proyecto.

- Con la selección de un equipo controlador principal modular se puede considerar la ampliación de la capacidad de comunicaciones o de entrada y salidas analógicas y digitales, permitiendo mejorar a futuro el funcionamiento de la máquina.

- Los sistemas de secado UV con tecnología LED, desde el punto de vista técnico, son mejores que los sistemas tradicionales, principalmente por la velocidad de encendido, temperatura de operación y ahorro energético.

- Para la selección de un dispositivo de accionamiento directo de motores, la frecuencia de conmutación resulta un factor determinante.

- Cuando se realizan cálculos y estimaciones de conductores de alimentación para cualquier equipo a través de normas y criterios, hay que comparar siempre con las indicaciones del fabricante del mismo. Esto ayuda a tener una idea previa del resultado de los cálculos.

RECOMENDACIONES

Entre las principales recomendaciones que se pueden realizar partiendo de las experiencias obtenidas en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado se tienen:

- Agregar un dispositivo para la verificación del funcionamiento de la bomba de lubricación, como por ejemplo un sensor analógico de presión de aceite, para evitar problemas en el mecanismo de impresión y troquelado.

- Se puede agregar una alarma sonora en caso de presentarse alguna de las emergencias programadas o en caso de terminar el ciclo de impresiones previsto.

- Utilizar el mismo sensor de conteo de impresión para determinar la velocidad actual de impresión y poder realizar un control realimentado de velocidad.

- Centralizar el control de accionamiento del chiller a través del controlador principal.

- En caso necesitar agregar nuevos dispositivos al sistema y controlarlos con el PLC, se puede independizar el control de temperatura del PLC y adjudicarselo al sistema ya previsto en el Chiller para aprovechar las entradas y salidas existentes que se utilizaban para dicho fin.

- Instalar dispositivos de protección con conexión remota, de manera de poder diagnosticar fallos de sobrecarga o sobrecorriente en cada uno y mostrarlos en pantalla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Romero J., Lorite J., Montoro S. Automatización Problemas resueltos con autómatas programables, Editorial Paraninfo, 1994.

[2] IEC (61131-1: 2013). Estandarización en la programación del control industrial— Geneva: International Electrotechnical Commission.

[3] Ventura I., Sistemas de Control de Motores Eléctricos Industriales. Méjico, Veracruz, 2008.

[4] Canto. C. Sensores Inductivos, Autómatas Programables. [PDF en línea]. Disponible en: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF
Consulta (14/04/2015).

[5] Sensores de fibra optica [Página web en línea]. Disponible en:http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_48.htm?view=productgroupoverview
Consulta (25/07/2015)

[6] Relé de estado sólido [Página web en línea]. Disponible en:http://electronica-electronics.com/Circuitos/SSR_-_Relay_de_estado_solido.html
Consulta (10/08/2015)

[7] Introducción al HMI [PDF en línea]. Disponible en:<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
Consulta (10/08/2015)

[8] Maraña, Juan. Instrumentación y control de procesos [PDF en línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/dsrpato/instrumentacioncontrolprocesos>
(10/08/2015)

[9] Cloche electromagnético [Página web en línea]. Disponible en:<http://embraguesviaweb.blogspot.com/2011/02/embrague-electromagnetico.html>
Consulta (10/08/2015)

[10] La tipografía [Página web en línea]. Disponible en:http://www.gusgsm.com/la_tipografia.
Consulta (25/07/2015)

[11] El funcionamiento de una bomba de vacío y sus características. [Página web en línea]. Disponible en:http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=9599
Consulta (25/07/2015)

[12] Metodos de lubricacion con aceite [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.skf.com/ve/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/principles/lubrication/oil-lubrication/oil-lubrication-methods/index.html>
Consulta (25/07/2015)

[13] Sensores de nivel capacitivos [Página web en línea]. Disponible en:http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_488.htm
Consulta (25/07/2015)

[14] M50 - Incorporación del secado ultravioleta (UV) [Página web en línea]. Disponible en:http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP_Buenaspracticas/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=050
Consulta (14/04/2015)

[15] Balasto [Página web en línea]. Disponible en:<http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com/2011/05/lamparas-fluorescentes.html>
Consulta (10/08/2015)

[16] Control Todo/Nada, [Página web en línea]. Disponible en: [x] Balasto [Página web en línea]. Disponible en: <http://ceiisa.blogspot.com/2015/01/control-todo-o-nada-on-off.html>
Consulta (10/08/2015)

[17] Chillers enfriadores de líquidos [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>

Consulta (25/07/2015)

[18] Chillers Aspectos Técnicos [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.0grados.com/chillers-aspectos-tecnicos/>

Consulta (25/07/2015)

[19] Troquelado plano [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.bobst.com/vees/productos/troquelado/proceso/>

Consulta (10/08/2015)

[20] Sensores optoelectronicos [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.balluff.com/balluff/MMX/es/products/overview-photoelectric-sensors.jsp>

Consulta (25/07/2015)

[21] UV – LED based on AlGaIn [PDF en línea]. Disponible en:https://www.fh-muenster.de/fb1/downloads/personal/juestel/juestel/UV-LEDs_Johannes_Neyer_.pdf

Consulta (25/07/2015)

[22] El motor monofásico de inducción [PDF en línea]. Disponible en:http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo2.pdf

Consulta (18/10/2015)

[23] Funcionamiento de sensores capacitivos [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.dte.uvigo.es/recursos/capacitivos/funcionamiento/funcionamiento.htm>

Consulta (18/10/2015)

[24] Detección de Proximidad [Página web en línea]. Disponible en:<http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r75/r75.htm>

Consulta (18/10/2015)

[25] Automática [Página web en línea]. Disponible en:<http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=autom%E1tica>

Consulta (18/10/2015)

[26] Fundamentos de la Técnica de Automatización, Libro Técnico [PDF en línea]. Disponible en:http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf

Consulta (18/10/2015)

[27] Bienvenidos a la IEC [PDF en línea]. Disponible en:http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/about_iec/welcome_to_the_iec-s.pdf

Consulta (18/10/2015)

[28] Comisión Venezolana de Normas Industriales [Página web en línea]. Disponible en:<http://legislaciondelaadministraciondedesastresii.bligoo.com.ve/normas-covenin#.ViypbWv0-24>

Consulta (18/10/2015)

[29] About the National Electrical Manufacturers Association [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.nema.org/about/pages/default.aspx>

Consulta (18/10/2015)

[30] Pirómetro [Página web en línea]. Disponible en:<http://neutron.ing.ucv.ve/eiefile/Rafael%20Rivero/dsmvf/EXPO/Pirometros.pdf>

Consulta (19/11/2015)

[31] Cómo Escoger el Sensor Adecuado para su Sistema de Medidas [Página web en línea]. Disponible en:<http://www.ni.com/white-paper/13654/es/>

Consulta (19/11/2015)

[32] Medición de nivel de líquidos [PDF en línea]. Disponible en:webdelprofesor.ula.ve/CAP%203%20Medicion_nivel_2009_n.pdf

Consulta (19/11/2015)

[33] SSR - Relé de estado sólido [Página web en línea]. Disponible en:http://electronica-electronics.com/Circuitos/SSR_-_Relay_de_estado_solido.html

Consulta (19/11/2015)

[34] Cordinación de protecciones en BT - Schneider Electric [PDF en línea]. Disponible en:http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/2_CoordInterrup.pdf
Consulta (19/11/2015)

BIBLIOGRAFÍA

Bryan, L. Bryan, E. Programmable Controllers Theory and Implementation. Industrial Text & Video Company, Segunda Edición. 1997.

Covenin (2811: 1998). Tableros eléctricos de media y baja tensión. Documentación técnica— Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. CODELECTRA.

Creus, Antonio. Instrumentación Industrial. Octava Edición, Méjico: Grupo Editor Alfaomega, 2010.

De la Cruz, Ernesto. Simbología y diagramas de instrumentación normas ISA. [PDF en línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/vilchoff/57220854-simbologiydiagramasdeinstrumentacion>
Consulta (25/07/2015)

Fraile, Jesús. Máquinas Eléctricas. Quinta Edición, Madrid, España: McGraw Hill, 2003.

González, Diego. Nueva norma de tableros de baja tensión IEC 61439. ABB, 2014

IEC (60034-1: 2004). International Standart, Rotating electrical machines— Geneva: International Electrotechnical Commission.

IEC (60617: 1997). Graphical symbols for diagrams— Geneva: International Electrotechnical Commission.

ISA (Std. 5.3 : 1983). Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems.— USA: The Instrumentation, Systems, and Automation Society.

Montaje e instalación de cuadros de maniobra y control. Primera Edición. Vigo: Editorial Ideas Propias, 2003.

Panduit, Pentair. Control Panel Optimization. 2013

Penissi, Oswaldo. Canalizaciones eléctricas residenciales. Séptima edición, Venezuela.

Peña J., Caro J., Saldes A. Diseño y aplicaciones con autómatas programables. Editorial UOC, 2003.

Rockwell Automation AG. Fundamentos de protección de motores. 1997

Rockwell Automation AG. Intelligent Motor Control. 2007

Harper, G. Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales. 2da. Edición. Editorial Limusa, 2003.

GLOSARIO

- **AC3:** Categoría de servicio para contactores, se indica para sistemas de accionamiento para motores eléctricos.

- **Balasto:** El balasto es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en lámparas, ya sea un tubo fluorescente, lámpara de vapor de sodio, lámpara de haluro metálico o lámpara de vapor de mercurio.

- **Bloque de datos DB:** es una organización de variables de diversa naturaleza agrupadas bajo una misma denominación. Se caracterizan por ser datos relocalizables y gestionados por el compilador.

- **Bloque de funciones FB:** Bloque de programación que encapsula un conjunto de instrucciones y posee un bloque de memoria DB propio.

- **Carga puesta a tierra:** Se refiere a una carga eléctrica que está referenciada a tierra.

- **Cigüeñal:** Pieza del motor de algunas máquinas rotativas que consiste en un eje con uno o varios codos de los cuales se ajusta una biela, y está destinada a transformar el movimiento rectilíneo de los pistones en rotativo, o viceversa.

- **Coefficiente de rozamiento:** El coeficiente de rozamiento o coeficiente de fricción expresa la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. Es un coeficiente adimensional. Usualmente se representa con la letra griega μ .

- **Desequilibrio de fase:** Es un calificativo que se utiliza para indicar en una red polifásica originalmente balanceada, una diferencia de las magnitudes y ángulos de las señales que lo componen en relación con una referencia.

- **Embrague progresivo:** En el embrague progresivo se tienen dos platos con

una superficie de fodoro. La transmisión puede hacerse por la superficie del disco o por las superficies laterales en forma cónica.

- **Entintado:** En procesos de impresión tipográfica se refiere al proceso de impregnar de tinta a las planchas grabadas.

- **Evento excepcional:** Corresponde a un estado del sistema que no es usual y que ocurre cuando existe alguna falla en la instrumentación o los actuadores.

- **Falla a tierra:** Se refiere a un cortocircuito accidental que ocurre entre una de las fases de alimentación y la tierra o cualquier pieza metálica que se encuentre conectado a la referencia.

- **Fotoiniciadores:** Son compuestos arílicos aromáticos no saturados mucho más sensibles a la energía radiante que los monómeros.

- **Fotopolímeros:** Son macromoléculas, generalmente orgánicas, formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Como característica adicional un fotopolímero es una formulación cuya base es un polímero y su característica principal es que es propenso a reaccionar en presencia de luz con una determinada longitud de onda.

- **Frecuencia de muestreo:** Corresponde a la frecuencia con la cual se realiza la adquisición de datos para monitorización de alguna variable de proceso.

- **Inversor:** Es un equipo electrónico que utilizando dispositivos semiconductores de potencia controlados logra generar a su salida una señal eléctrica alterna, partiendo de una señal continua o con valor promedio no nulo.

- **Jog:** es la traducción de trote en inglés y para maquinarias rotativas significa accionar el sistema a baja velocidad para labores de inicialización y disposición de materiales, problemas de acastamiento, entre otras tareas.

- **Monómeros:** Es una molécula de pequeña masa molecular que está unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos generalmente covalentes, formando macromoléculas llamadas polímeros.

- **Motor-reductor:** son pequeños motores monofásicos o trifásicos, reductores de engranajes y a menudo variadores de velocidad (eléctricos o electrónicos). Se usan como accionadores en las instalaciones domóticas.

- **Polimerización:** Es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros, se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso llamada polímero.

- **Producto terminado:** En procesos de manufactura se refiere al resultado final del tratado de la materia prima, transformada para su utilización y con una presentación de muestra al público.

- **Protección tipo NEMA 1:** Es una cualidad que define la organización estadounidense National Electrical Manufacturers Association y se asocia al grado de protección que ofrece una carcasa o tablero eléctrico, en este caso se indica protección contra polvo y suciedad.

- **Protección tipo NEMA 4X:** Es una cualidad que define la organización estadounidense National Electrical Manufacturers Association y se asocia al grado de protección que ofrece una carcasa o tablero eléctrico, en este caso se indica protección contra polvo, suciedad, líquidos con aplicación directa y resistencia a la corrosión.

- **SCADA:** Son las siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition, que se refiere a sistemas que permiten controlar y supervisar procesos industriales de manera remota.

- **Solidario:** Se refiere a un elemento que se encuentra soldado o firmemente adosado a otro.

- **Termoformado de plásticos:** Es un proceso consistente en calentar una plancha o lámina de semielaborado termoplástico, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión vacío o mediante un contramolde.

- **THW:** Se refiere a un tipo de aislamiento para conductores eléctricos, es el acrónimo de Thermoplastic High Heat and Moisture. Es resistente al agua, se construye con aislamiento termoplástico de PVC, 600 V, 75 °C, en seco y húmedo.

- **Valor de consigna:** Es un sinónimo de valor de referencia y para variadores de frecuencia se entiende como todos los parámetros ingresados al equipo que dependen de las características del motor, el alimentador principal, entre otros.

- **Volante de inercia:** Es un elemento pasivo que aporta al sistema mecánico donde se encuentra, una inercia adicional que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De esta forma, el volante de inercia se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo.

ANEXOS

ANEXO 1 - RESUMEN DE LA ENTREVISTA AL OPERADOR DE LA MÁQUINA

Las siguientes preguntas se realizaron en el proceso inicial de recolección de datos para la descripción de la máquina y la concepción de los requerimientos en comportamiento de cada uno de los sistemas. El operador es el Sr. Carlos Nieto maneja una máquina de similares características y contestó a ciertas preguntas de la siguiente manera:

- Yo: ¿Qué características debe tener el papel con que se alimenta la máquina?

- Operador: El papel debe entrar holgado a la máquina, porque si entra tenso al alimentador, cuando la plancha sube el papel para que se estampe contra la tipografía, como la base completa sube, puede romper el papel en los extremos. Ese tipo de problema nos ocurre bastante, especialmente cuando el papel es de menor gramaje.

- Yo: ¿Qué tipo de modificaciones al comportamiento del sistema usted piensa que podría mejorar las características de la máquina que usted maneja?

- Operador: Lo que queremos es que la máquina imprima más lento, porque como imprime a una sola velocidad que es la del motor, entonces siempre se dañan piezas de la parte mecánica por exceso de roce y golpeteos. Por otra parte, queremos que la lámpara sea LED, o que al menos no nos queme el material cuando se para la impresión, porque ese problema es muy molesto. Otra cosa es que hay que implantar también el control de registro tal y como lo tiene esta máquina, y también se podría colocar un contador que me indique cuantas impresiones se han hecho.

ANEXO 2 - TABLAS UTILIZADAS DEL CEN

ANEXO 2A - TABLA 110.20 (A) DEL CEN

Tabla 110.20 (A) Selección de los Tipos de Envoltentes de Todos los Tableros según las Normas Norteamericanas ANSI/NEMA/UL

Para Uso en Exteriores (Intemperie)										
Proporciona un Grado de Protección En las Sigüientes Condiciones Ambientales	Número del Tipo de Envoltente ¹									
	3	3R	3S	3X	3RX	3SX	4	4X	6	6P
Contacto accidental con el equipo encerrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lluvia, Nieve y Aguanieve	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aguanieve ²	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
Polvo soplado por el viento	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X
Chorros de agua	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
Agentes corrosivos	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X
Inmersión ocasional temporal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Inmersión prolongada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

²El mecanismo se mantendrá operativo cuando esté cubierto por hielo

Para Uso en Ambientes Interiores											
Proporciona un Grado de Protección En las Sigüientes Condiciones Ambientales	Número del Tipo de Envoltente ¹										
	1	2	4	4X	5	6	6P	12	12K	13	
Contacto accidental con el equipo instalado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Polvo que cae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Líquidos que caen y pequeñas salpicaduras	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Polvo, pelusa, fibras o partículas flotantes.	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	
Deposición de polvo, pelusa, fibras y partículas flotantes en el aire.	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	
Riego y salpicaduras de agua	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	
Fugas de aceite y refrigerante	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	
Salpicaduras y rociado de aceite o refrigerante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
Agentes corrosivos	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	
Inmersión ocasional temporal	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	
Inmersión ocasional prolongada	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	

¹El número del Tipo de envoltente será marcado en todas las envoltente de los tableros eléctricos. (Véanse las Normas ANSI/NEMA 250 y UL 50)

ANEXO 2B - TABLA 310.15 (B) (2) DEL CEN

Tabla 310.15 (B)(2)(a) Factores de Ajuste para Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una Canalización o Cable.

Número de Conductores Portadores de Corriente	Porcentaje de los Valores en las Tablas 310.16 a 310.19, Ajustadas para la Temperatura Ambiente, si es Necesario.
4 - 6	80
7 - 9	70
10 - 20	50
21 - 30	45
31 - 40	40
41 y en adelante	35

ANEXO 2C - TABLA 310.16 DEL CEN

Tabla 310.16 Ampacidades Admisibles de los Conductores Aislados para Tensiones Nominales de 0 a 2000 Voltios y 60°C a 90°C (140°F a 194°F) con No Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una Canalización, Cable o Directamente Enterrados, Basadas en Una Temperatura Ambiente de 30°C (86°F).

Calibre de los Conductores AWG/ kcmil	Régimen de Temperatura del Conductor [véase la Tabla M0.13(A)]						Calibre de los Conductores AWG/ kcmil
	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FFPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPR*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14*	20	20	25	----	----	----	----
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1.0	125	150	170	100	120	135	1.0
2.0	145	175	195	115	135	150	2.0
3.0	165	200	225	130	155	175	3.0
4.0	195	230	260	150	180	205	4.0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCION							
Temp. Ambiente (°C)	Para Temperaturas Ambiente Distintas de 30°C, (86°F): se Multiplican las Ampacidades Anteriores por los Factores Apropriados Siguietes:						Temp. Ambiente (°F)
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31 - 35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36 - 40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41 - 45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46 - 50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51 - 55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56 - 60	----	0.58	0.71	----	0.58	0.71	132-140
61 - 70	----	0.33	0.58	----	0.33	0.58	141-158
71 - 80	----	----	0.41	----	----	0.41	159-176

Nota: * Véase 240.4 (1)

ANEXO 2D - TABLA 240.92 DEL CEN

Tabla 240.92(B) Capacidad de Cortocircuito para los Conductores Derivados

Se considera que los conductores derivados están protegidos contra condiciones de cortocircuito cuando el límite de la temperatura de cortocircuito no se excede. El calentamiento del conductor bajo condiciones de cortocircuito está determinado por (1) ó (2):

(1) Fórmula de Cortocircuito para Conductores de Cobre
 $(I^2/A^2)t = 0.0297 \log_{10} [(T_2 + 234)/(T_1 + 234)]$

(2) Fórmula de Cortocircuito para Conductores de Aluminio
 $(I^2/A^2)t = 0.0125 \log_{10} [(T_2 + 228)/(T_1 + 228)]$

Donde:

I = Corriente de cortocircuito en amperios

A = Área del conductor en circular mils

t = Tiempo del cortocircuito en segundos (para tiempos menores o iguales a 10 seg.)

T1 = Temperatura inicial del conductor en grados Celsius

T2 = Temperatura final del conductor en grados Celsius

Conductor de cobre aislado con papel, goma, tela barnizada, T2 = 200

Conductor de cobre aislado con termoplástico, T2 = 150

Conductor de cobre aislado con polietileno reticulado, T2 = 250

Conductor de cobre aislado con etileno propileno, T2 = 250

Conductor de aluminio aislado con papel, goma, tela barnizada, T2 = 200

Conductor de aluminio aislado con termoplástico, T2 = 150

Conductor de aluminio aislado con polietileno reticulado, T2 = 250

Conductor de aluminio aislado con etileno propileno, T2 = 250

ANEXO 2E - EXTRACTO DE LA TABLA C1 DEL CEN

Tabla C 1: Número Máximo de Conductores o Cables de Aparatos en Tubería Eléctrica Metálica de Tipo EMT
(Según la Tabla 1, Capítulo 9)

CONDUCTORES											
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/kcmil	Dimensiones Métricas en mm y Tamaños Comerciales en Pulgadas									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
		(½)	(¾)	(1)	(1¼)	(1½)	(2)	(2½)	(3)	(3½)	(4)
RHH, RHW, RHW-2	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
TW	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106

Tabla C 1 (Continuación 2) Número Máximo de Conductores o Cables de Aparatos en Tubería Eléctrica Metálica de Tipo EMT (Según la Tabla 1, Capítulo 9)

CONDUCTORES											
Letras de Tipo	Calibre del Conducto AWG/kcmil	Dimensiones Métricas en mm y Tamaños Comerciales en Pulgadas.									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
		(½)	(¾)	(1)	(1 ¼)	(1 ½)	(2)	(2 ½)	(3)	(3 ½)	(4)
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THHW, THW, THW-2	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5
	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN, THWN, THWN-2	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	1000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin cubierta exterior.

ANEXO 2F - EXTRACTO DE LA TABLA C6 DEL CEN

Tabla C 6: Número Máximo de Conductores o Cables de Aparatos en Tubos No Metálicos Flexibles y Herméticos a los Líquidos (Tipo LFNC-A**) (Según la Tabla 1, Capítulo 9).

CONDUCTORES								
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/kcmil	Designación Métrica en mm y Tamaño Comercial en Pulgadas						
		12	16	21	27	35	41	53
		(¾)	(½)	(¼)	(1)	(1 ¼)	(1 ½)	(2)
RHH, RHW, RHW-2	14	2	4	7	11	20	27	45
	12	1	3	6	9	17	23	38
	10	1	3	5	8	13	18	30
	8	1	1	2	4	7	9	16
	6	1	1	1	3	5	7	13
	4	0	1	1	2	4	6	10
	3	0	1	1	1	4	5	8
	2	0	1	1	1	3	4	7
	1	0	0	1	1	1	3	5
	1/0	0	0	1	1	1	2	4
	2/0	0	0	1	1	1	1	4
	3/0	0	0	0	1	1	1	3
	4/0	0	0	0	1	1	1	3
	250	0	0	0	0	1	1	1
	300	0	0	0	0	1	1	1
	350	0	0	0	0	1	1	1
	400	0	0	0	0	1	1	1
	500	0	0	0	0	0	1	1
	600	0	0	0	0	0	1	1
	700	0	0	0	0	0	0	1
750	0	0	0	0	0	0	1	
800	0	0	0	0	0	0	1	
900	0	0	0	0	0	0	1	
1000	0	0	0	0	0	0	1	
1250	0	0	0	0	0	0	0	
1500	0	0	0	0	0	0	0	
1750	0	0	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	0	0	

** Corresponde al Artículo 351-22(1).

Tabla C 6 (Continuación 2) Número Máximo de Conductores o Cables de Aparatos en Tubos No Metálicos Flexibles y Herméticos a los Líquidos (Tipo LFNC-A**) (Según la Tabla 1, Capítulo 9).

CONDUCTORES								
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/kcmil	Designación Métrica en mm y Tamaño Comercial en Pulgadas						
		12	16	21	27	35	41	53
		($\frac{3}{8}$)	($\frac{1}{2}$)	($\frac{3}{4}$)	(1)	(1 $\frac{1}{4}$)	(1 $\frac{1}{2}$)	(2)
TW	14	5	9	15	24	43	58	96
	12	4	7	12	19	33	44	74
	10	3	5	9	14	24	33	55
	8	1	3	5	8	13	18	30
RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THHW, THW-2	14	3	6	10	16	28	38	64
RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THHW	12	3	4	8	13	23	31	51
	10	1	3	6	10	18	24	40
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	8	1	1	4	6	10	14	24
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2, TW	6	1	1	3	4	8	11	18
	4	1	1	1	3	6	8	13
	3	1	1	1	3	5	7	11
	2	0	1	1	2	4	6	10
	1	0	1	1	1	3	4	7
	1/0	0	0	1	1	2	3	6
	2/0	0	0	1	1	1	3	5
	3/0	0	0	1	1	1	2	4
	4/0	0	0	0	1	1	1	3
	250	0	0	0	1	1	1	3
	300	0	0	0	1	1	1	2
	350	0	0	0	0	1	1	1
	400	0	0	0	0	1	1	1
	500	0	0	0	0	1	1	1
	600	0	0	0	0	1	1	1
700	0	0	0	0	0	1	1	
750	0	0	0	0	0	1	1	
800	0	0	0	0	0	1	1	
900	0	0	0	0	0	0	1	
1000	0	0	0	0	0	0	1	
1250	0	0	0	0	0	0	1	
1500	0	0	0	0	0	0	1	
1750	0	0	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	0	0	

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin cubierta exterior.

** Corresponde al Numeral 356.2 (1)

ANEXO 2G - TABLA 314.16 (A) DEL CEN

Tabla 314.16 (A) Cajas Metálicas Normalizadas.

Dimensiones de la Caja, Tamaño Comercial o Tipo			Volumen Mínimo		Número Máximo de Conductores* (arreglado por calibre AWG)						
mm	Pulgadas (inch)	Forma	cm ³	pulg ³	18	16	14	12	10	8	6
100 x 32	4 ¼	redonda u octogonal	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
100 x 38	4 x 1 ½		254	15,5	10	8	7	6	6	5	3
100 x 54	4 x 2 ½		353	21,5	14	12	10	9	8	7	4
100 x 32	4 x 1 ¼	cuadrada	395	18,5	12	10	9	8	7	6	3
100 x 38	4 x 1 ½	cuadrada	344	21,0	14	12	10	9	8	7	4
100 x 54	4 x 2	cuadrada	497	30,3	20	17	15	13	12	10	6
120 x 32	4 11/16 x 1 ¼	cuadrada	418	25,5	17	14	12	11	10	8	5
120 x 38	4 11/16 x 1 ½	cuadrada	484	29,5	19	16	14	13	11	9	5
120 x 54	4 11/16 x 2 ½	cuadrada	689	42,0	28	24	21	18	16	14	8
75x50x38	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	123	7,5	5	4	3	3	3	2	1
75x50x50	3 x 2 x 2	dispositivo	164	10,0	6	5	5	4	4	3	2
75x50x57	3 x 2 x 2 ¼	dispositivo	172	10,5	7	6	5	4	4	3	2
75x50x65	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
75x50x70	3 x 2 x 2 ¾	dispositivo	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
75x50x90	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
100x54x38	4 x 2 ½ x 1 ½	dispositivo	169	10,3	6	5	5	4	4	3	2
100x54x48	4 x 2 ½ x 1 7/8	dispositivo	213	13,0	8	7	6	-5	5	4	2
100x54x54	4 x 2 ½ x 2 ½	dispositivo	238	14,5	9	8	7	6	5	4	2
95x50x 65	3 ¾ x 2 x 2 ½	Cajas de mampostería uso múltiple	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
95x50x90	3 ¾ x 2 x 3 ½		344	21,0	14	12	10	9	8	7	4
ES Profundidad min. 44,5 mm (1 ¾")		Tapa simple	221	13,5	9	7	6	6	5	4	3
ED Profundidad min. 60,3 mm (2 ¼")		uso múltiple	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
ES Profundidad min. 44,5 mm (1 ¾")		Tapa múltiple	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
ED Profundidad min. 60,3mm (2 ¼")		Uso múltiple	395	24,0	16	13	12	10	9	8	4

*Cuando no se asignan los volúmenes requeridos en 314.16 (B)(2) al 314.16 (B)(5).

ANEXO 2H - TABLA 430.52 DEL CEN

Tabla 430.52 Régimen Máximo o Ajuste de los Dispositivos de Protección de Cortocircuito y Falla a Tierra de los Circuitos Ramales de Motores.

Tipo de Motor	Porcentaje de la Corriente a Plena Carga			
	Fusibles		Interruptores Automáticos	
	No Retardado ⁽¹⁾	De Dos Elementos ⁽¹⁾ (de Tiempo Retardado)	Disparo Instantáneo	De Tiempo Inverso ⁽²⁾
Motores monofásicos	300	175	800	250
Polifásicos ca, distintos de rotor bobinado:	300	175	800	250
Jaula de Ardilla que no sea de Diseño B eficiente de energía	300	175	800	250
Diseños B eficiente de energía	300	175	1100	250
Síncronos ⁽³⁾	300	175	800	250
Rotor bobinado	150	150	800	150
Corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

ANEXO 2I - TABLA 9 DEL CEN

Tabla 9. Resistencia y Reactancia de Corriente Alterna (ca) para Cables de 600 Voltios, 3 Fases, 60 Hz, 75°C (167°F) -Tres Conductores Sencillos en Conducto.

Calibre (AWG ó kcmil)	Ohmios al Neutro por 1000 pies												Calibre (AWG ó kcmil)					
	Resistencia ca de Conductores de Cobre Sin Recubrir				Resistencia ca de Conductores de Aluminio				Impedancia Z Eficaz a FP = 0.85 de Conductores de Cobre Sin Recubrir					Impedancia (Z) Eficaz a FP = 0.85 para Conductores de Aluminio				
	Ductos de PVC	Ductos de Acero	Ductos de Aluminio	Resistencia ca de Cobre	Ductos de PVC	Ductos de Acero	Ductos de Aluminio	Resistencia ca de Aluminio	Ductos de PVC	Ductos de Acero	Ductos de Aluminio	Impedancia Z Eficaz a FP = 0.85 de Conductores de Cobre Sin Recubrir		Ductos de PVC	Ductos de Acero	Ductos de Aluminio	Impedancia (Z) Eficaz a FP = 0.85 para Conductores de Aluminio	
14	0,190	0,240	10,2	10,2	3,1	3,1	10,2	10,2	-	-	-	8,9	8,9	2,7	2,7	-	-	14
	0,058	0,073	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	2,7	2,7	2,7	2,7	-	-	
12	0,177	0,223	6,6	6,6	2,0	2,0	6,6	6,6	10,5	10,5	10,5	5,6	5,6	1,7	1,7	9,3	9,2	12
	0,054	0,068	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,7	1,7	2,8	2,8	
10	0,164	0,207	3,9	3,9	1,2	1,2	3,9	3,9	6,6	6,6	6,6	3,6	3,6	1,1	1,1	5,9	5,9	10
	0,050	0,063	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	
8	0,171	0,213	2,56	2,56	0,78	0,78	2,56	2,56	4,3	4,3	4,3	2,26	2,26	0,69	0,69	3,6	3,6	8
	0,052	0,065	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	1,3	1,3	1,3	0,69	0,69	0,69	0,69	1,1	1,1	
6	0,167	0,210	1,61	1,61	0,49	0,49	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66	1,44	1,44	0,44	0,44	2,33	2,36	6
	0,051	0,064	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,81	0,81	0,81	0,44	0,44	0,44	0,44	0,71	0,72	
4	0,157	0,197	1,02	1,02	0,31	0,31	1,02	1,02	1,67	1,67	1,67	0,95	0,95	0,29	0,29	1,51	1,51	4
	0,048	0,060	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,51	0,51	0,51	0,29	0,29	0,29	0,29	0,46	0,46	
3	0,154	0,194	0,82	0,82	0,25	0,25	0,82	0,82	1,31	1,31	1,31	0,75	0,79	0,24	0,24	1,21	1,21	3
	0,047	0,059	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,40	0,40	0,40	0,23	0,24	0,24	0,24	0,37	0,37	
2	0,148	0,187	0,62	0,66	0,20	0,20	0,66	0,66	1,05	1,05	1,05	0,62	0,62	0,19	0,19	0,98	0,98	2
	0,045	0,057	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,32	0,32	0,32	0,19	0,19	0,19	0,19	0,30	0,30	
1	0,151	0,187	0,49	0,52	0,16	0,16	0,52	0,52	0,85	0,85	0,85	0,52	0,52	0,16	0,16	0,79	0,79	1
	0,046	0,057	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,25	0,25	0,25	0,16	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	
1/0	0,144	0,180	0,39	0,43	0,13	0,13	0,43	0,43	0,69	0,69	0,69	0,43	0,43	0,13	0,13	0,62	0,66	1/0
	0,044	0,055	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,20	0,20	0,20	0,13	0,13	0,13	0,13	0,20	0,20	
2/0	0,141	0,177	0,33	0,33	0,10	0,10	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52	0,36	0,36	0,11	0,11	0,52	0,52	2/0
	0,043	0,054	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	

ANEXO 2J - TABLA 250.122 DEL CEN

Tabla 250.122 Calibre Mínimo de los Conductores de Puesta a Tierra de Equipos y Canalizaciones

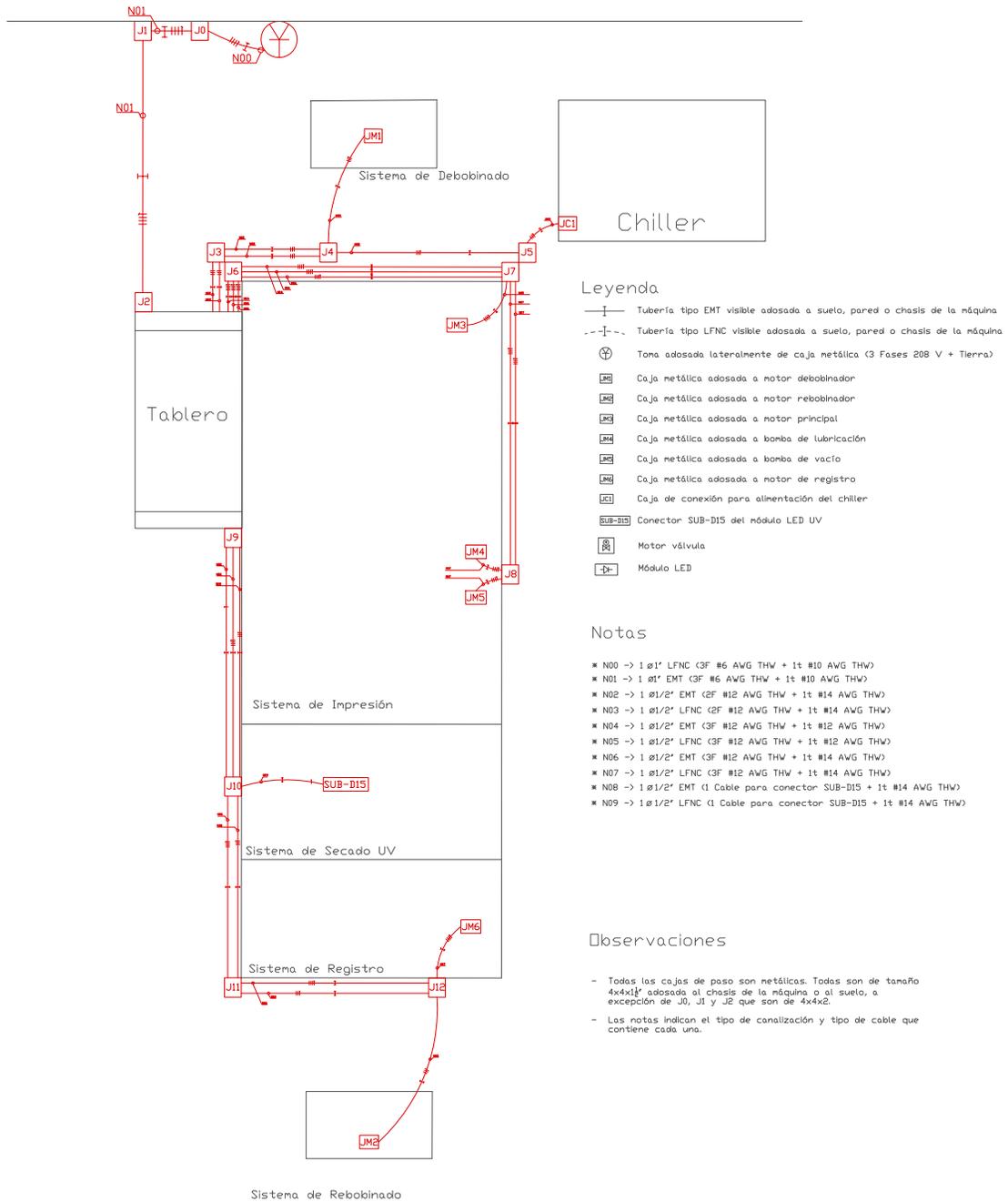
Régimen o Ajuste máximo de Dispositivos de Sobrecorriente Automáticos Ubicado del Lado de la Alimentación (Amperios)	Calibre (AWG o kemil)	
	Cobre	Aluminio o Aluminio Recubierto de Cobre
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con lo establecido en 250.4(A)(5) o 250.4(B)(4), el calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos será de dimensiones mayores a lo indicado en esta Tabla.

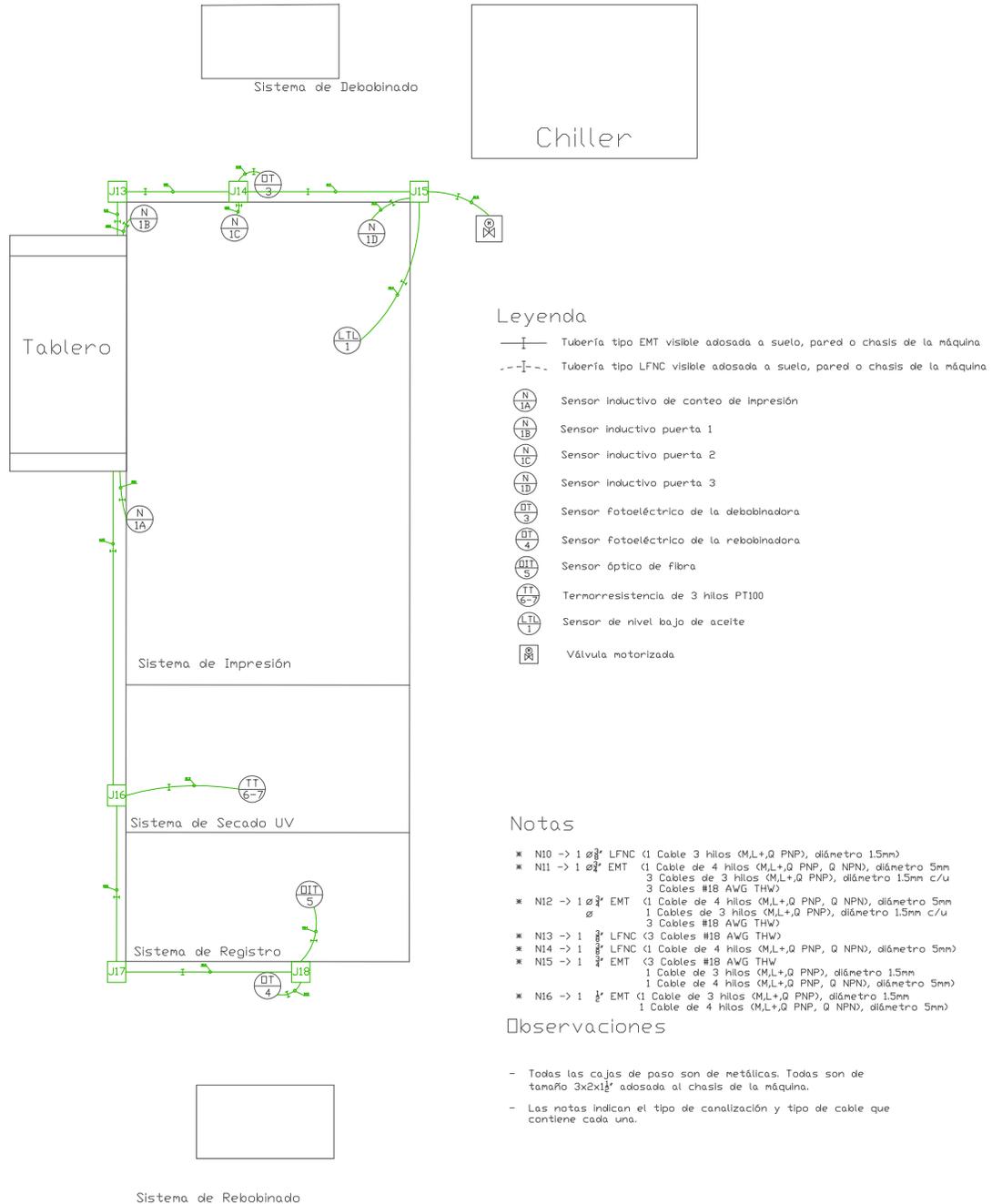
* Véase restricciones de instalación en 250.120.

ANEXO 3 - PLANOS DE CANALIZACIONES

ANEXO 3A - PLANO DE CANALIZACIONES DE FUERZA

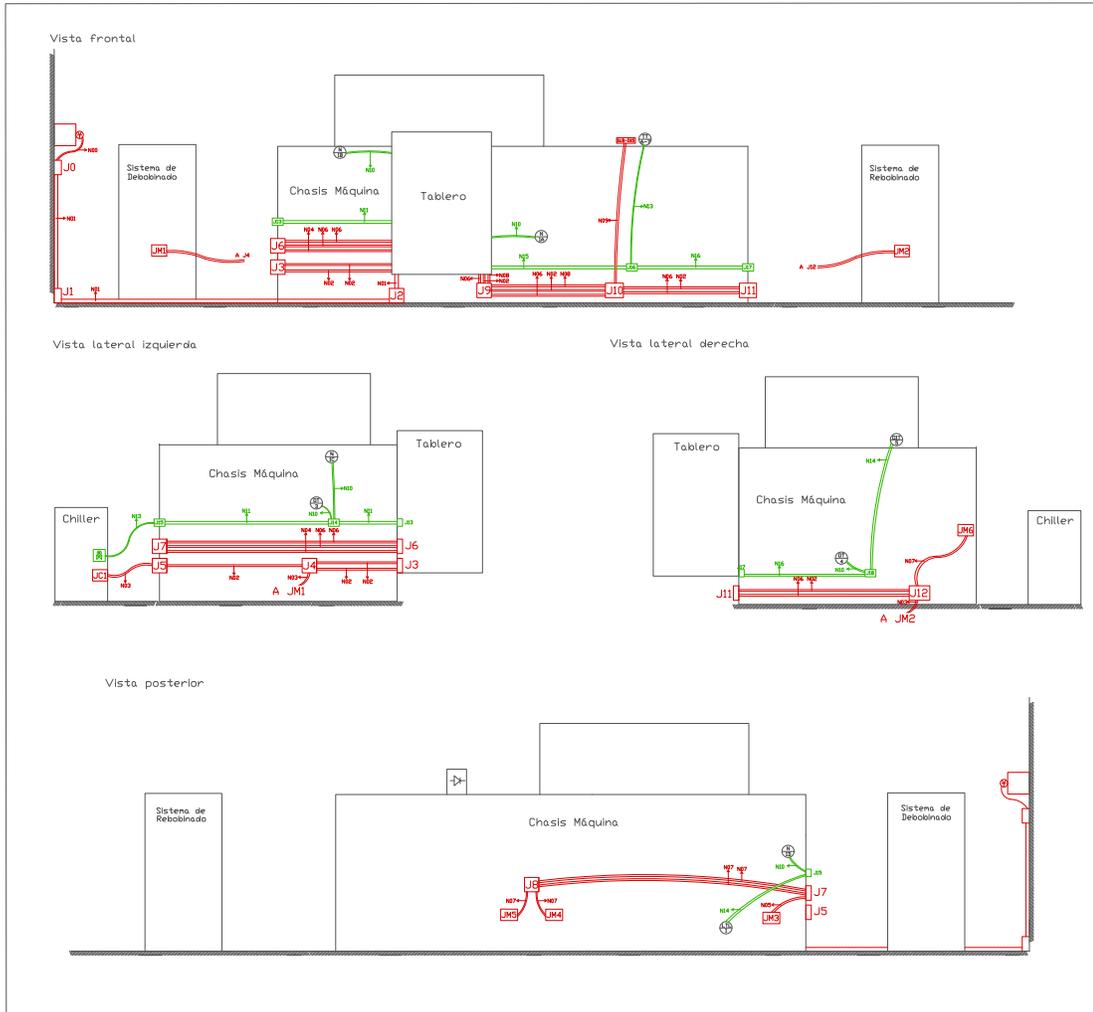


ANEXO 3B - PLANO DE CANALIZACIONES DE CONTROL



<p>JHM Electricidad 2010 C.A. Departamento de Automatización</p>	<p>Trabajo Especial de Grado 2016, Jhonny Martínez, Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III</p>
<p>IE-02 - Plano de Control</p>	<p>Pag 1/1</p>

ANEXO 3C - DIAGRAMA DE DETALLES DE INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS



<p>JHM Electricidad 2010 C.A. Departamento de Automatización</p>	<p>Trabajo Especial de Grado 2016, Jhonny Martínez, Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III</p>
<p>IE-03 - Detalles Canalizaciones</p>	<p>Pag 1/1</p>

ANEXO 4 - TABLERO DE CONTROL

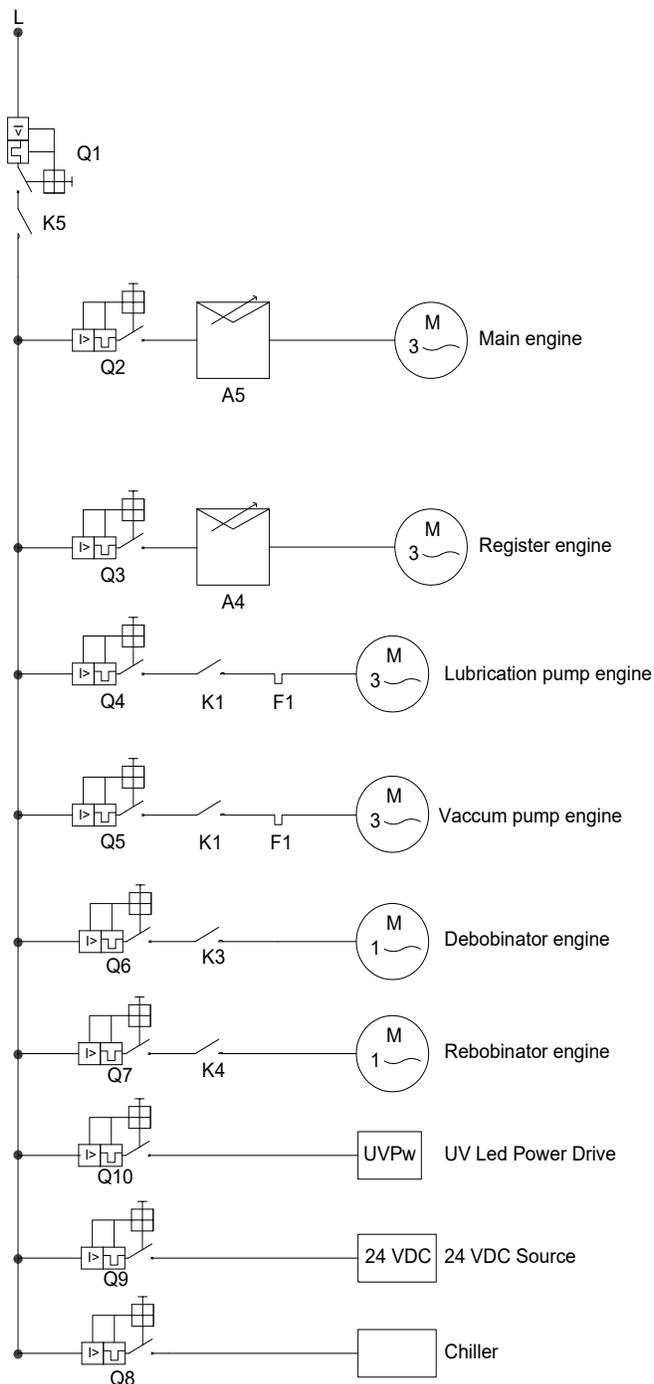
ANEXO 4A - LISTADO DE INSTRUMENTOS

Listado General de Instrumentos

Proyecto: Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III

Item	TAG	Función	Localización	P&ID	Fabricante	Modelo	Descripción Breve
01	A1	Controlador Lógico Programable	Tablero principal	P-01	Siemens	1215C DC/DC/DC	14 DL 10 DO, 4 AI, 4 AO, 2 puertos Ethernet, 100 KB memoria de programa.
02	A2	Transductor PT100 a 0-10 V _{DC}	Tablero principal	-	Phoenix Contact	MINI-MCR-SL-PT100-UI-200	Entrada de PT100 de 3 o 4 terminales, salida ajustable de 0-10 V _{DC} o 4-20 mA, selector de escala de temperatura
03	A3	Fuente de 24 V _{DC}	Tablero principal	-	Phoenix Contact	UNO-PS/1AC/24DC/240W	Fuente de 24 V _{DC} , 240 W, alimentación monofásica 120-208 V _{AC}
04	A4	Variador de frecuencia del motor de registro	Tablero principal	P-01	Lenze	SMVector 152	Rango 0-60 Hz, Control analógico 0-10 V _{DC} , control digital 24 V _{DC}
05	A5	Variador de frecuencia del motor principal	Tablero principal	P-01	Rockwell Automation	Powerflex 4	Rango 0-60 Hz, Control analógico 0-10 V _{DC}
06	A6	Fuente de poder para módulo UV	Tablero de control	P-01	Hönlc	LED PowerDrive	Alimentación 90-264 V _{AC} , 60 Hz, control analógico 0-10 V _{DC} , conector de entradas y salidas Sub-D25.
07	A7	Pantalla de HMI	Tablero de control	P-01	Siemens	KTP 600 Basic Color PN	Alimentación 24 V _{DC} , Conector Ethernet Profinet
08	A8	Chiller	Externa	P-01	SMC	HRS 018-AF-20-J	Variación ±0.1% de temperatura, Alimentación monofásica 208 V _{AC} , 1.2 kVA.
09	A9	Válvula de control de flujo	Tubería de agua	P-01	Siemens	SSP61U	Control proporcional con señal analógica 0-10 V _{DC} , dos vías.
10	A10	Supervisor de fase	Tablero de control	-	Exceline Professional	GST 220	Supervisor trifásico 208 V _{AC} con salida a relé de control.
11	K1	Contacto trifásico para bomba de lubricación	Tablero principal	-	Siemens	3RM1007-1AA04	Bobina de 24 V _{DC} , hasta 7 A en categoría AC53a, sobrecarga ajustable 1.6 a 7 A
12	K2	Contacto trifásico para bomba de vacío	Tablero principal	-	Siemens	3RM1007-1AA04	Bobina de 24 V _{DC} , hasta 7 A en categoría AC53a, sobrecarga ajustable 1.6 a 7 A
13	K3	SSR para el motor rebobinador	Tablero principal	-	Phoenix Contact	ELR 1-24DC/600AC-20	Bobina de 24 V _{DC} , 600 V _{AC} , 20 A.
14	K4	SSR para el motor debobinador	Tablero principal	-	Phoenix Contact	ELR 1-24DC/600AC-20	Bobina de 24 V _{DC} , 600 V _{AC} , 20 A.
15	K5	Contacto trifásico principal	Tablero principal	-	Schneider Electric	LC1D65A3M7	Bobina de 220 V _{AC} , hasta 65 A en categoría AC3, 3 Polos, Contactos Auxiliares INO+INC
16	P1	Sensor fotoeléctrico de la debobinadora	Máquina	P-01	Pepperl+Fuchs	G12/GV12/37/40b/92	Sensor fotoeléctrico de barrera, salida PNP 24 V _{DC} , led rojo.
17	P2	Sensor inductivo de conteo de impresión	Máquina	P-01	AM	AM1-AP-2A	Sensor inductivo, 12 mm diámetro, alimentación y salida 24 V _{DC} tipo PNP
18	P3	Sensor inductivo detector de cierre de tapa	Máquina	P-01	AM	AM1-AP-2A	Sensor inductivo, 12 mm diámetro, alimentación y salida 24 V _{DC} tipo PNP
19	P4	Sensor inductivo detector de cierre de tapa	Máquina	P-01	AM	AM1-AP-2A	Sensor inductivo, 12 mm diámetro, alimentación y salida 24 V _{DC} tipo PNP
20	P5	Sensor inductivo detector de cierre de tapa	Máquina	P-01	AM	AM1-AP-2A	Sensor inductivo, 12 mm diámetro, alimentación y salida 24 V _{DC} tipo PNP
21	P6	Sensor de nivel bajo de aceite	Depósito de aceite	P-01	Siemens	Pointek CLS 100	Longitud 204 mm, señal digital de alarma nivel bajo, alimentación 24 V _{DC} .
22	P7	Sensor óptico de control de registro	Externa	P-01	Pepperl+Fuchs	SU18/16/35/40P/110/115a/126a	Alimentación y salida digital 24 V _{DC}
23	P8	Sensor fotoeléctrico de la rebobinadora	Máquina	P-01	Pepperl+Fuchs	G12/GV12/37/40b/92	Sensor fotoeléctrico de barrera, salida PNP 24 V _{DC} , led rojo.
24	P9	Sensor de temperatura	Tubería de agua	P-01	Siemens	7MC1027-1AA	1 resistencia PT 100, Desde -30 °C hasta 60 °C, conexión 3 o 4 hilos.
25	Q1	Interruptor de sobrecorriente general del Tablero	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F87350	In = 50 A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
26	Q2	Interruptor de sobrecorriente del Variador de frecuencia del motor principal	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F87316	In = 16A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220 VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
27	Q3	Interruptor de sobrecorriente del Variador de frecuencia del motor de registro	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F87316	In = 16A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220 VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
30	Q4	Interruptor de sobrecorriente de la bomba de lubricación	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F87306	In = 6A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
31	Q5	Interruptor de sobrecorriente de la bomba de vacío	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F87306	In = 6A, 3 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
32	Q6	Interruptor de sobrecorriente y sobrecarga del motor debobinador	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F83201	In = 1 A, 2 polos, Icu = 70kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
33	Q7	Interruptor de sobrecorriente y sobrecarga del motor rebobinador	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F83201	In = 1 A, 2 polos, Icu = 70kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
34	Q8	Interruptor de sobrecorriente y sobrecarga del chiller	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F86206	In = 6 A, 2 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo C, Anexo X
35	Q9	Interruptor de sobrecorriente y sobrecarga de la fuente de 24 VDC	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F83202	In = 2 A, 2 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo B, Anexo X
36	Q10	Interruptor de sobrecorriente y sobrecarga del equipo Led UV	Tablero principal	-	Schneider Electric	iC60H A9F83210	In = 10 A, 2 polos, Icu = 30kA @ 220VAC 60 Hz Curva tipo B, Anexo X
38	S1	Botón de parada de emergencia	Máquina	-	Schmersal	REE2 36/03	Botón de emergencia tipo hongo color rojo, con retención, 36 mm de diámetro, contacto NC
39	S2	Botón de parada de emergencia	Máquina	-	Schmersal	REE2 36/03	Botón de emergencia tipo hongo color rojo, con retención, 36 mm de diámetro, contacto NC
40	S3	Botón de parada de emergencia	Máquina	-	Schmersal	REE2 36/03	Botón de emergencia tipo hongo color rojo, con retención, 36 mm de diámetro, contacto NC
41	S4	Pulsador de jog	Máquina	-	Schmersal	REB 02/16	Pulsador color negro, 22 mm de diámetro, contacto NO
42	S5	Pulsador de jog	Máquina	-	Schmersal	REB 02/16	Pulsador color negro, 22 mm de diámetro, contacto NO
43	S6	Pulsador de jog	Máquina	-	Schmersal	REB 02/16	Pulsador color negro, 22 mm de diámetro, contacto NO
44	S7	Pulsador de apagado general	Máquina	-	Schmersal	REB 02/16	Pulsador color rojo, 22 mm de diámetro, contacto NC
45	S8	Pulsador de encendido general	Máquina	-	Schmersal	REB 02/16	Pulsador color verde, 22mm de diámetro, contacto NO

ANEXO 4B - DIAGRAMA UNIFILAR



Observaciones

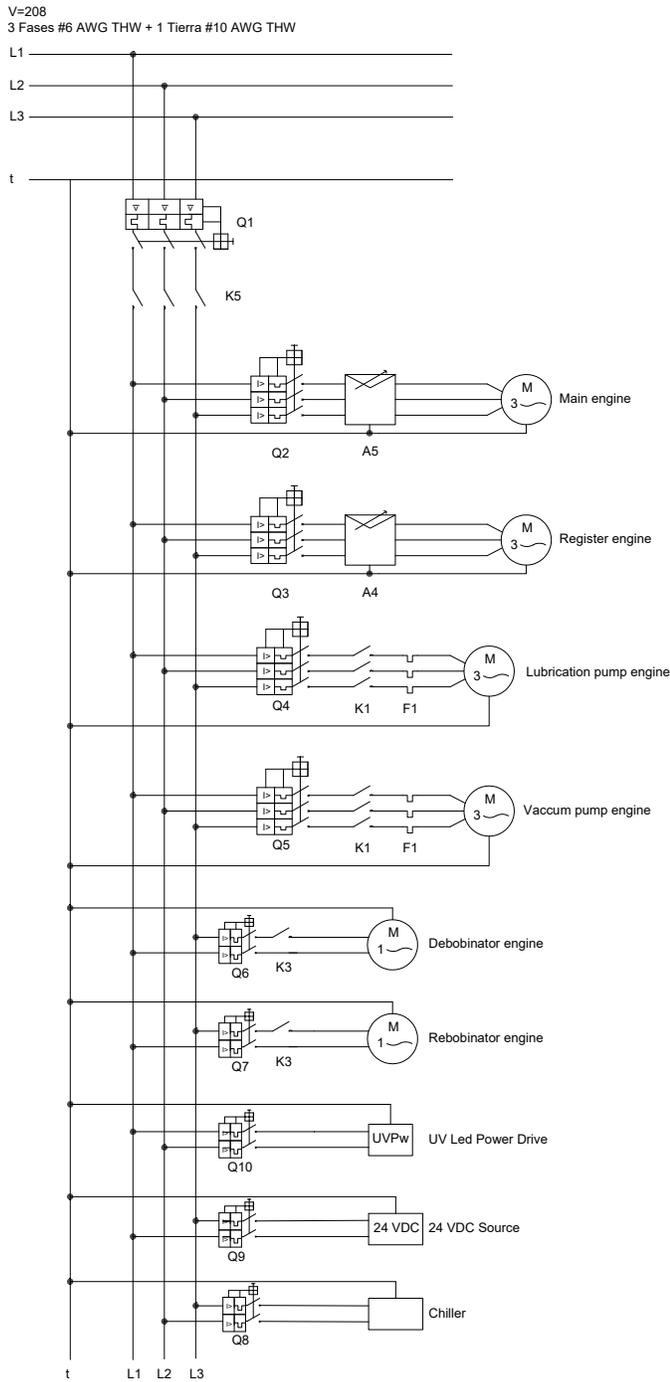
- La simbología corresponde a las indicaciones de la norma IEC 60617
- Todos los conductores son calibre #14 AWG THW salvo que se indique lo contrario en el plano
- L corresponde al alimentador principal
- Las etiquetas indicadas a cada elemento están referenciadas al listado de instrumentos y equipos.
- A continuación se presenta el significado de los símbolos que no aparecen en la norma IEC 60617

	Fuente de poder del módulo LED UV
	Chiller
	Fuente de 24 V _{dc}

JHM Electricidad 2010 C.A. Departamento de Automatización	Trabajo Especial de Grado 2016, Jhonny Martínez, Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III
IE-04 - Diagrama Unifilar	Pag 1/1

ANEXO 4C - DIAGRAMA TRIFILAR

Diagrama trifilar

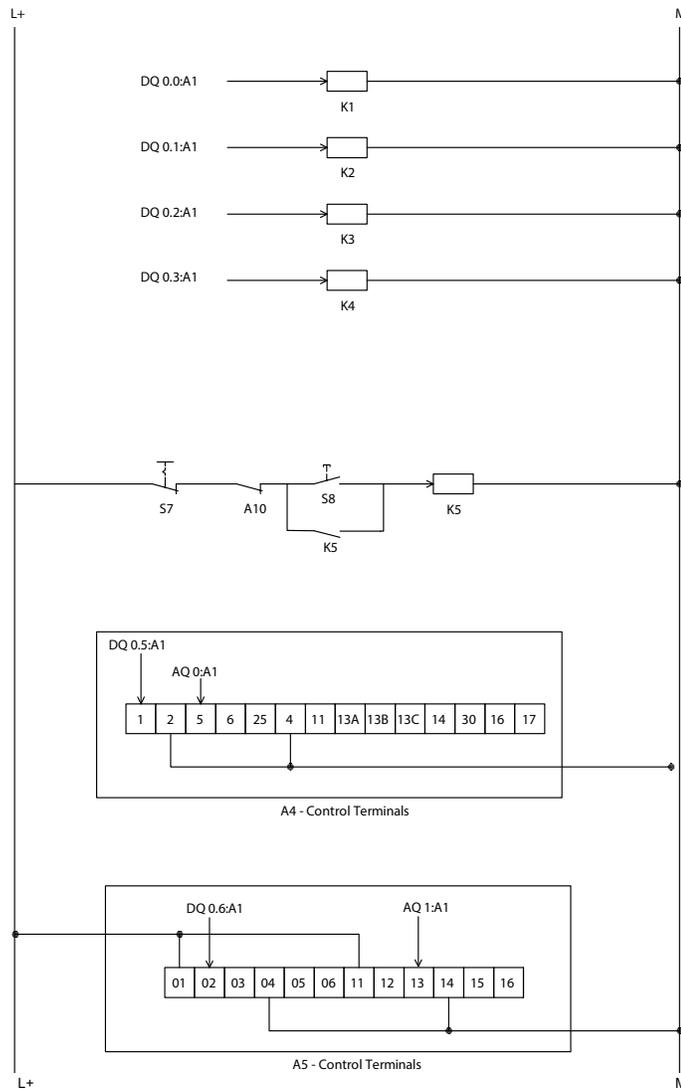


Observaciones

- La simbología corresponde a las indicaciones de la norma IEC 60617
- Todos los conductores son calibre #14 AWG THW salvo que se indique lo contrario en el plano
- L corresponde al alimentador principal
- Las etiquetas indicadas a cada elemento están referenciadas al listado de instrumentos y equipos.
- A continuación se presenta el significado de los símbolos que no aparecen en la norma IEC 60617

UVPw	Fuente de poder del módulo LED UV
Chiller	Chiller
24 V _{DC}	Fuente de 24 V _{DC}

ANEXO 4D - DIAGRAMA DE CONTROL



Observaciones

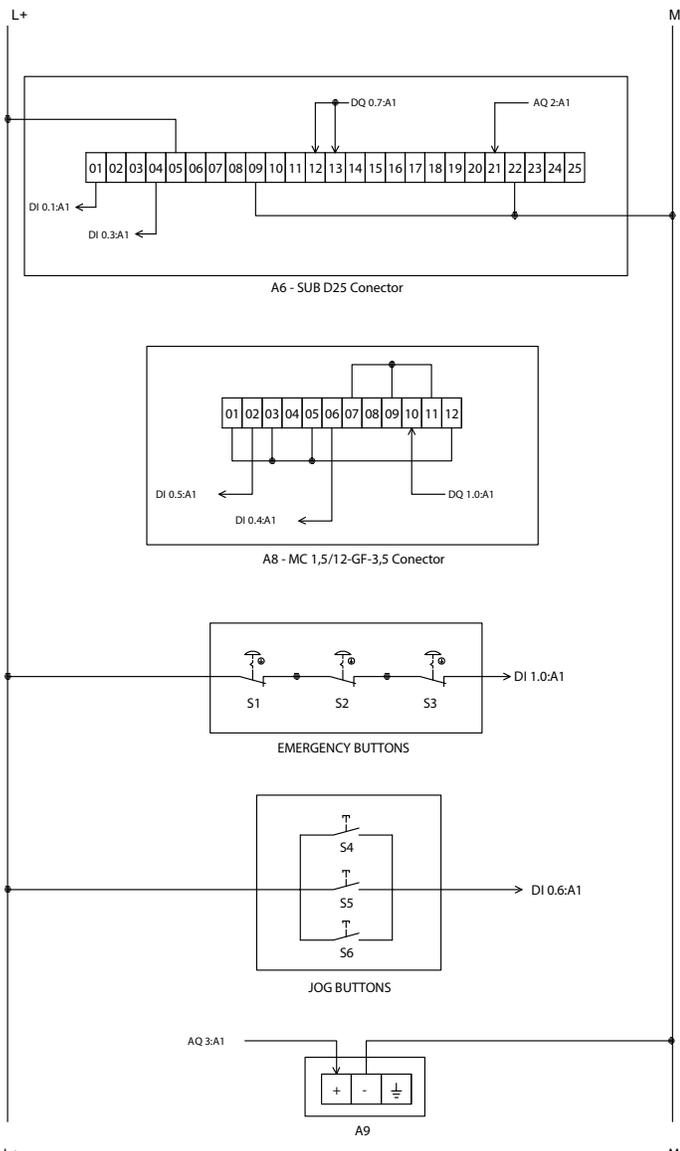
- La simbología corresponde a las indicaciones de la norma IEC 60617

- Para la indicación del destino de cada conductor se coloca primero el terminal al que se dirige, luego dos puntos y después la referencia del instrumento o equipo que se tiene en el listado del Anexo 2.

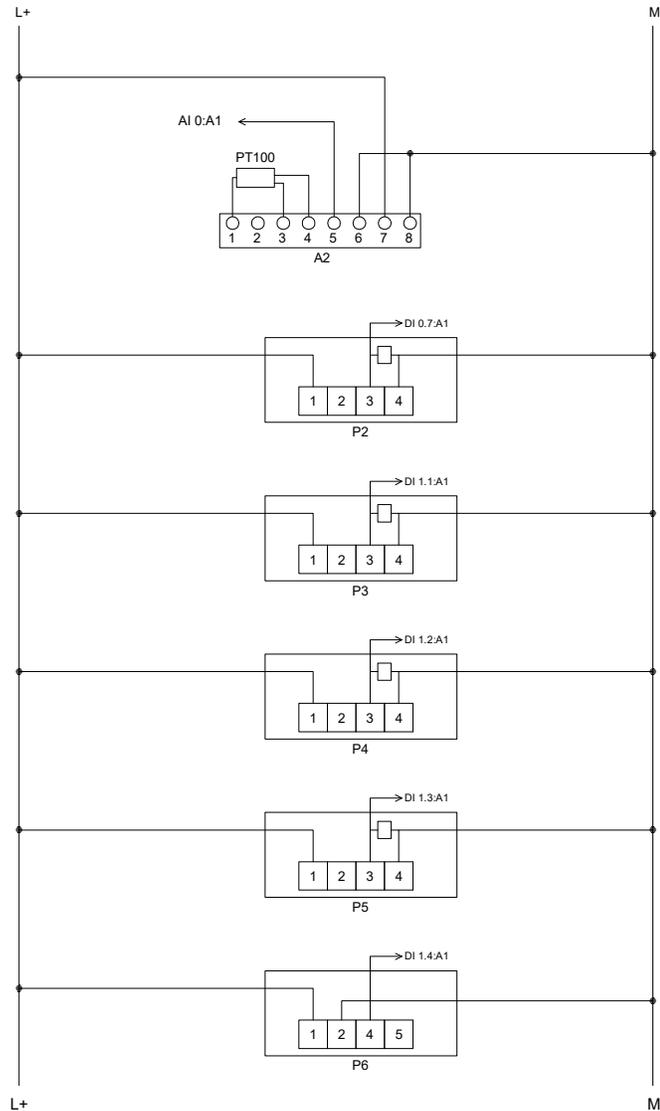
- Las etiquetas indicadas a cada elemento están referenciadas al Listado de equipos e instrumentos.

- L+ y M corresponden a la línea y la masa de la fuente de 24 V_{DC} respectivamente.

- Todos los conductores son de calibre #18 AWG THW salvo que se indique lo contrario o el instrumento ya posea su cableado instalado.



ANEXO 4E - DIAGRAMA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN



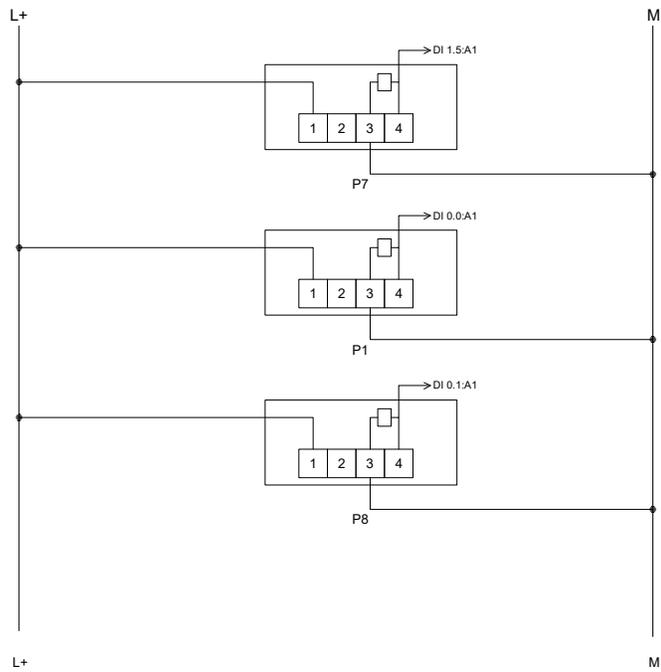
Observaciones

- La simbología corresponde a las indicaciones de la norma IEC 60617

- Para la indicación del destino de cada conductor se coloca primero el terminal al que se dirige, luego dos puntos y después la referencia del instrumento o equipo que se tiene en el listado del Anexo 2.

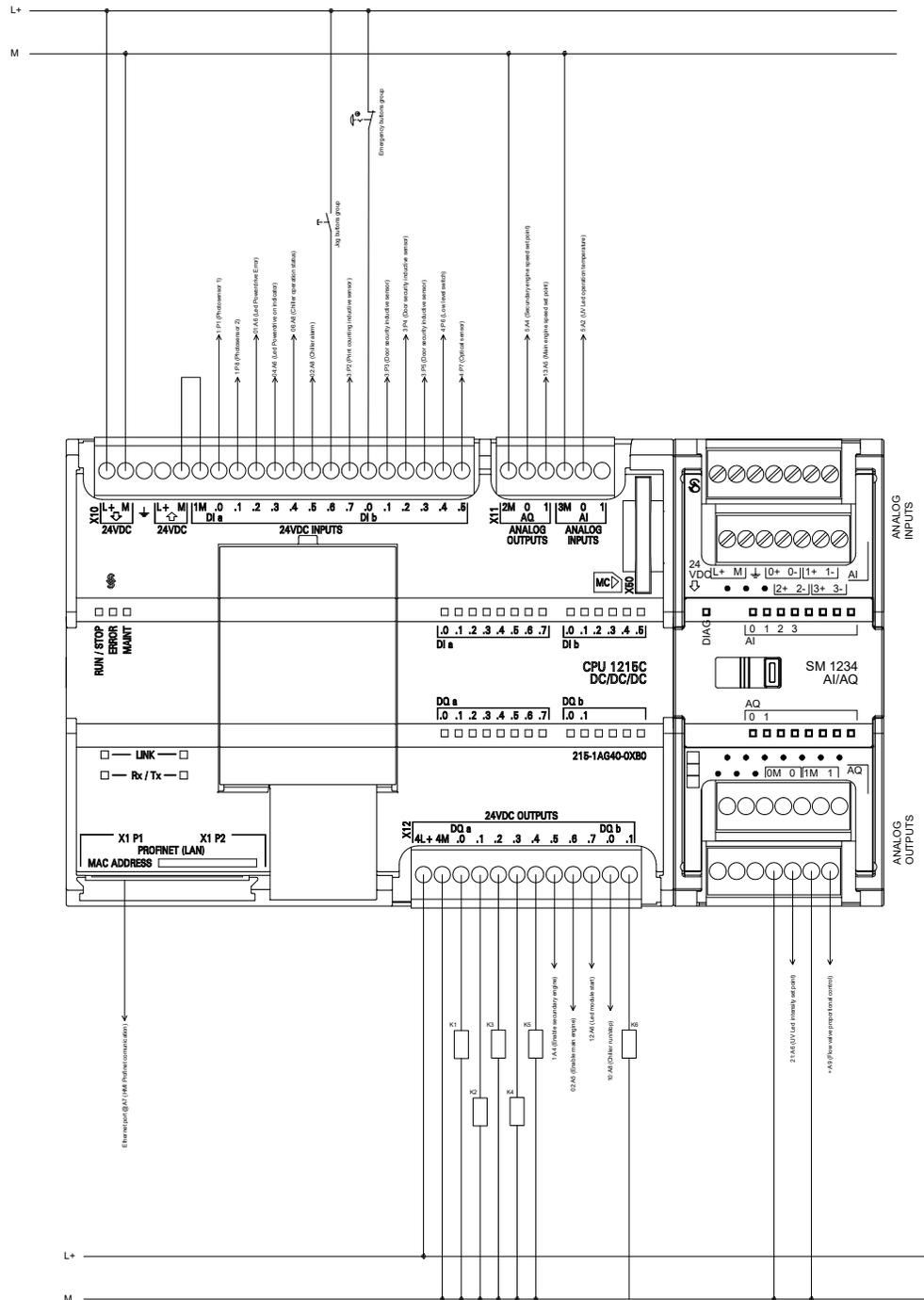
- Las etiquetas indicadas a cada elemento están referenciadas al Listado de equipos e instrumentos.

- L+ y M corresponden a la línea y la masa de la fuente de 24 V_{DC} respectivamente.



JHM Electricidad 2010 C.A. Departamento de Automatización	Trabajo Especial de Grado 2016, Jhonny Martínez, Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III
IE-07 - Diagrama de Medición	Pag 2/2

ANEXO 4F - DIAGRAMA DE DETALLES DE CONEXIÓN DEL PLC



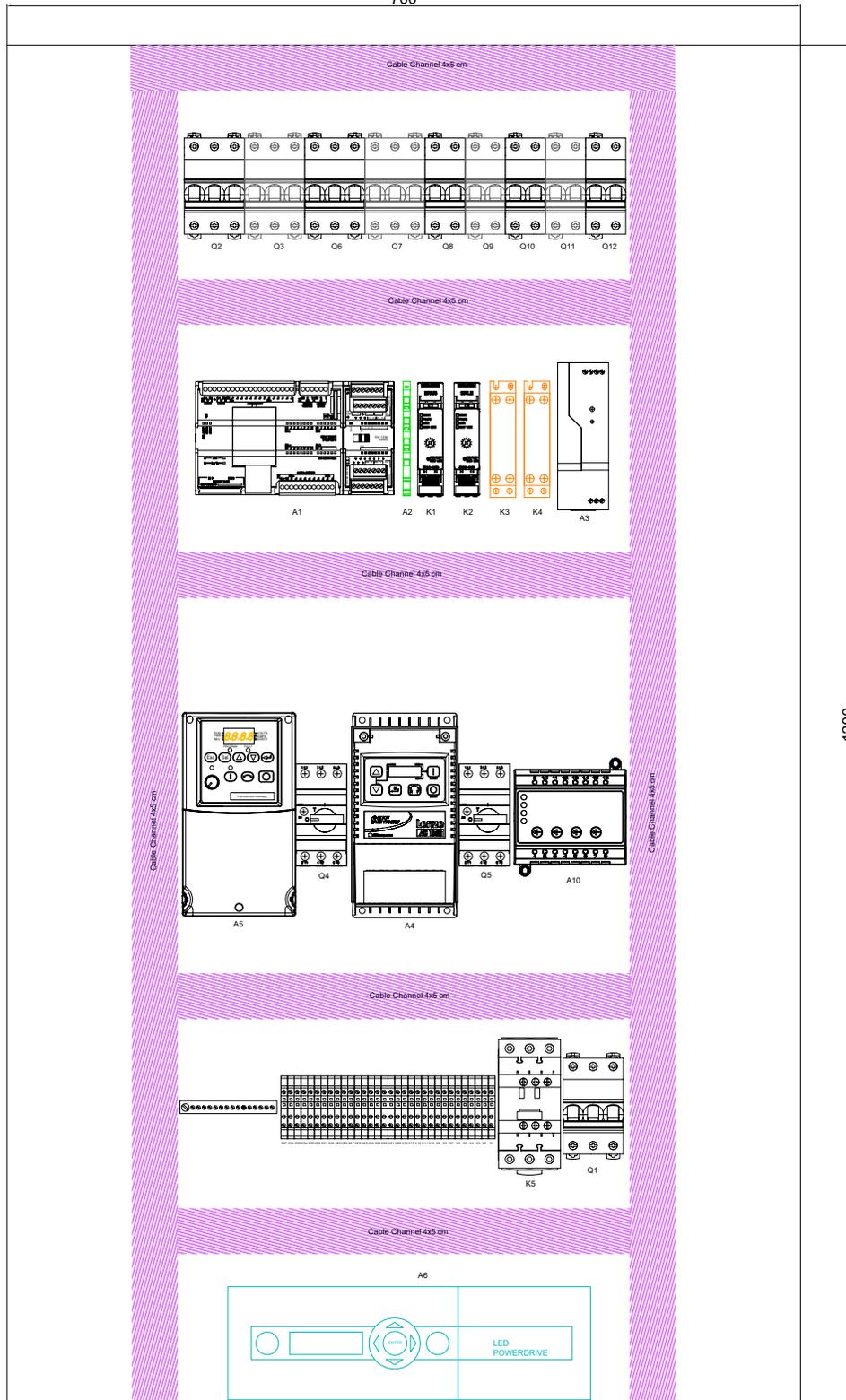
ANEXO 4G - LISTADO DE BORNES

Listado de bornes
Proyecto: Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca Onda modelo OPM-W270III
Lugar: Urb. Filas de Mariche - **Propietario:** Corporación Continental C.A. - **Página:** 1/1

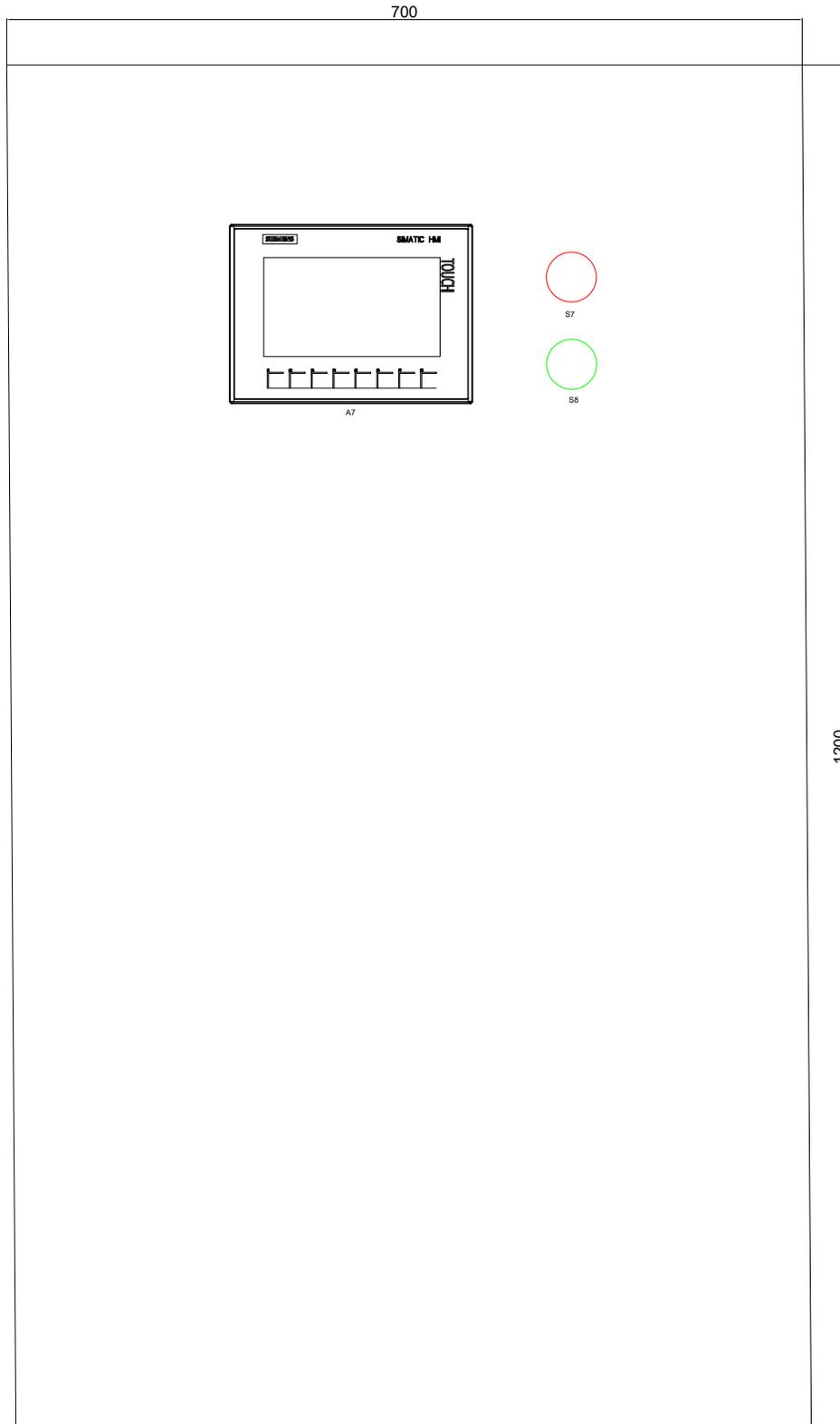
Calibre	ID Cable	Destino aguas arriba	Tipo borne	Borne	Destino aguas abajo	Calibre	ID Cable
#12 AWG THHW	L1	T1:K7	UT4-TWIN HV	X1	L1:A4 - L1:A5	#12 AWG THHW	L1
#12 AWG THHW			UT4-TWIN HV	X2	L1:K1 - L1:K2	#12 AWG THHW	L1
			UT4-TWIN HV	X3	L1:K3 - L1:K4	#12 AWG THHW	L1
			UT4-TWIN HV	X4	01:F5 - L:A3	#12 AWG THHW	L1
			UT4-TWIN HV	X5	01:S7		
#12 AWG THHW	L2	T2:K7	UT4-TWIN HV	X6	L2:A4 - L2:A5	#12 AWG THHW	L2
#12 AWG THHW			UT4-TWIN HV	X7	L2:K1 - L2:K2	#12 AWG THHW	L2
			UT4-TWIN HV	X8	L1:A8 - L1:A6	#12 AWG THHW	L2
			UT4-TWIN HV	X9	A2:K7		
#12 AWG THHW	L3	T3:K7	UT4-TWIN HV	X10	L3:A4 - L3:A5	#12 AWG THHW	L3
#12 AWG THHW			UT4-TWIN HV	X11	L3:K1 - L3:K2	#12 AWG THHW	L3
			UT4-TWIN HV	X12	01:F3 - 01:F4	#12 AWG THHW	L3
			UT4-TWIN HV	X13	N:A3 - 01:F6	#12 AWG THHW	L3
#10 AWG THHW	GDN	Tierra del Alimentador	Barra de Tierra		GND:A4 - GND:A5	#12 AWG THHW	GND
					GND:M3 - GND:M4	#12 AWG THHW	GND
					GND:M5 - GND:M6	#12 AWG THHW	GND
					GND:A6 - GND:A3	#12 AWG THHW	GND
					GND:A8	#12 AWG THHW	GND
#18 AWG THHW	L+	L+:A3	UT4-TWIN HV	X19	01:A5 - 05:A6	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X20	01:S1 - 01:S4	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X21	01:S5 - 01:S6	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X22	07:A2 - 1:P1	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X23	1:P2 - 1:P3	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X24	1:P4 - 1:P5	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X25	1:P6 - 1:P7	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X26	1:P8	#18 AWG THHW	L+
#18 AWG THHW	M	M:A3	UT4-TWIN HV	X27	3:P1 - 2:A4	#18 AWG THHW	L+
			UT4-TWIN HV	X29	4:A5 - 9:A6	#18 AWG THHW	M
			UT4-TWIN HV	X30	N:A9 - 3:P8	#18 AWG THHW	M
			UT4-TWIN HV	X31	4:P2 - 4:P3	#18 AWG THHW	M
			UT4-TWIN HV	X32	4:P4 - 4:P5	#18 AWG THHW	M
			UT4-TWIN HV	X33	2:P6 - 3:P7	#18 AWG THHW	M
#18 AWG THHW	Em	02:S1	UT4-TWIN HV	X34	01:S2	#18 AWG THHW	Em
#18 AWG THHW	Em	02:S2	UT4-TWIN HV	X35	01:S3	#18 AWG THHW	Em
#18 AWG THHW	J	02:S4 - 02:S5	UT4-TWIN HV	X36	D10:6:A1	#18 AWG THHW	J
			UT4-TWIN HV	X37	02:S6	#18 AWG THHW	J

ANEXO 4I - VISTA INTERIOR DEL TABLERO

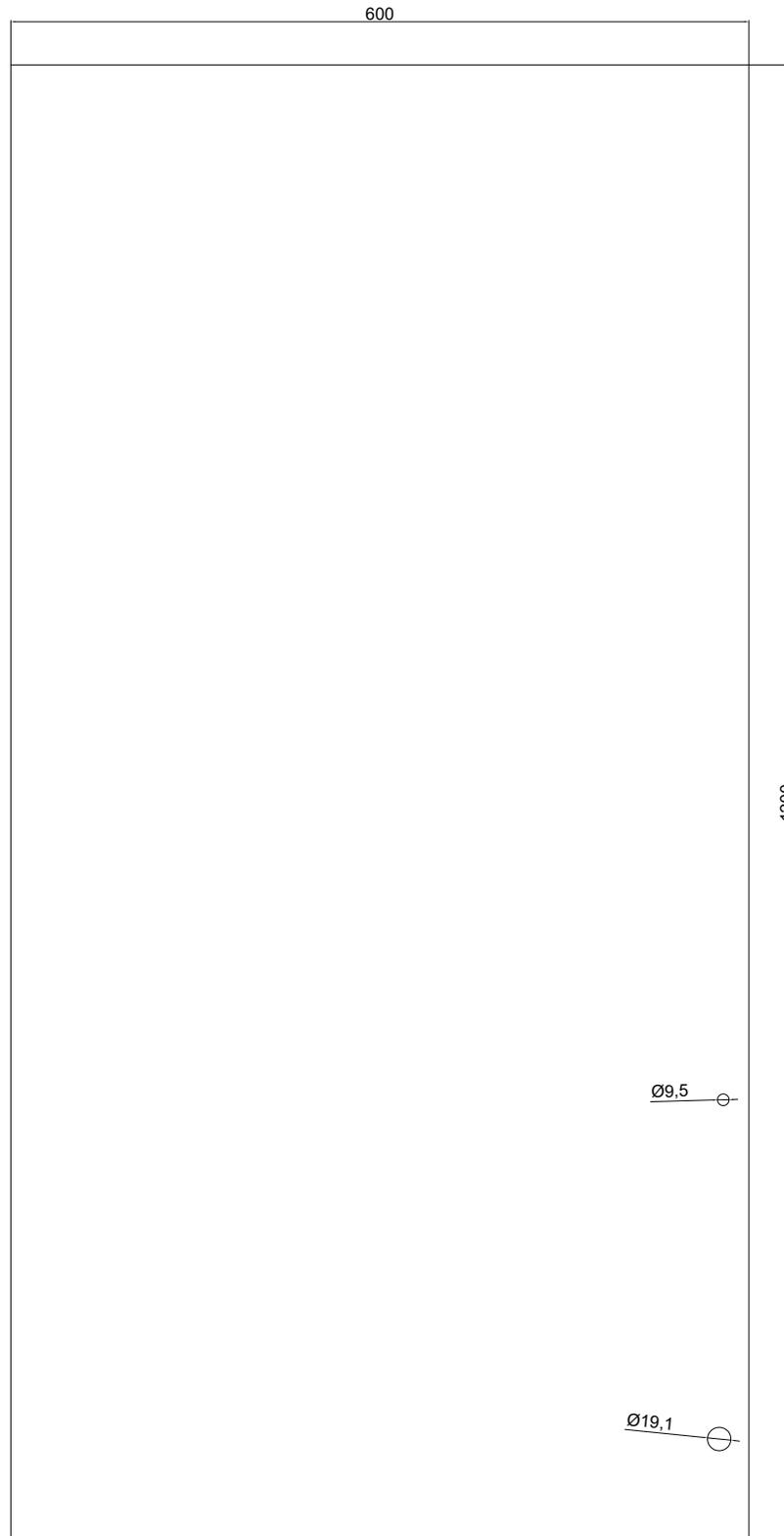
700



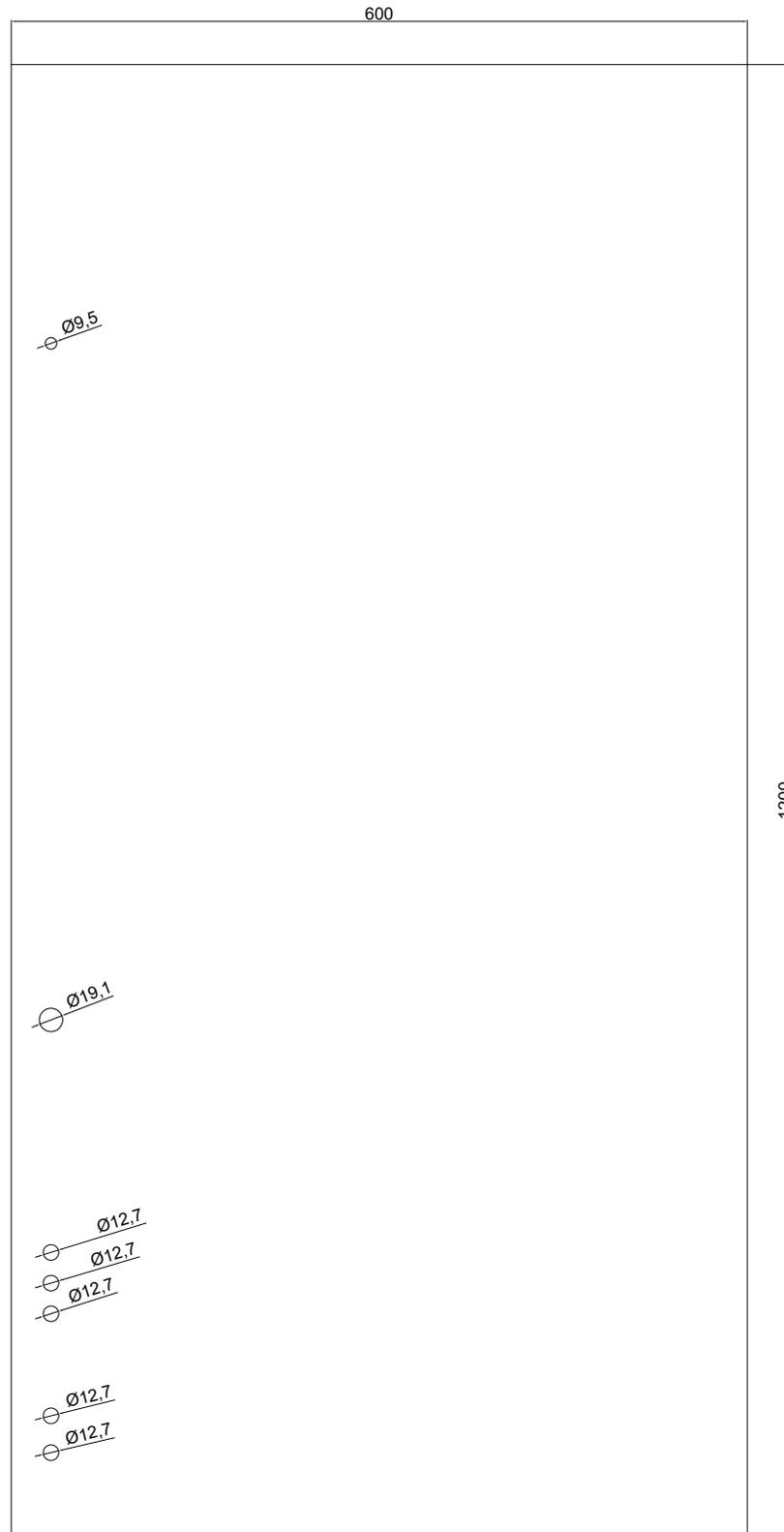
ANEXO 4J - VISTA FRONTAL DEL TABLERO



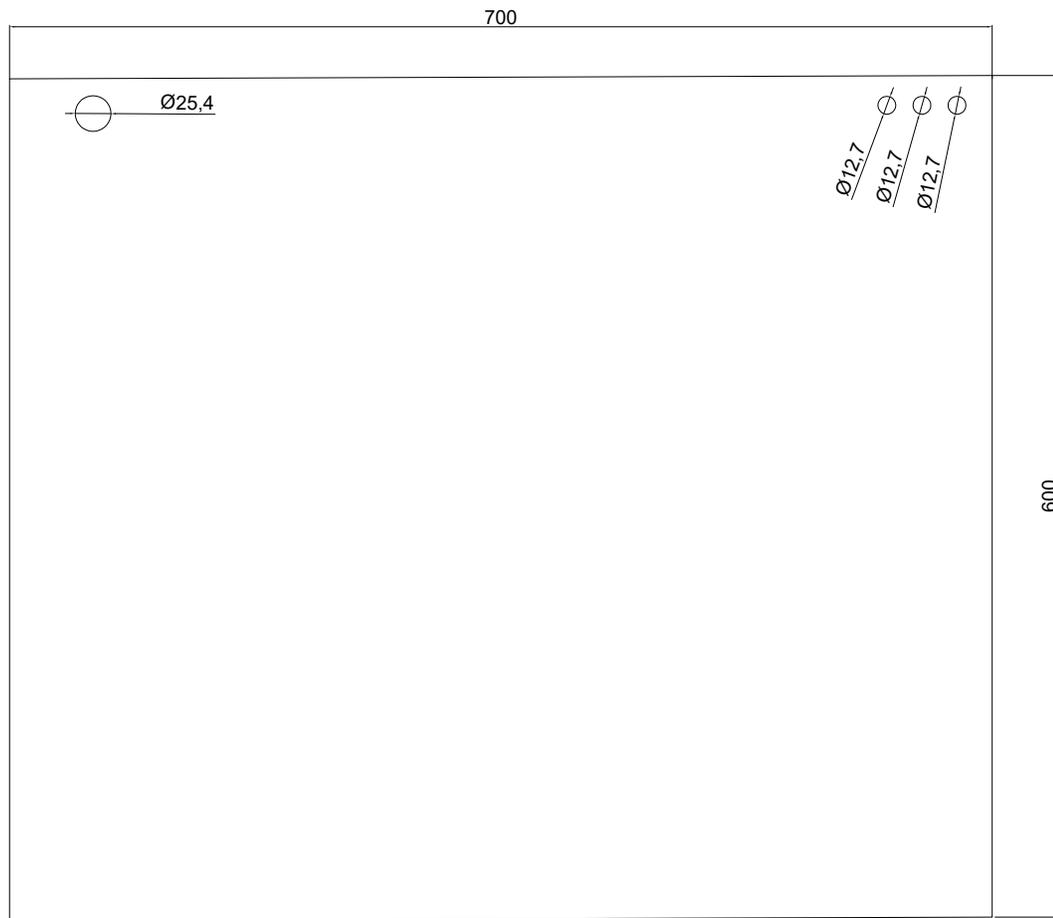
ANEXO 4K - VISTA LATERAL DERECHA DEL TABLERO



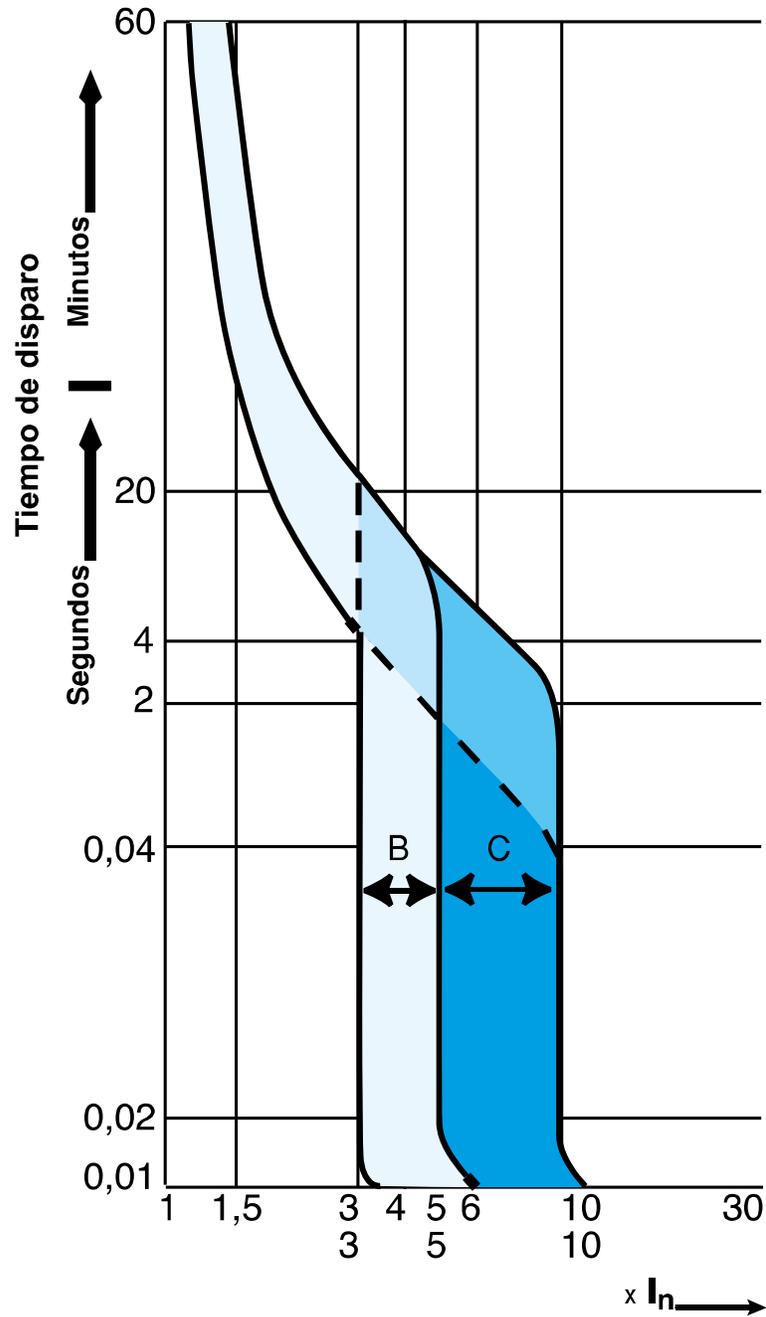
ANEXO 4L - VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL TABLERO



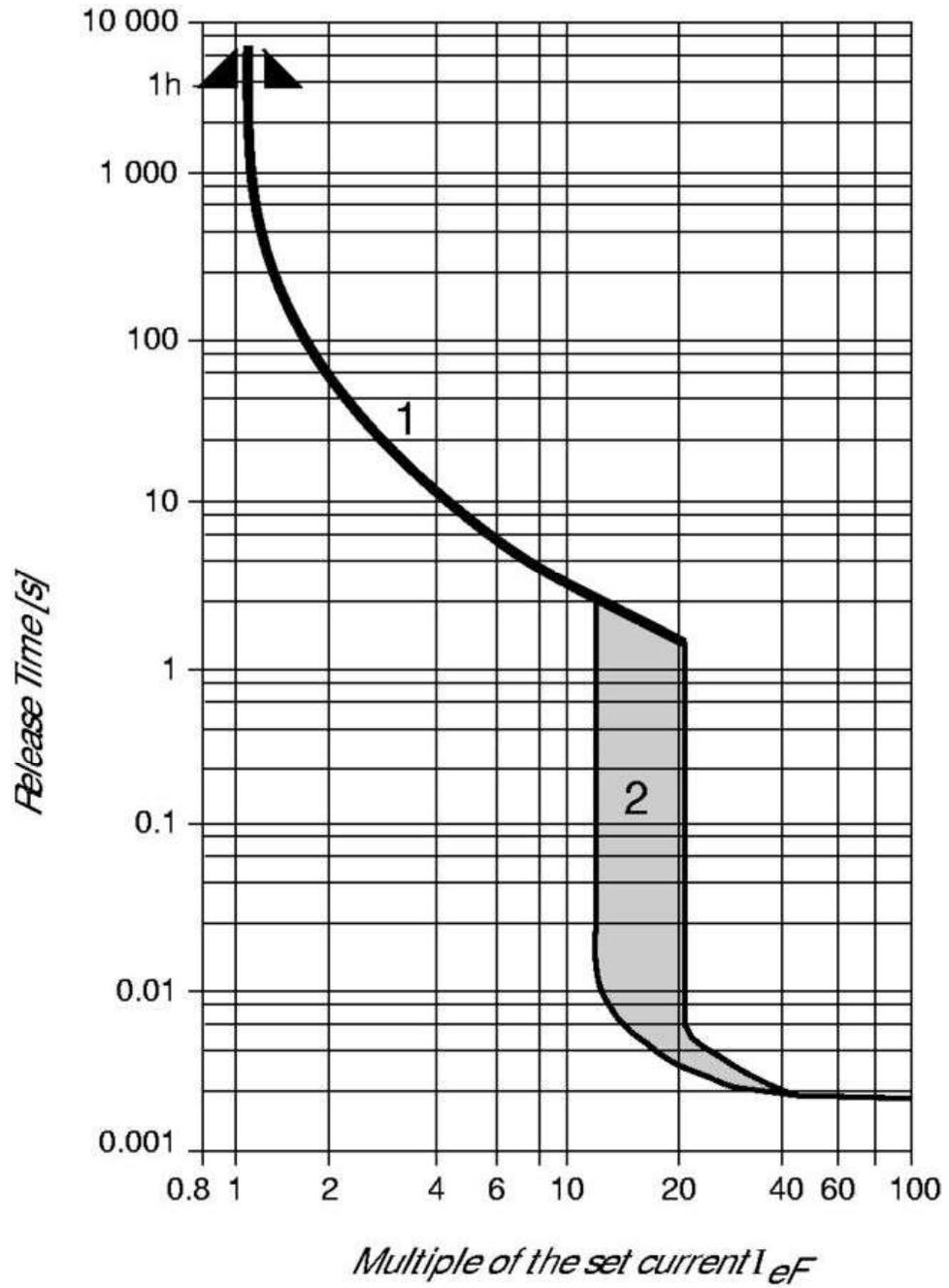
ANEXO 4M - VISTA INFERIOR DEL TABLERO



**ANEXO 5 - DETALLES DE LAS
PROTECCIONES ELÉCTRICAS
ANEXO 5A - CURVAS TIEMPO-CORRIENTE
TIPO B Y C PARA INTERRUPTORES
AUTOMÁTICOS DE TIEMPO INVERSO**



**ANEXO 5B - CURVA TIEMPO-CORRIENTE
PARA LOS DISYUNTORES PROTECTORES
DE MOTORES UTILIZADOS**



ANEXO 5C - DATOS TÉCNICOS DEL FABRICANTE DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS SELECCIONADOS

Interruptores automáticos termomagnéticos

iC60H

IEC 60898:10000 A / IEC 60947-2: 15 kA curvas B, C y D

Nuevo

1 Distribución terminal

Tipo	In (A)	Referencias Curvas B	C	D	Ancho en polos 5mm
1P 1 polo protegido	0,5	A9F84170	A9F85170	2	
	1	A9F84101	A9F85101		
	2	A9F84102	A9F85102		
	3	A9F84103	A9F85103		
	4	A9F84104	A9F85104		
	6	A9F86106	A9F87106	A9F85106	
	10	A9F86110	A9F87110	A9F85110	
	16	A9F86116	A9F87116	A9F85116	
	20	A9F86120	A9F87120	A9F85120	
	25	A9F86125	A9F87125	A9F85125	
	32	A9F86132	A9F87132	A9F85132	
	40	A9F86140	A9F87140	A9F85140	
	50	A9F86150	A9F87150	A9F85150	
63	A9F86163	A9F87163	A9F85163		
2P 2 polos protegidos	0,5	A9F84270	A9F85270	4	
	1	A9F84201	A9F85201		
	2	A9F84202	A9F85202		
	3	A9F84203	A9F85203		
	4	A9F84204	A9F85204		
	6	A9F86206	A9F87206	A9F85206	
	10	A9F86210	A9F87210	A9F85210	
	16	A9F86216	A9F87216	A9F85216	
	20	A9F86220	A9F87220	A9F85220	
	25	A9F86225	A9F87225	A9F85225	
	32	A9F86232	A9F87232	A9F85232	
	40	A9F86240	A9F87240	A9F85240	
	50	A9F86250	A9F87250	A9F85250	
63	A9F86263	A9F87263	A9F85263		
3P 3 polos protegidos	0,5	A9F84370	A9F85370	6	
	1	A9F84301	A9F85301		
	2	A9F84302	A9F85302		
	3	A9F84303	A9F85303		
	4	A9F84304	A9F85304		
	6	A9F86306	A9F87306	A9F85306	
	10	A9F86310	A9F87310	A9F85310	
	16	A9F86316	A9F87316	A9F85316	
	20	A9F86320	A9F87320	A9F85320	
	25	A9F86325	A9F87325	A9F85325	
	32	A9F86332	A9F87332	A9F85332	
	40	A9F86340	A9F87340	A9F85340	
	50	A9F86350	A9F87350	A9F85350	
63	A9F86363	A9F87363	A9F85363		
4P 4 polos protegidos	0,5	A9F84470	A9F85470	8	
	1	A9F84401	A9F85401		
	2	A9F84402	A9F85402		
	3	A9F84403	A9F85403		
	4	A9F84404	A9F85404		
	6	A9F86406	A9F87406	A9F85406	
	10	A9F86410	A9F87410	A9F85410	
	16	A9F86416	A9F87416	A9F85416	
	20	A9F86420	A9F87420	A9F85420	
	25	A9F86425	A9F87425	A9F85425	
	32	A9F86432	A9F87432	A9F85432	
	40	A9F86440	A9F87440	A9F85440	
	50	A9F86450	A9F87450	A9F85450	
63	A9F86463	A9F87463	A9F85463		

- Los iC60H son interruptores automáticos que combinan las siguientes funciones:
 - Protección de circuitos contra corrientes de cortocircuito.
 - Protección de circuitos contra corrientes de sobrecarga.
 - Adecuados para aislamiento industrial según la norma IEC 60947-2.
 - Señalización de defecto mediante un indicador mecánico situado en la parte frontal del interruptor automático.
 - Distribución terminal terciario e industrial.

Corriente alterna (CA) 50/60 Hz				
Poder de corte (Icu) según IEC 60947-2				
Tensión (Ue)				
I/F (2P, 3P, 4P)	12 a 132 V	220 a 240 V	380 a 415 V	440 V
F/N (1P, 1P+N)	12 a 60 V	100 a 133 V	220 a 240 V	-
Calibre (In) 0,5 a 4 A	70 kA	70 kA	70 kA	50 kA
	42 kA	30 kA	15 kA	10 kA
50/63 A	42 kA	-	15 kA	10 kA
	42 kA	-	15 kA	10 kA
Poder de corte (Ics) según IEC 60947-2				
Tensión (Ue)				
I/F	400 V			
F/N	230 V			
Calibre (In) 0,5 a 63 A	10.000 A			
Corriente continua (CC)				
Poder de corte (Icu) según IEC 60947-2				
Tensión (Ue)				
Entre +/-	12 a 72 V	100 a 133 V	220 a 250 V	
Número de polos	1P	2P (en serie)	3P (en serie)	4P (en serie)
Calibre (In) 0,5 a 63 A	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA

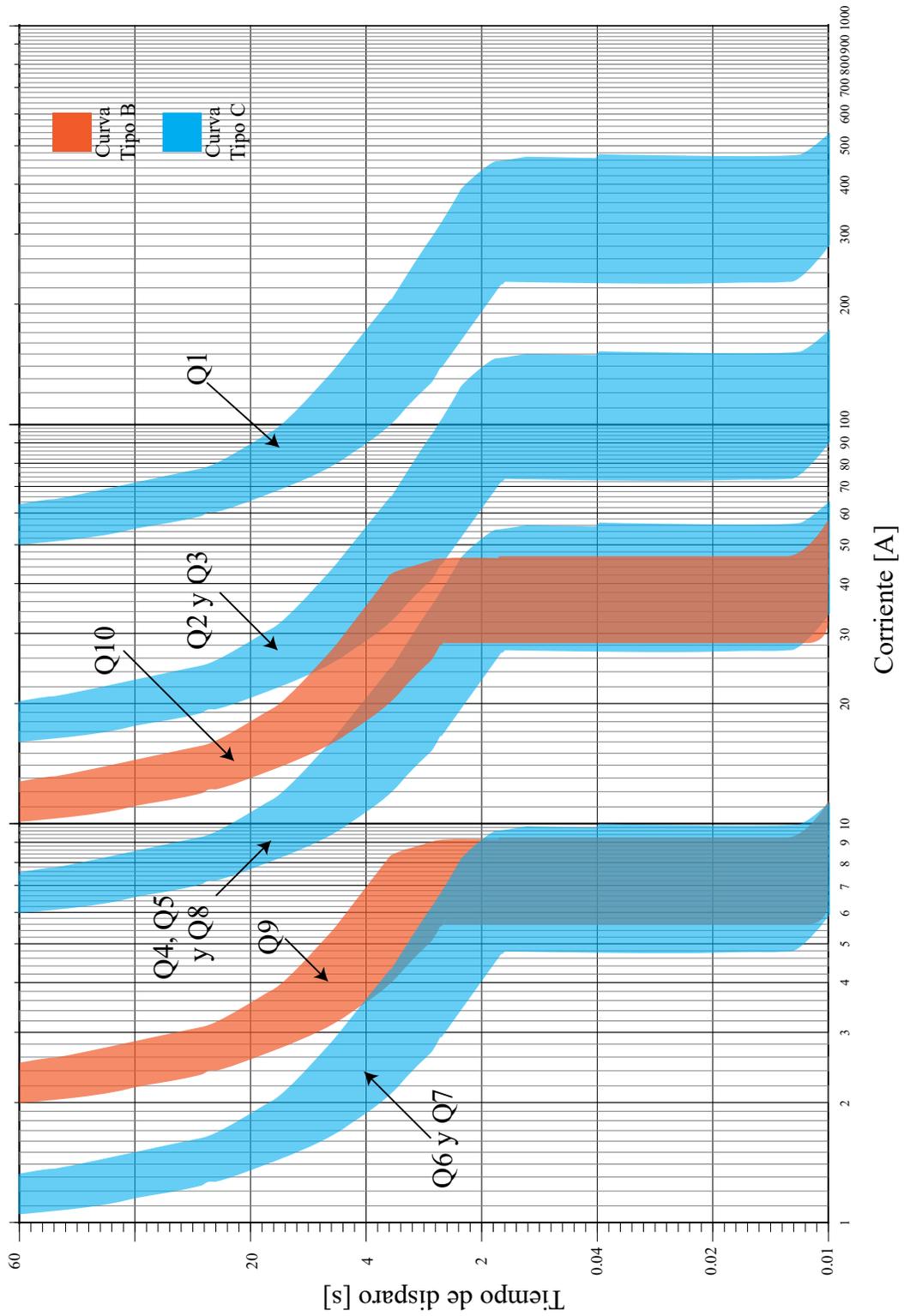
- Aumento de la vida útil del producto gracias a las siguientes características:
 - Alta resistencia a sobretensiones gracias a un diseño industrial de alto nivel (grado de contaminación, tensión asignada impulsional y tensión asignada de aislamiento).
 - Alto poder de limitación (ver curvas de limitación).
 - Cierre brusco independientemente de la velocidad de actuación de la maneta.
 - Indicación, apertura, cierre y disparo remotos mediante contactos auxiliares opuestos.
 - Alimentación eléctrica superior o inferior.

Características principales	
Según la norma IEC 60947-2	
Tensión asignada de aislamiento (Ui)	500 V CA
Grado de contaminación	3
Tensión asignada impulsional (Uimp)	6 kV
Disparo térmico	Temperatura de referencia 50 °C
	Degradación por temperatura Ver capítulo 10
Disparo magnético	Curva B 4 In ±20%
	Curva C 8 In ±20%
	Curva D 12 In ±20%
Categoría de utilización	A
Según la norma IEC 60947-1	
Clase de limitación	3
Poder de corte y conexión nominal de un polo individual (Icn1)	Icn1 = Icn
Características adicionales	
Grado de protección (IEC 60529)	Dispositivo únicamente IP20
	Dispositivo en cofre modular IP40
Endurencia (apertura-cierre)	Eléctrica 10.000 ciclos
	Mecánica 20.000 ciclos
Categoría de sobretensión (IEC 60384)	IV
Temperatura de funcionamiento	-35 °C a +70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +85 °C
Tropicalización (UNE-EN 60068-1)	Tratamiento 2 (humedad relativa 95% a 55 °C)

Peso (g)	
Interruptor automático	
Tipo	iC60H
1P	125
2P	250
3P	375
4P	500

Dimensiones: CAP 12
Complementos técnicos: CAP 10

ANEXO 5D - CURVAS TIEMPO-CORRIENTE DE LAS PROTECCIONES SELECCIONADAS



ANEXO 6 - DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS

ANEXO 6A - DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO DE BARRERA



Sensor fotoeléctrico de barrera, unidireccional

G12/GV12/37/40b/92

Datos técnicos

Componentes del sistema

Emisor	G12/92
Receptor	GV12/37/40b/92

Datos generales

Distancia útil operativa	0 ... 5000 mm
Rango de ajuste	250 ... 5000 mm
Objeto de referencia	receptor
Emisor de luz	LED
Tipo de luz	Luz alterna, roja, 660 nm
Salida de luz	frontal
Límite de luz extraña	20000 Lux

Elementos de indicación y manejo

Indicación de la función	LED amarillo: Estado de conmutación
Elementos de mando	Regulador de sensibilidad, receptor

Datos eléctricos

Tensión de trabajo	U_B	10 ... 30 V CC
Rizado		10 %
Corriente en vacío	I_0	≤ 20 mA
Retardo a la disponibilidad	t_v	≤ 25 ms

Entrada

Entrada de control	Conmutación claro: +UB Conmutación oscuro: 0 V
--------------------	---

Salida

Tipo de conmutación	conmutación claro/oscuro	
Señal de salida	1 salida PNP, prot. ctra. cortocircuito, prot. ctra. inversión de polaridad, colector abierto	
Tensión de conmutación	máx. 30 V CC	
Corriente de conmutación	máx. 300 mA	
Caída de tensión	U_d	≤ 3 V
Frecuencia de conmutación	f	≤ 500 Hz
Tiempo de respuesta		≤ 1 ms

Conformidad con estándar

Estándar	EN 60947-5-2
----------	--------------

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente	-25 ... 55 °C (-13 ... 131 °F)
Temperatura de almacenaje	-40 ... 70 °C (-40 ... 158 °F)

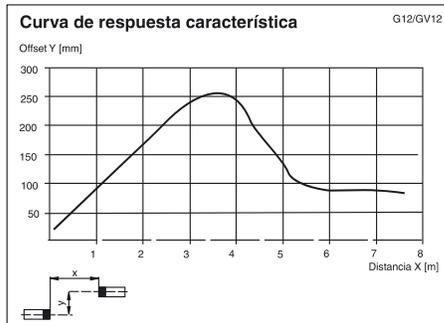
Datos mecánicos

Tipo de protección	IP67
Conexión	Conec. macho M12 x 1, 4 polos
Material	
Carcasa	latón, niquelado
Salida de luz	PMMA
Masa	15 g (por aparato)

Autorizaciones y Certificados

Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤ 36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.
Certificados	CE

Curvas/Diagramas



Accessories

BF 12

Brida de fijación, 12 mm

BF 12-F

Brida de fijación con tope fijo, 12 mm

BF 5-30

Ayudas de montaje universal para sensores cilíndricos con diámetro 5 ... 30 mm

V1-G-2M-PUR

Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR

V1-W-2M-PUR

Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR

Pueden encontrarse otros accesorios en Internet.

Fecha de publicación: 2015-11-19 15:35 Fecha de edición: 2015-11-19 094942_sps.xml

ANEXO 6B - DATOS TÉCNICOS DEL CONTACTOR TRIFÁSICO PARA LAS BOMBAS

SIEMENS

Hoja de datos

3RM1107-1AA04

ARRANC. MOTOR SIRIUS 3RM1 ARRANC. DIREC. SAFETY 500 V; 1,6 - 7,0 A; 24 V DC BORNES DE TORNILLO



Figura similar

Datos técnicos generales:	
Nombre comercial del producto	SIRIUS
Designación del producto	Arrancador de motor
Tipo de producto	con protección electrónica de sobrecarga y desconexión de seguridad
Clase de disparo	CLASS 10A
Grado de protección IP	IP20
Aptitud de uso Base de interconexión 3ZY12	Sí
Función del producto autoprotección electrónica del aparato	Sí
Tipo de protección de motor	electrónico
Función del producto limitación de corriente ajustable	Sí
Altitud de instalación con altura sobre el nivel del mar máx.	2 000 m
Temperatura ambiente	
• durante el funcionamiento	-25 ... +60 °C
• durante el transporte	-40 ... +70 °C
• durante el almacenamiento	-40 ... +70 °C
humedad relativa del aire durante el funcionamiento	10 ... 95 %

Tasa de fallos [valor FIT] con tasa de fallos peligrosos no detectables (Adu)	16 FIT
Protección de contacto directo contra descarga eléctrica	a prueba de contacto involuntario con los dedos
Retardo a la desconexión con exigencia de seguridad con desconexión vía entradas de mando máx.	65 ms
Retardo a la desconexión con exigencia de seguridad con desconexión vía tensión de alimentación máx.	120 ms

ATEX

Tolerancia a fallos de hardware según IEC 61508 referido a ATEX	0
PFDavg con baja tasa de demanda según IEC 61508 referido a ATEX	0,0005
PFHD con alta tasa de demanda según EN 62061 referido a ATEX	0,00000005 1/h
Nivel de integridad de la seguridad (SIL) según IEC 61508 referido a ATEX	SIL2
Valor T1 para intervalo entre pruebas o vida útil según IEC 61508 referido a ATEX	3 y

Circuito de corriente principal:

Número de polos para circuito principal	3
Tensión de empleo valor asignado máx.	500 V
tolerancia simétrica relativa de la tensión de empleo	10 %
Frecuencia de empleo	
• 1 valor asignado	50 Hz
• 2 valor asignado	60 Hz
tolerancia simétrica relativa de la frecuencia de empleo	10 %
Intensidad de empleo con AC-53a con 400 V con temperatura ambiente de 40 °C valor asignado	7 A
Temperatura de reducción de potencia (derating)	40 °C
Carga mínima [% de IM]	20 %
Valor de respuesta ajustable para corriente del disparador de sobrecarga dependiente de la corriente	1,6 ... 7 A
Potencia de empleo para motor trifásico con 400 V con 50 Hz	0,55 ... 3 kW
Frecuencia de maniobra máx.	1 1/s

Circuito de control/ Control por entrada:

Tipo de corriente de la alimentación de tensión de mando	DC
Tensión de alimentación del circuito de mando 1	

ANEXO 6C - DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO

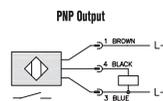
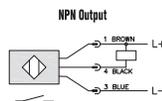
Prices as of April 16, 2014. Check Web site for most current prices.

AM Series Inductive Proximity Sensors

AM Series Specifications					
Mounting Type	Standard Distance Models		Extended Distance Models		Triple Distance Models
	Shielded	Unshielded	Shielded	Unshielded	Shielded
Nominal Sensing Distance	2 mm (0.079 in)	4 mm (0.157 in)	4 mm (0.157 in)	8 mm (0.315 in)	6 mm (0.236 in)
Operating Distance	N/A				
Material Correction Factors	See Material Influence table #1 later in this section			See Material Influence table #2 later in this section	
Output Type	NPN or PNP/N.O. only/3-wire				
Operating Voltage	10 to 30 VDC				
No-load Supply Current	≤20mA				≤10mA
Operating (Load) Current	3-wire: ≤200mA / 2-wire: 3-100mA		3-wire: ≤200mA / 2-wire: 3-100mA		≤200mA
Off-state (Leakage) Current	3-wire: ≤10µA / 2-wire: ≤0.8mA		3-wire: ≤120µA / 2-wire: ≤0.8mA		≤100µA
Voltage Drop	3-wire: 1.2 volts max. / 2-wire: 2.8 volts max.				≤2.0 V
Switching Frequency	3-wire: 2kHz / 2-wire: 1.5 kHz		3-wire: 2kHz / 2-wire: 1 kHz		800 Hz
Differential Travel (% of Nominal Distance)	2 to 10%				1 to 20
Repeat Accuracy	≤2%				≤5%
Ripple	≤10%				≤20%
Time Delay Before Availability (tv)	3-wire: 100ms / 2-wire: 50ms				100 ms
Reverse Polarity Protection	Yes				
Short-Circuit Protection	Yes (switch auto-resets after overload is removed)				
Operating Temperature	-25° to +70°C (-13° to 158°F)				
Protection Degree (DIN 40050)	IEC IP67				
Indication/Switch Status	Yellow (output energized)				
Housing Material	Nickel-plated brass			Chrome-plated brass	
Sensing Face Material	Polybutylene Terephthalate (PBT)				
Shock/Vibration	See terminology section				
Tightening Torque	10 Nm (7.37 lb-ft)				
Weight (cable/M12 connector)	70 g (2.47 oz)/30 g (1.06 oz)			96 g (3.39 oz)/34 g (1.2 oz)	
Connection	2 meter PVC axial cable / M12 connector				
Agency Approvals	N/A			UL file E328811	

Wiring diagrams

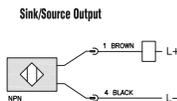
Diagram 1



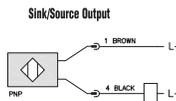
Connector



Diagram 2



Wiring diagram when sensor is wired in sinking mode used with a sourcing module.



Wiring diagram when sensor is wired in sourcing mode used with a sinking module.

Note: Negative (-) lead is Black on M12 quick disconnect cables and Blue on axial cables.

ANEXO 6D - DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE NIVEL BAJO CAPACITIVO

Specifications

Electrical/Instrument

Power

standard: 10 – 33V dc
intrinsically safe: 10 – 30V dc

Alarm Output:

mA: 4/20 mA loop or 20/4 mA 2-wire loop
solid state switch: standard:

- 40 Vdc / 28 Vac
- 100 mA max
- 2 VA max

intrinsically safe:

- 30V dc

repeatability: 2mm (0.08")
mode: high or low

Mechanical

common: probe / wetted, 316 stainless steel process connection and Kynar^{®1} sensor

cable version:

- body / housing, 316 stainless steel
- process connection, 3/4" NPT or 1" BSPT
- 1m (3.3 ft) of 4 conductor, 22 AWG, shielded, polyester jacket

enclosure version:

- body: impact proof ABS
- lid: translucent ABS
- internal 5-point terminal block
- 1/2" NPT wiring entrance (PG 13 on special order)

Environmental

location: indoor/outdoor
altitude: 2000m max
ambient temperature: -40 to 85 °C (-40 to 185 °F)
ingress protection: Type 4X / NEMA 4X / IP65
installation category: II
pollution degree: 4

Process

dielectric constant (ϵ_r): 1.5 min
temperature: -40 to 110 °C (-40 to 230 °F)
pressure (vessel): 0 absolute to 1000 kPa (10 bar or 146 psi) gauge, nominal

¹ Kynar is a registered trade mark of ELF Atochem

ANEXO 6E - DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA PRINCIPAL

PowerFlex 4 and 40 Technical Data

Use the chart below to assist in determining which product is most appropriate for an application.

Feature	PowerFlex[®] 4	PowerFlex[®] 40
Catalog Reference	22A...	22B...
Maximum (kW)HP Rating/Input Voltage	(1.1) 1.5 HP/115V, 1ø (2.2) 3 HP/230V, 1ø (3.7) 5 HP/230V, 3ø (3.7) 5 HP/460V, 3ø	(1.1) 1.5 HP/115V, 1ø (2.2) 3 HP/230V, 1ø (7.5) 10 HP/230V, 3ø (11.0) 15 HP/460V, 3ø (11.0) 15 HP/600V, 3ø
Overload Capacity	150% for 60 seconds 200% for 3 seconds	150% for 60 seconds 200% for 3 seconds
IP30, NEMA/UL Type 1 Option	●	●
IP66, NEMA/UL Type 4X/12 (Indoor)	●	●
EMC Filtering	Internal - 1ø, 230V External - All 1ø, 115V and 3ø Ratings	Internal - 1ø, 230V External - All 1ø, 115V and 3ø Ratings
DIN Rail Mounting Standard	●	● (Through 5 HP)
Integral Keypad with Speed Pot	●	●
Keypad - Remote LCD	●	●
Keypad CopyCat Function	●	●
Control Type	V/Hz	Sensorless Vector & V/Hz
Internal DB Transistor	●	●
	Not available on no brake models.	
Preset Speeds	4	8
Carrier Frequency	2-16 kHz	2-16 kHz
Skip Frequency		●
Process Control Loop		● (PID)
StepLogic Functionality		●
Timer/Counter Functions		●
Control Voltage	24V sink/source	24V sink/source
Discrete Inputs	3 fixed for START/STOP/REV 2 fully programmable	3 fixed for START/STOP/REV 4 fully programmable
Analog Input - Unipolar	1 (0-10V or 4-20 mA)	2 (0-10V and 4-20 mA)
Analog Input - Bipolar		1 (+/- 10V) ●
Analog Response	2 Hz (500 ms)	100 Hz (10 ms)
Relay Output	1 - N.O./N.C. dry contact	1 - N.O./N.C. dry contact
Digital/Optocoupler Output		2
Analog Output		● (0-10V or 4-20 mA)
Integral RS485	●	●
RS232 (Requires use of Serial Converter Module)	●	●
BACnet	● ○	●
ControlNet	● ○	●
DeviceNet	● ○	●
EtherNet/IP	● ○	●
LonWorks	● ○	●
PROFIBUS DP	● ○	●

● With 22-XCOMM-DC-BASE External mounting kit.

○ Frame B only.

● When using bipolar input, the 0-10V unipolar input cannot be used.

ANEXO 6F - DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO LED POWERDRIVE

LED Powerline LC & LED powerdrive

The **LED Powerline LC** has been developed for all applications requiring a **highly intensive UV irradiance with a low temperature load on the substrate**. The LED assembly, as well as an electronic power control, guarantee high intensity and homogenous distribution of light. The recognition of LED-malfunction and a comprehensive monitoring function provide for very high process stability. So, especially in fully automated production lines, repeatable results can be realized even in shortest cycle times.

The typical **service life of a LED is longer than 20.000 hours***. The LEDs can be switched on and off as often as necessary. They do not require a warm-up or cooling phase.

The emitted wavelengths are available in 365/385/395/405 nm +/- 10 nm. It is thus possible to adapt the LED head to any application in question.

Applications

The **LED Powerline LC** controlled by LED **powerdrive** is appropriate for various applications, such as

- Bonding, fixing or encapsulating of components in the electronic, optical or medical sector
- Fluorescence stimulation for materials testing and picture processing
- High-intensity UV irradiation in the chemical, biological and pharmaceutical sector

LED control

The adjustment of the irradiation time is freely selectable in the ranges of 0.01 - 99.99 sec. or 0.1 - 999.9 sec pr 1 - 9999 sec. Alternatively, continuous operation can be chosen.

The operating status and the temperature of the LED segments as well as the irradiation time can be seen on the display at a glance. **The electrical LED power can be adjusted between 2 % and 100 % in 1 %-steps.**

The device is recording the LED operating hours and the service menu gives comprehensive information about the current operation status.

In addition the LED **powerdrive** controller is characterized by the following features:

- Large and clear display with all relevant information
- Intelligent power control
- Temperature / error control of LED
- Shortest cycle time 0,01 s
- with a LED **powerdrive** control 80 a **LED Powerline 80** can be operated
- for a **LED Powerline 120** a LED **powerdrive** control 120 is needed
- **LED Powerline 80** has got 2 LED segments, whereas **LED Powerline 120** owns 3 LED segments



Special features

- Monitoring of LED segments regarding short-circuit, interruption and excess temperature
- auto recognition of connected **LED Powerline LC**

Interfaces

The LED **powerdrive** controller has the following interfaces:

- Analog preselected target value 0,2V - 10V \pm 2% - 100%
- PLC inputs: LED on, LED enable
- PLC outputs: LED is on, LED is off, LED error, LED warning
- Dry relays contact function (see PLC outputs) or for driving an external cooling device
- Foot switch
- Release safety circuit (= LED enable)

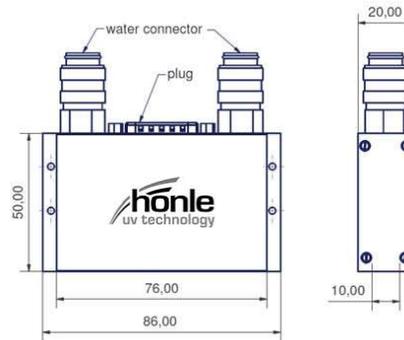
Technical data

LED service life	> 20.000 hours*
adjustment range of timer	0,01 - 99,99 or 0,1 - 999,9 or 1 - 9999 sec. or continuous operation
wavelengths in nm	365 385 395 405
typical intensity in mW/cm ² **	12.000 20.000 20.000 20.000
power supply LED powerdrive	90 V – 264 V, 47 Hz – 63 Hz
max. input current	2,2 A
irradiation area ***	ca. 76 x 10 mm or ca. 114 x 10 mm
dimensions LED-head without connectors (H x B x T)	ca. 86 x 20 x 50 mm or ca. 124 x 20 x 50 mm

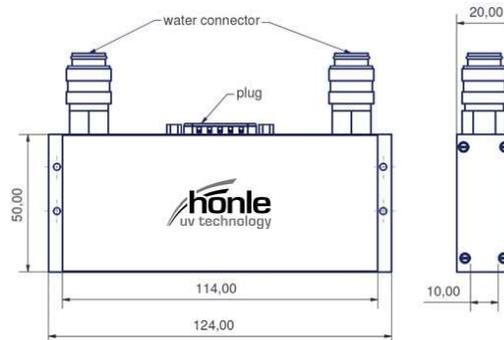
* typical lifetime under specified operating conditions

** measured with Höhle LED sensors for UV meter

*** other lengths on enquiry



Powerline 80 mm



Powerline 120 mm



Advantages of the LED technology

LEDs **do not emit IR radiation**. Even **temperature-sensitive materials** can be irradiated. The **different spectra** available guarantee safe and fast curing. As LEDs do not require a warm-up phase, LED heads can be switched on and off without any problems: **they are ready for immediate operation**.

ANEXO 6G - DATOS TÉCNICOS DEL CHILLER

Thermo-chiller Standard Type Single-phase 200 to 230 VAC Series HRS



How to Order

Air-cooled refrigeration HRS 018 - A - 20 -

Cooling capacity

012	Cooling capacity 1100/1300 W (50/60 Hz)
018	Cooling capacity 1700/1900 W (50/60 Hz)
024	Cooling capacity 2100/2400 W (50/60 Hz)
030	Cooling capacity 2600/3200 W (50/60 Hz)
050	Cooling capacity 4700/5100 W (50/60 Hz)
060	Cooling capacity 4900/5900 W (50/60 Hz)

Note) UL Standards: Applicable to only 60 Hz

Cooling method

A	Air-cooled refrigeration
---	--------------------------

Pipe thread type

NII	Rc
F	G (with PT-G conversion fitting set)
N	NPT (with PT-NPT conversion fitting set)

Option

Symbol	Option	Applicable model
NII	None	
B	With earth leakage breaker	HRS012/018/024
J	With automatic water fill function	030/050/060
M	Applicable to DI water (deionized water) piping	
T	High pressure pump mounted Note)	HRS012/018/024/030
G	High temperature environment specification	HRS012/018/024

• When multiple options are combined, indicate symbols in alphabetical order.

Note) The cooling capacity will decrease by about 300 W from the value in the catalog.

Power supply Note)

Symbol	Power supply
20	Single-phase 200 to 230 VAC (50/60 Hz)

Note) UL Standards: Applicable to only 60 Hz

Specifications

* There are different values from standard specifications. Refer to pages 23 to 25 for details.

Model	HRS012-A□-20	HRS018-A□-20	HRS024-A□-20	HRS030-A□-20	HRS050-A□-20	HRS060-A□-20
Cooling method	Air-cooled refrigeration					
Refrigerant	R407C (HFC)			R410A (HFC)		
Control method	PID control					
Ambient temperature/humidity Note 1)	Temperature: 5 to 40°C, High temperature environment specification (option): 5 to 45°C, Humidity: 30 to 70%					
Circulating fluid Note 2)	Tap water, 15% ethylene glycol aqueous solution Note 4)					
Set temperature range Note 1)	5 to 40					
Cooling capacity Note 3) (50/60 Hz)	W	1100/1300	1700/1900	2100/2400	2600/3200	4700/5100
Heating capacity Note 3) (50/60 Hz)	W	530/650	600/640	1100/1400	1000/1300	
Temperature stability Note 5)	°C	±0.1				
Rated flow Note 6) 7) (50/60 Hz)	L/min	7 (0.13 MPa)/7 (0.18 MPa)			23 (0.24 MPa)/28 (0.32 MPa)	23 (0.21 MPa)/28 (0.28 MPa)
Maximum flow rate (50/60 Hz)	L/min	27/29		34/40	31/42	29/38
Maximum pump head (50/60 Hz)	m	14/19			50	
Output	W	200			550	
Tank capacity	L	Approx. 5				
Port size		Rc1/2				
Fluid contact material		Stainless steel, Copper (Heat exchanger brazing), Bronze, Alumina ceramic, Carbon, PP, PE, POM, FKM, EPDM, PVC				
Power supply		Single-phase 200 to 230 VAC (50/60 Hz) Allowable voltage range ±10%				
Circuit protector	A	10			20	30
Applicable earth leakage breaker capacity Note 8)	A	10			20	30
Rated operating current	A	4.6/5.1	4.7/5.2	5.1/5.9	5.2/6.0	8/11
Rated power consumption Note 9) (50/60 Hz)	kVA	0.9/1.0	0.9/1.0	1.0/1.2	1.0/1.2	1.7/2.2
Noise level Note 9) (50/60 Hz)	dB	60/61		62/65	65/68	66/68
Accessories		Fitting (for drain outlet) 1 pc. Note 11), Input/output signal connector 1 pc., Power supply connector 1 pc. Note 11), Operation Manual (for installation/operation) 1, Quick Manual (with a clear case) 1 Note 11), Alarm code list sticker 1, Ferrite core (for communication) 1 pc., Power supply cable: Option (sold separately) to be ordered or prepared by user.				
Weight Note 10)	kg	43		47	69	73

Note 1) It should have no condensation.

Note 2) If tap water is used, use water that conforms to Water Quality Standards of the Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association (JRA GL-02-1994 cooling water system - circulating type - make-up water).

Note 3) ① Ambient temperature: 25°C, ② Circulating fluid temperature: 20°C, ③ Circulating fluid rated flow, ④ Circulating fluid: Tap water

Note 4) Refer to the cooling capacity graph on pages 13 and 14 for details.

Note 5) Use a 15% ethylene glycol aqueous solution if operating in a place where the circulating fluid temperature is 10°C or less.

Note 6) Outlet temperature when the circulating fluid flow is rated flow, and the circulating fluid outlet and return port are directly connected. Installation environment and the power supply are within specification range and stable.

Note 6) The capacity at the thermo-chiller outlet when the circulating fluid temperature is 20°C.

Note 7) Required minimum flow rate for cooling capacity or maintaining the temperature stability. The specification of the cooling capacity and the temperature stability may not be satisfied if the flow rate is lower than the rated flow. (In such a case, use a bypass piping set (sold separately).)

Note 8) Purchase an earth leakage breaker with current sensitivity of 30 mA separately. (A product with an optional earth leakage breaker (option B) is also available.)

Note 9) Front: 1 m, height: 1 m, stable with no load. Other conditions → Note 3)

Note 10) Weight in the dry state without circulating fluids

Note 11) It is not provided for the HRS050/060.

Note 12) If the product is used at altitude of 1000 m or higher, refer to "Operating Environment/Storage Environment" (page 42) Item 14 "*" For altitude of 1000 m or higher".

ANEXO 6H - DATOS TÉCNICOS DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO

SIEMENS

Technical Instructions

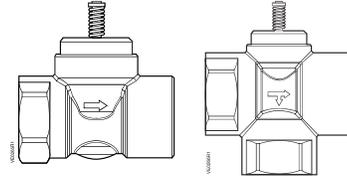
Document No. 155-320P25

VE VV-1

February 6, 2006

599 Series Zone Valve Bodies:

Two-Way and Three-Way



Description	The 599 Series two-way and three-way Zone Valves with a 1/10-inch (2.5 mm) stroke.									
Features	Direct-coupled, universal bonnet									
Application	Control of hot or chilled water for: Zones with radiators Floor heating by manifolds Fan coil units Induction units	Cooling ceilings (zone valves) Wall-mounted boilers (zone valves) VAV applications								
Ordering a Valve	To order a valve from the factory, use the product part numbers in Table 1.									
Specifications	Line size Capacity Body style Seat style Action Valve body rating Stem travel (Stroke)	1/2 to 1-inch (15 to 25 mm) See Tables 2 and 3 and Figure 2 Globe Metal-to-metal Two-way: NO/NC determined by actuator Three-way: Diverting Mixing (limited application) ANSI Class 125 1/10-inch (2.5 mm)								
Material	Body Body trim Stem Packing	Brass Brass Stainless steel ASTM A582 Type 303 Ethylene propylene O-ring								
Operating	Controlled medium Medium temperature range Maximum inlet pressure Close off pressure (AB-A)	Water, glycol solutions to 50% 34°F to 230°F (1°C to 110°C) 125 psig								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valve Size Inch (mm)</th> <th>Pressure Psi (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/2 (15)</td> <td>44 (303)</td> </tr> <tr> <td>3/4 (20)</td> <td>44 (303)</td> </tr> <tr> <td>1 (25)</td> <td>22 (152)</td> </tr> </tbody> </table>	Valve Size Inch (mm)	Pressure Psi (kPa)	1/2 (15)	44 (303)	3/4 (20)	44 (303)	1 (25)	22 (152)
Valve Size Inch (mm)	Pressure Psi (kPa)									
1/2 (15)	44 (303)									
3/4 (20)	44 (303)									
1 (25)	22 (152)									

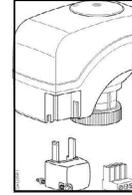
SIEMENS

Installation Instructions

Document No. 129-346

August 8, 2005

599 Series Zone Valves SSA/P Electronic Zone Valve Actuator 24 Vac 3-Position or 0 to 10V Control Fail-in-Place



Product Description

The SSA/P actuator requires 24 Vac, Class 2 power, and a 0 to 10 Vdc or three-position control signal to control 599 Series Zone Valves with 1/10-inch (2.5 mm) stroke.

Warning/Caution Notations

WARNING:		Personal injury/loss of life may occur if you do not follow a procedure as specified.
CAUTION:		Equipment damage, or loss of data may occur if you do not follow the procedures as specified.

Prerequisites



WARNING:

If mounting the actuator to a valve already in line:

- Close the shut-off valves in the piping (upstream first, then downstream);
- Or
- Switch off the pump to allow the differential pressure in the valve to drop.

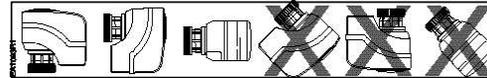


Figure 1. Acceptable Mounting Positions. *

*The vertical position is recommended for mounting.



WARNING:

Disconnect the controller power before replacing the actuator.

Product Numbers

Description		Actuator Code
SSA81U	Normally Closed 3-Position	244
SSA61U	Normally Closed 0 to 10 Vdc	245
SSP61U	Normally Open 0 to 10 Vdc	248

Contents: One actuator

Required Tools

- Small flat-blade screwdriver
- Wire stripper

Estimated Installation Time

20 minutes

ANEXO 6I - DATOS TÉCNICOS DE LA TERMORRESISTENCIA Y SU TRANSDUCTOR

© Siemens AG 2014

Medida de temperatura
Termorresistencias

Para recintos húmedos

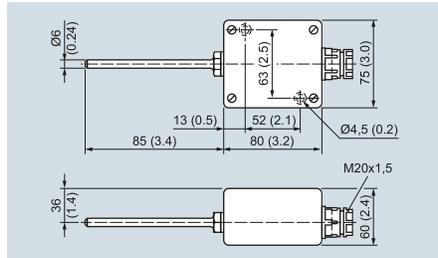
Sinopsis

La termorresistencia para recintos húmedos está diseñada para el rango de temperatura desde -30 hasta +60 °C (desde -22 hasta +140 °F).

Datos técnicos

Vaina de protección	de acero inoxidable
Cabezal de conexión	de fundición de metal ligera, con entrada de cable; en plástico a petición
Unidad de medida	1 ó 2 resistencias Pt según DIN EN 60751, conexión a 3 ó 4 hilos, clase B
Grado de protección	IP65 según DIN EN 60529

Croquis acotados



Termorresistencia para recintos húmedos, medidas en mm (pulgadas)

Datos para selección y pedidos

Referencia

Termorresistencia para recintos húmedos	
Vaina de protección de acero inoxidable	
• Con 1 resistencia de medida Pt100 0,1 kg (0.22 lb)	► 7MC1027-1AA
• Con 2 resistencias de medida Pt100 0,1 kg (0.22 lb)	7MC1027-1AB
<i>Otras versiones</i>	Clave
Completar la referencia con "-Z", incluir la clave y, en caso necesario, añadir texto.	
Versión especial, descripción en texto	Y98
Número de tramitación versión especial	Y99
Placa TAG, acero inoxidable	Y15
Especificar n.º de TAG en texto.	
Realizar la calibración en un punto, especificar en texto la temperatura deseada (en caso de existir varios puntos de calibración, repetir el pedido tantas veces como sea necesario).	Y33
► Suministrable desde almacén.	

Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, ver la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en el cabezal de conexión" (página 2/166).

Nota:

El montaje posterior de convertidores de cabezal de la serie SITRANS TH es posible en cualquier momento.

2

Technical Data

General Data	
Supply voltage	19.2...30 V DC
Current consumption	< 25 mA
Power consumption	< 500 mW
Transmission error At max. measuring span With configured measuring span Δ_{TEMP}	< 0.3% ((50 K / Δ_{TEMP} [K]) + 0.1)%
Temperature coefficient	max. 0,02%/K
Step response (0...99%)	< 200 ms
Test voltage (input / output / supply)	1.5 kV, 50 Hz, 1 min.
Ambient temperature range Operation Storage	-20°C...+65°C -40°C...+85°C
Error messages	LED red
Dimensions (W x H x D)	6.2 mm x 93.1 mm x 102.5 mm
Conductor cross section	0.2...2.5 mm ²
Stripping length Screw connection Spring-cage connection	12 mm 8 mm
Housing design	Polybutylenterephthalate PBT, green

Tests / Approvals	
Statement of conformity in acc. with EN 60079-15	Ⓔ II 3G Ex nA II T4 X
Additional approvals	   PROCESS CONTROL EQUIPMENT FOR HAZARDOUS LOCATIONS LISTED 31ZN Class I Div 2 Groups A, B, C, D T5 A) This equipment is suitable for use in Class I, Division 2, Groups A, B, C and D or non-hazardous locations only. B) Warning - explosion hazard - substitution of components may impair suitability for Class 1, Division 2. C) Warning - explosion hazard - do not disconnect equipment unless power has been switched off or the area is known to be non-hazardous.

Input (see Figure 1, detail 1)	I _{IN}
Sensor in acc. with IEC 60751	Pt100
Connection system (configurable)	2-, 3-, 4-conductor connection system
Sensor input current	1 mA, constant
Max. permissible conductor resistance	10 Ω per conductor
Measuring range (configurable)	-50°C...+200°C
Measuring range span	50 K, min.

Output (see Figure 1, detail 5)	I _{OUT}	U _{OUT}
Output signal range	0...20 mA, 4...20 mA, 20...0 mA, 20...4 mA	0...5 V, 1...5 V, 0...10 V, 10...0 V
Load	< 500 Ω	≥ 10 kΩ
Ripple	< 20 mV _{SS} (500 Ω)	< 20 mV _{SS}
Max. output signal	23 mA / 12.5 V	12.5 V / 10 mA
Behavior in the case of a sensor fault (configurable)	0%...105%	

Conformance With EMC Guideline 89/336/EEC And Low Voltage Directive 73/23/EEC		
Immunity to Interference According to EN 61000-6-2 ¹		
Discharge of static electricity (ESD)	EN 61000-4-2	Criterion B ²
Electromagnetic HF field	EN 61000-4-3	Criterion A ³
Fast transients (Burst)	EN 61000-4-4	Criterion B ⁴
Surge voltage capacities (Surge)	EN 61000-4-5	Criterion B ⁴
Conducted disturbance	EN 61000-4-6	Criterion A ³
Noise Emission According to EN 61000-6-4		
Noise emission of housing	EN 55011 ⁵	Class A ⁶

¹ EN 61000 corresponds to IEC 61000

² Criterion B: Take protective measures against electrostatic discharge.

³ Criterion A: Normal operating behavior within the defined limits.

⁴ Criterion B: Temporary impairment to operational behavior that is corrected by the device itself.

⁵ EN 55011 corresponds to CISPR11

⁶ Class A: Area of application industry.

ANEXO 6J - DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE MARCA DE REGISTRO

Fibra óptica

SU18/16/35/40a/110/115a/126a

Datos técnicos

Datos generales

Rango de detección	hasta 460 mm (KLR-C02-2,2-2,0-K146)
Alcance	hasta 1500 mm (KLE-C01-2,2-2,0-K116)
Emisor de luz	LED
Tipo de luz	Luz alterna, roja, 640 nm
Límite de luz extraña	10000 Lux

Datos característicos de seguridad funcional

MTTF _d	690 a
Duración de servicio (T _M)	20 a
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)	0 %

Elementos de indicación y manejo

Indicación de trabajo	LED verde, iluminado estático Power on, Indicación de baja tensión: LED verde intermitente (aprox. 0,8 Hz), cortocircuito: LED verde intermitente (aprox.: 4 Hz)
Indicación de la función	LED amarillo: iluminado estático Estado de conmutación, parpadea si está por debajo de la reserva de función
Elementos de mando	Potenciometro para el ajuste de la sensibilidad Commutador selector de 2 posiciones: luminoso/oscuro Commutador selector de 3 posiciones: funciones de tiempo - temporizador desconectado, retardo de atracción 40 ms, retardo de caída 40 ms Commutador deslizable 3 posiciones: Modo operativo - modo estándar, modo de elevada potencia, modo ultra

Datos eléctricos

Tensión de trabajo	U _B	10 ... 30 V CC
Rizado		10 %
Corriente en vacío	I ₀	≤ 30 mA

Salida

Salida de preavería	1 salida de contrafase npn/pnp, protegido contra cortocircuito
Tipo de conmutación	Conmutación claro/oscuro reversible, conmutable
Señal de salida	1 salida de contrafase npn/pnp, protegido contra cortocircuito
Tensión de conmutación	máx. 30 V CC
Corriente de conmutación	máx. 100 mA, carga óhmica
Caída de tensión	U _d ≤ 2 V DC a 100 mA; ≤ 0,7 V con 10 mA
Frecuencia de conmutación	f Modo estándar: 3 kHz, Modo de elevada potencia: 1 kHz, Modo ultra: 100 Hz
Tiempo de respuesta	Modo estándar: 160 μs, Modo de elevada potencia: 500 μs, Modo ultra: 5 ms
Repetibilidad	R ≤ 0,5 % A la anchura de exploración ajustada

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente	-10 ... 55 °C (14 ... 131 °F)
Temperatura de almacenaje	-20 ... 70 °C (-4 ... 158 °F)

Datos mecánicos

Grado de protección	IP50
Conexión	200 mm, cable PVC con Conector macho M8, 4 polos
Material	
Carcasa	PC
Masa	45 g

Conformidad con Normas y Directivas

Conformidad con estándar	
Norma del producto	EN 60947-5-2:2007 IEC 60947-5-2:2007

Autorizaciones y Certificados

Autorización UL	cULus Listed, Class 2 Power Source, Type 1 enclosure
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.

Accessories

HPF-D032

KLR-C02-2,2-2,0-K146
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-C02-2,2-2,0-K70
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-C02-1,0-2,0-K75
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-C09-1,25-2,0-K76
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-C09-1,25-2,0-K74
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-C16-2,2-2,0-K71
Fibra óptica de plástico por reflexión

KLR-A32-2,2-2,0-K83
Fibra óptica de plástico por reflexión

KHR-C02-2,2-2,0-K131
Fibra óptica de plástico por reflexión

KHTR-C02-2,2-2,0-K88
Fibra óptica de plástico por reflexión

LHR 00-0,8-1,0-20M4
guía de luz de fibra óptica de reflexión con revestimiento silicona

KLE-C01-2,2-2,0-K116
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-2,2-2,0-K103
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-2,2-2,0-K102
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-2,2-2,0-K100
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-2,2-2,0-K101
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-2,2-2,0-K113
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KLE-C01-1,0-2,0-K120
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KHE-C01-2,2-2,0-K122
Fibra óptica de plástico-unidireccional

KHTE-C01-2,2-2,0-K118
Fibra óptica de plástico-unidireccional

LHE 00-1,1-1,0-20M4
guía de luz de fibra óptica unidireccional con envoltura de silicona

Bracket SU

Soporte de montaje para carril DIN

Pueden encontrarse otros accesorios en www.pepperl-fuchs.com

Fecha de publicación: 2014-05-13 14:02 Fecha de edición: 2014-05-13 08:07:01_spa.xml

ANEXO 6K - DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DEL MOTOR DE REGISTRO

Technical Specifications

Manufacturer:	Lenze / AC Tech	Lead Time:	Ready To Ship
Series:	SMVector Series	Enclosure:	Indoor Duty, IP31, NEMA 1,
Model #:	ESV152N02TXB	Cooling Type:	Convection Cooled
Horsepower:	2.0 HP	Height:	7.6 Inches
Input Voltage(s):	240 VAC Input (170 - 264 VAC),	Width:	3.9 Inches
Output Voltage:	240 VAC Output	Depth:	5.5 Inches
Input Phase(s):	Three Phase Input,	Weight:	4 lbs
Output Phase:	Three Phase Output	Keypad:	Yes
Phase Converter:	No	Input Line Filter:	No
Output Current:	7.0 Amps	Disconnect:	No
Digital Input(s):	4 Inputs (NPN),	Brake Chopper:	No
Digital Output(s):	1 Output (NPN) 1 Output (Relay)	Speed Pot:	No
Analog Input(s):	1 Input (0 - 10 VDC) 1 Input (4 - 20 mA)	Fwd / Rev Switch:	No
Analog Output(s):	1 Output (0 - 10 VDC),	EPM Module:	Yes
Communications:	No,	Warranty:	2 Year Manufacturer
Operating Mode(s):	Open Loop Vector Control Speed Control (V / Hz) - Get Coupon Codes, Discounts, Product Information and More! +		

ANEXO 6L - DATOS TÉCNICOS DEL PLC PRINCIPAL

6ES7215-1AG31-0XB0

Page 1

SIEMENS

Product data sheet

6ES7215-1AG31-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1215C,
COMPACT CPU, DC/DC/DC, 2 PROFINET PORT,
ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC;
10 DO 24V DC 0.5A 2 AI 0-10V DC,
2 AO 0-20MA DC,
POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC,
PROGRAM/DATA MEMORY: 100 KB

General information	
Engineering with	
Programming package	As of STEP 7 V11.0 SP2
Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	5 V
permissible range, upper limit (DC)	250 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA ; Typical
Current consumption, max.	1500 A ; 24 V DC
Inrush current, max.	12 A ; at 28.8 V DC

Date:
10/15/2012

subject to modifications
© Copyright Siemens AG 2012

Output current	
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1600 mA ; Max. 5 V DC for SM and CM
Power losses	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Usable memory for user data	100 kbyte
Work memory	
integrated	100 kbyte
expandable	No
Load memory	
integrated	4 Mbyte
Backup	
present	Yes ; (maintenance-free)
without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, min.	0.085 μ s ; / instruction
for word operations, min.	1.7 μ s ; / instruction
for floating point arithmetic, min.	2.5 μ s ; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
Number, max.	8 kbyte ; Size of bit memory address area
Address area	
I/O address area	
I/O address area, overall	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs
Process image	

ANEXO 6M - DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA DE HMI

© Siemens AG 2008

Operator Control and Monitoring Devices

Basic Panels

Basic Panels

2

Technical specifications

SIMATIC Basic Panel	KTP400 Basic mono PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color PN	KTP600 Basic color DP	KTP1000 Basic color PN	KTP1000 Basic color DP	TP1500 Basic color PN
Supply voltage							
Supply voltage	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Permissible range	+19,2 V DC ... +28,8 V DC	+20,4 V DC ... +28,8 V DC	+20,4 V DC ... +28,8 V DC	+20,4 V DC ... +28,8 V DC			
Memory							
• Type of storage	Flash / RAM	Flash / RAM	Flash / RAM	Flash / RAM	Flash / RAM	Flash / RAM	Flash / RAM
• Memory usable for project data	512 kB	512 kB	512 kB	512 kB	1024 kB	1024 kB	1024 kB
Time							
Clock	Software clock, not battery backed	Software clock, not battery backed	Software clock, not battery backed	Software clock, not battery backed			
Configuration							
Configuration tool	WinCC flexible Compact Version 2008 SP1 ¹⁾ or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 SP1 ¹⁾ or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 SP1 ¹⁾ or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 SP1 ¹⁾ or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 or higher (to be ordered separately)	WinCC flexible Compact Version 2008 or higher (to be ordered separately)
Display							
Display type	STN, 4 shades of gray	STN, 4 shades of gray	TFT, 256 colors	TFT, 256 colors	TFT, 256 colors	TFT, 256 colors	TFT, 256 colors
Size	3,8"	5,7"	5,7"	5,7"	10,4"	10,4"	15"
Resolution (WxH in pixel)	320 x 240	320 x 240	320 x 240	320 x 240	640 x 480	640 x 480	1024 x 768
MTBF backlighting (at 25 °C)	app. 30 000 h	app. 50 000 h	app. 50 000 h	app. 50 000 h			
Operating mode							
Operating elements	Membrane keyboard	Membrane keyboard	Membrane keyboard	Membrane keyboard	Membrane keyboard	Membrane keyboard	Touch screen
Function keys, programmable	Key and Touch	Key and Touch	Key and Touch	Key and Touch	Key and Touch	Key and Touch	Touch
Touch screen	4	6	6	6	8	8	None
Touch screen	analog, resistive	analog, resistive	analog, resistive	analog, resistive	analog, resistive	analog, resistive	analog, resistive
Numeric/alpha-betical input	Yes / Yes	Yes / Yes	Yes / Yes	Yes / Yes	Yes / Yes	Yes / Yes	Yes / Yes
Connection for mouse/keyboard/ barcode reader	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
Degree of protection							
Front	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)	IP65, enclosure type 4X/type 12 (indoor use only)
Rear	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Certifications & Standards							
Certifications	CE, UL, cULus, enclosure type 4X/type 12	CE, UL, cULus, enclosure type 4X/type 12	CE, UL, cULus, enclosure type 4X/type 12	CE, UL, cULus, enclosure type 4X/type 12			
Ambient conditions							
Mounting position	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Max. permissible angle of inclination without external ventilation	+/- 35 °	+/- 35 °	+/- 35 °	+/- 35 °	+/- 35 °	+/- 35 °	+/- 35 °
Max. relative humidity (in %)	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %

¹⁾ Delivery expected: 1st quarter 2009.

Operator Control and Monitoring Devices

Basic Panels

Basic Panels

2

Technical specifications (continued)

SIMATIC Basic Panel	KTP400 Basic mono PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color PN	KTP600 Basic color DP	KTP1000 Basic color PN	KTP1000 Basic color DP	TP1500 Basic color PN
Ambient conditions (continued)							
Temperature							
• Operation (vertical installat.)	0 °C ... +50 °C						
• Operation (max. tilt angle)	0 °C ... +40 °C						
• Transportation, storage	-20 °C ... +60 °C						
I/O/Options							
I/O	none						
Interfaces							
Interfaces	1 x Ethernet (RJ45)	1 x Ethernet (RJ45)	1 x Ethernet (RJ45)	1 x RS422, 1 x RS485 (max. 1.5 MBit/s)	1 x Ethernet (RJ45)	1 x RS422, 1 x RS485 (max. 1.5 MBit/s)	1 x Ethernet (RJ45)
USB	No						
Slots							
PC card slot	No						
CF card slot	No						
Multi Media/ Card-Slot	No						
Processor							
Processor	ARM						
Functionality under WinCC flexible							
Number of Visual Basic scripts	not possible						
Task planner	Yes						
Help system	Yes						
Status/control	not possible						
Message system							
• Number of messages	200	200	200	200	200	200	200
• Bit messages	Yes						
• Analog messages	Yes						
• Message buffer	Ring buffer (n x 256 entries), non-retentive						
Recipes							
• Recipes	5	5	5	5	5	5	5
• Data records per recipe	20	20	20	20	20	20	20
• Entries per data record	20	20	20	20	20	20	20
• Recipe memory	32 kB integr. Flash						
Number of process images							
• Process images	50	50	50	50	50	50	50
• Variables	128	128	128	128	256	256	256
• Limit values	Yes						
• Multiplexing	Yes						

ANEXO 6N - DATOS TÉCNICOS DEL CONTACTOR PRINCIPAL



Main	
Range	TeSys
Product name	TeSys D
Product or component type	Contacteur
Device short name	LC1D
Contacteur application	Motor control Resistive load
Utilisation category	AC-1 AC-3
Poles description	3P
Power pole contact composition	3 NO
[Ue] rated operational voltage	<= 300 V DC for power circuit <= 690 V AC 25...400 Hz for power circuit
[Ie] rated operational current	65 A (<= 60 °C) at <= 440 V AC AC-3 for power circuit 80 A (<= 60 °C) at <= 440 V AC AC-1 for power circuit
Motor power kW	37 kW at 660...690 V AC 50/60 Hz 37 kW at 500 V AC 50/60 Hz 30 kW at 380...400 V AC 50/60 Hz 18.5 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz
Motor power HP (UL / CSA)	50 hp at 575/600 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 20 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 20 hp at 200/208 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 10 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors 5 hp at 115 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors 40 hp at 460/480 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors
Control circuit type	AC 50/60 Hz
Control circuit voltage	220 V AC 50/60 Hz
Auxiliary contact composition	1 NO + 1 NC
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to IEC 60947
Overvoltage category	III
[Ith] conventional free air thermal current	80 A at <= 60 °C for power circuit 10 A at <= 60 °C for signalling circuit
Irms rated making capacity	1000 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947 250 A DC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1 140 A AC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Rated breaking capacity	1000 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947
[Icw] rated short-time withstand current	140 A 100 ms signalling circuit 120 A 500 ms signalling circuit 100 A 1 s signalling circuit 260 A <= 40 °C 1 min power circuit 110 A <= 40 °C 10 min power circuit 900 A <= 40 °C 1 s power circuit 520 A <= 40 °C 10 s power circuit
Associated fuse rating	125 A gG at <= 690 V coordination type 2 for power circuit 125 A gG at <= 690 V coordination type 1 for power circuit 10 A gG for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Average impedance	1,5 mOhm at 50 Hz - Ith 80 A for power circuit

ANEXO 60 - DATOS TÉCNICOS DEL RELÉ DE ESTADO SÓLIDO PARA LOS MOTORREDUCTORES

<https://www.phoenixcontact.com/us/products/2297138>



Solid-state contactor - ELR 1- 24DC/600AC-20 - 2297138

Technical data

Input data

Typical input current at U_N	approx. 12 mA
Switching threshold "0" signal, voltage	≤ 1 V DC
Switching threshold "1" signal voltage	≥ 4 V DC
Transmission frequency	25 Hz
Operating voltage display	Green LED

Output data

Nominal output voltage range	42 V AC ... 660 V AC (45/65 Hz)
Periodic peak reverse voltage	1200 V
Mains frequency	45 Hz
	65 Hz
Load current	20 A (see derating curve)
Rated operating current at AC-51	20 A
Rated operating current at AC-53a	5 A
Leakage current	< 3 mA (In off state)
Residual voltage	< 1.6 V
Surge current	250 A (t = 10 ms)
Max. load value	525 A ² s
Type of protection	RCV circuit
Protective circuit/component	RCV circuit

General

Test voltage input/output	4 kV _{rms}
Mounting position	Vertical (horizontal DIN rail)
Assembly instructions	Can be aligned with ≥ 22.5 mm spacing
Designation	Air clearances and creepage distances between the power circuits
Standards/regulations	EN 61000-4-2
	EN 61000-4-3
	EN 61000-4-4
	EN 61000-4-5
	EN 61000-4-6
	EN 55011
Insulation	Basic insulation

Classifications

eCl@ss

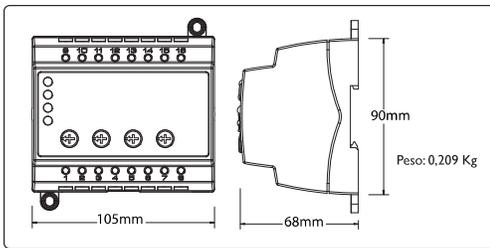
eCl@ss 4.0	27371102
------------	----------

ANEXO 6P - DATOS TÉCNICOS DEL SUPERVISOR DE FASE

■ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS



■ MEDIDAS Y PESO



■ INFORMACIÓN DE SEGURIDAD



ALERTA PARA SU SEGURIDAD y efectos de Garantía, no exceda la capacidad máxima de corriente del protector. Requiere un Contactor para el manejo de la caja.

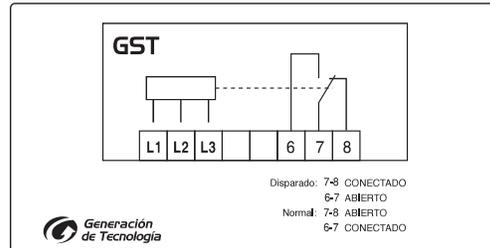
■ MEDIDAS A CONSIDERAR RESPECTO A LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

NOTA

Este producto es compatible en todo tipo de Ambientes Electromagnéticos: Residenciales o Domésticos, Industriales.

■ INSTALACIÓN

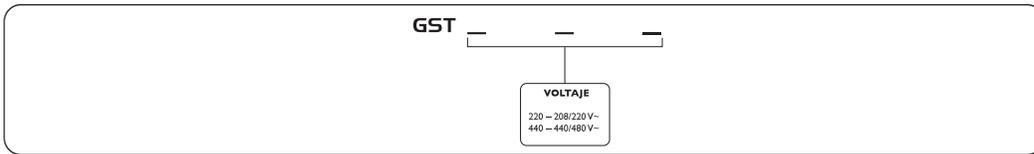
· DIAGRAMA DE CONEXIÓN



■ HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA INSTALACIÓN O CONEXIÓN

- Destornillador adecuado para tornillos M3 en la conexión en terminales.
- Destornillador adecuado para tornillos 3/16" x 1/2" para el montaje en Superficie Plana.

■ CÓMO ORDENAR *Exceline* GST



■ GST ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

		GST220	GST440
1- Alimentación	Voltaje nominal	208/220 V~	440/480 V~
	Límites de fluctuación de voltaje	124-308 V~	264 - 672 V~
	Frecuencia nominal	50/60 Hz	
	Límite de la frecuencia de operación	42 a 70 Hz	
	Consumo promedio	40 mA	
2- Parámetros de funcionamiento	Rango de medición de voltajes	de 145 a 285 V~	de 300 a 625 V~
	Precisión en la medición	+/-2% del voltaje	
	Bajo voltaje permitido (UV)	de 145 a 200 V~	de 300 a 420 V~
	Sobre voltaje permitido (OV)	de 230 a 285 V~	de 500 a 625 V~
	Desbalance de voltaje (VUB)	Dispara encima de 8%; Restaura debajo de 6%	
	Pérdida de fase de voltaje (VSP)	Dispara encima de 33%; Restaura debajo de 28%	
	Fase invertida (PR)	Secuencias: ABC_Normal; CBA_Invertida	
	Retardo para desconexión por Fase Invertida	< 1 s	
3- Terminales y Contactos eléctricos	Temporizado a la desconexión por otras Fallas (TD)	0.5 - 5 s	
	Temporizado a la conexión (TC)	5 - 300 s	
	Capacidad de los contactos de relé SPDT	3 A @ 250 V~ / 1.5 A @ 480 V~ (para contactor - Pilot Duty)	
	Expectativa de vida de los contactos de relé	100.000 operaciones	
	Tipo de tornillo de bornes	M3 Plano	
	Torque de apretado	5.1 Kg cm (4.4 lb-in)	
	Cableado	10-18 AWG	
4- Información mecánica y ambiental	Material de la carcasa	Polimeros ABS, no infamable UL 94-V0	
	Temperatura ambiental, límite de Operación	-5 °C a + 55 °C (23 °F a 131°F)	
	Humedad relativa máxima	85% R.H.	
	Dimensiones	105 x 90 x 68 mm	
Peso	0,209 Kg (0,46 lb)		

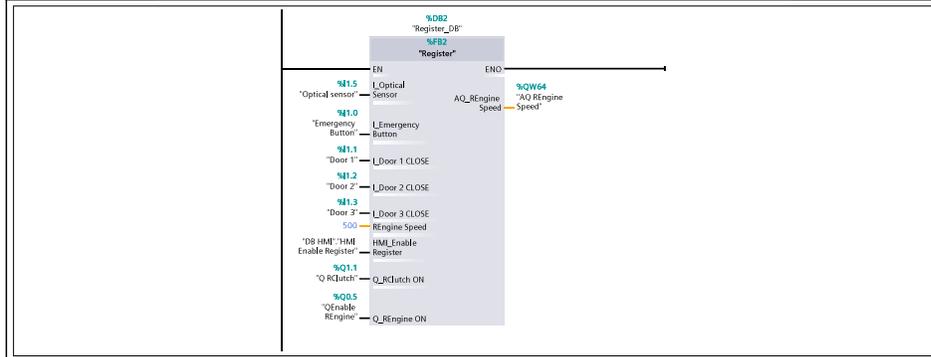
NOTA: Las especificaciones y descripciones mostradas en este documento están sujetas a cambio sin previo aviso.

ANEXO 7 - DETALLES DE PROGRAMACIÓN

ANEXO 7A - BLOQUE DE PROGRAMACIÓN “MAIN”

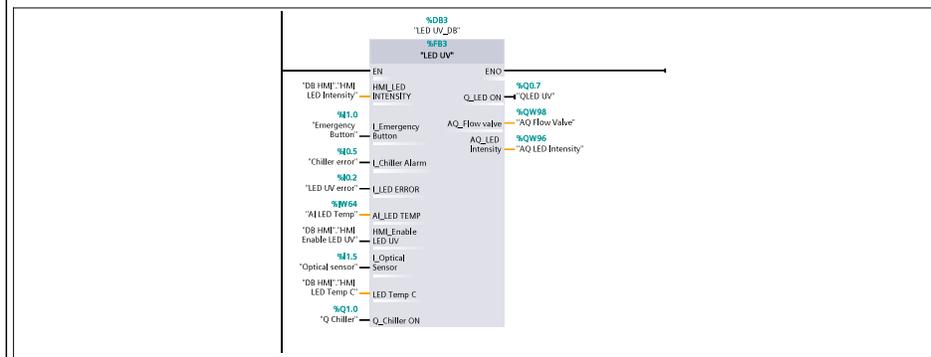
EN EL SOFTWARE TIA PORTAL V13 SP1

Totally Integrated Automation Portal																																																																																															
Programación TEG / PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/DC] / Bloques de programa																																																																																															
Main [OB1]																																																																																															
Main Propiedades																																																																																															
General																																																																																															
Nombre	Main	Número	1																																																																																												
Tipología	manual	Tipo	OB																																																																																												
Idioma		Idioma	KOP																																																																																												
Información																																																																																															
Título	Main OB	Autor																																																																																													
Versión	0.1	ID personalizada																																																																																													
Comentario		Familia																																																																																													
Nombre																																																																																															
Temp		Valor predet.																																																																																													
Constant																																																																																															
Segmento 1: Print FB																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"AQ Engine Speed"</td> <td>%QW66</td> <td>Word</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Clutch on"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Engine on"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Engine Speed Input"</td> <td></td> <td>UInt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Erase Count"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Print Count"</td> <td></td> <td>UInt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"DB HMI 'HMI Print Req"</td> <td></td> <td>UInt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Door 1"</td> <td>%I1.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Door 2"</td> <td>%I1.2</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Door 3"</td> <td>%I1.3</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Emergency Button"</td> <td>%I1.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Fotosensor 1"</td> <td>%I0.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Fotosensor 2"</td> <td>%I0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Jog Button"</td> <td>%I0.6</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"K1 Vacuum"</td> <td>%Q0.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"K2 Lubrication"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"K3 Debobinator"</td> <td>%Q0.2</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"K4 Rebobinator"</td> <td>%Q0.3</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Low level"</td> <td>%I1.4</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Print Count"</td> <td>%I0.7</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Q Main Clutch"</td> <td>%Q0.4</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"QEnable MainEngine"</td> <td>%Q0.6</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"AQ Engine Speed"	%QW66	Word		"DB HMI 'HMI Clutch on"		Bool		"DB HMI 'HMI Engine on"		Bool		"DB HMI 'HMI Engine Speed Input"		UInt		"DB HMI 'HMI Erase Count"		Bool		"DB HMI 'HMI Print Count"		UInt		"DB HMI 'HMI Print Req"		UInt		"Door 1"	%I1.1	Bool		"Door 2"	%I1.2	Bool		"Door 3"	%I1.3	Bool		"Emergency Button"	%I1.0	Bool		"Fotosensor 1"	%I0.0	Bool		"Fotosensor 2"	%I0.1	Bool		"Jog Button"	%I0.6	Bool		"K1 Vacuum"	%Q0.0	Bool		"K2 Lubrication"	%Q0.1	Bool		"K3 Debobinator"	%Q0.2	Bool		"K4 Rebobinator"	%Q0.3	Bool		"Low level"	%I1.4	Bool		"Print Count"	%I0.7	Bool		"Q Main Clutch"	%Q0.4	Bool		"QEnable MainEngine"	%Q0.6	Bool	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																																																																																												
"AQ Engine Speed"	%QW66	Word																																																																																													
"DB HMI 'HMI Clutch on"		Bool																																																																																													
"DB HMI 'HMI Engine on"		Bool																																																																																													
"DB HMI 'HMI Engine Speed Input"		UInt																																																																																													
"DB HMI 'HMI Erase Count"		Bool																																																																																													
"DB HMI 'HMI Print Count"		UInt																																																																																													
"DB HMI 'HMI Print Req"		UInt																																																																																													
"Door 1"	%I1.1	Bool																																																																																													
"Door 2"	%I1.2	Bool																																																																																													
"Door 3"	%I1.3	Bool																																																																																													
"Emergency Button"	%I1.0	Bool																																																																																													
"Fotosensor 1"	%I0.0	Bool																																																																																													
"Fotosensor 2"	%I0.1	Bool																																																																																													
"Jog Button"	%I0.6	Bool																																																																																													
"K1 Vacuum"	%Q0.0	Bool																																																																																													
"K2 Lubrication"	%Q0.1	Bool																																																																																													
"K3 Debobinator"	%Q0.2	Bool																																																																																													
"K4 Rebobinator"	%Q0.3	Bool																																																																																													
"Low level"	%I1.4	Bool																																																																																													
"Print Count"	%I0.7	Bool																																																																																													
"Q Main Clutch"	%Q0.4	Bool																																																																																													
"QEnable MainEngine"	%Q0.6	Bool																																																																																													
Segmento 2: Register FB																																																																																															



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AQ REngine Speed"	%QW64	Word	
"DB HMF."HMI Enable Register"		Bool	
"Door 1"	%I1.1	Bool	
"Door 2"	%I1.2	Bool	
"Door 3"	%I1.3	Bool	
"Emergency Button"	%I1.0	Bool	
"Optical sensor"	%I1.5	Bool	
"Q RClutch"	%Q1.1	Bool	
"QEnable REngine"	%Q0.5	Bool	

Segmento 3: LED UV FB



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AI LED Temp"	%W64	Word	
"AQ Flow Valve"	%QW98	Word	
"AQ LED Intensity"	%QW96	Word	
"Chiller error"	%I0.5	Bool	
"DB HMF."HMI Enable LED UV"		Bool	
"DB HMF."HMI LED Intensity"		UInt	
"DB HMF."HMI LED Temp C"		UInt	
"Emergency Button"	%I1.0	Bool	
"LED UV error"	%I0.2	Bool	
"Optical sensor"	%I1.5	Bool	
"Q Chiller"	%Q1.0	Bool	
"QLED UV"	%Q0.7	Bool	

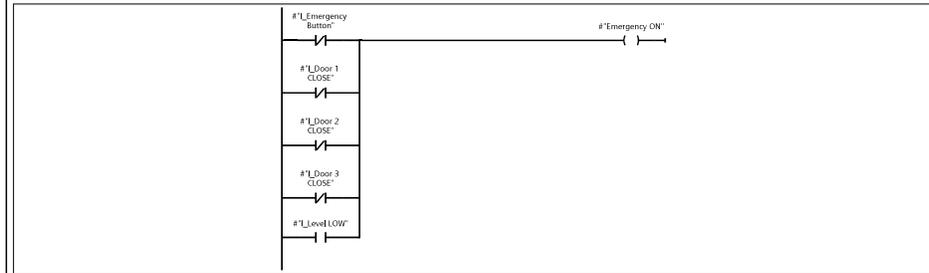
ANEXO 7B - BLOQUE DE PROGRAMACIÓN “PRINT” EN EL SOFTWARE TIA PORTAL V13 SP1

Totally Integrated Automation Portal							
Programación TEG / PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/DC] / Bloques de programa							
Print [FB1]							
Print Propiedades							
General							
Nombre	Print	Número	1	Tipo	FB	Idioma	KOP
Numeración	automática						
Información							
Título	Printing	Autor		Comentario	Here is the control of the main engine, lubrication and vacuum pumps, bobbinators motors and the count of print	Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					
Propiedades de datos							
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
Input							
HML_Engine ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
HML_Clutch ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Print COUNT	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 1 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 2 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 3 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Jog Button	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Emergency Button	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Level LOW	Bool	false	No remanente	True	True	False	
HML_Erase Count	Bool	false	No remanente	True	True	False	
HML_Print Req	UInt	0	No remanente	True	True	False	
HML_Speed SP	UInt	0	No remanente	True	True	False	
L_Fotosensor 1	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Fotosensor 2	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Output							
Q_Clutch ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q_Vaccum ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q_Lub ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q_Debobinator ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q_Rebobinator ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
AQ_Engine Speed	UInt	0	No remanente	True	True	False	
InOut							
Q_Engine ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Print Count	UInt	0	No remanente	True	True	False	
Static							
IEC_TIMER							
EC_Timer_0_Instance	IEC_TIMER		No remanente	True	True	False	
ST	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
PT	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
ET	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
RU	Bool	false	No remanente	False	False	False	
N	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Emergency ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
IEC_COUNTER							
EC_Counter_0_Instance	IEC_COUNTER		No remanente	True	True	False	
CU	Bool	false	No remanente	True	True	False	
CD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
R	Bool	false	No remanente	True	True	False	
LD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
QU	Bool	false	No remanente	True	True	False	
QD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
PV	Int	0	No remanente	True	True	False	
CV	Int	0	No remanente	True	True	False	
Stay Printing	Bool	false	No remanente	True	True	False	
IEC_COUNTER							
EC_Counter_0_Instance_1	IEC_COUNTER		No remanente	True	True	False	
CU	Bool	false	No remanente	True	True	False	
CD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
R	Bool	false	No remanente	True	True	False	
LD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
QU	Bool	false	No remanente	True	True	False	
QD	Bool	false	No remanente	True	True	False	
PV	Int	0	No remanente	True	True	False	
CV	Int	0	No remanente	True	True	False	
Bobine Count	Int	0	No remanente	True	True	False	
Bobine Reset	Bool	false	No remanente	True	True	False	
speed_temp	Real	0.0	No remanente	True	True	False	
SP @RPM	UInt	0	No remanente	True	True	False	
IEC_COUNTER							
EC_Counter_0_Instance_2	IEC_COUNTER		Remanente	True	True	False	
CU	Bool	false	Remanente	True	True	False	
CD	Bool	false	Remanente	True	True	False	
R	Bool	false	Remanente	True	True	False	
LD	Bool	false	Remanente	True	True	False	

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

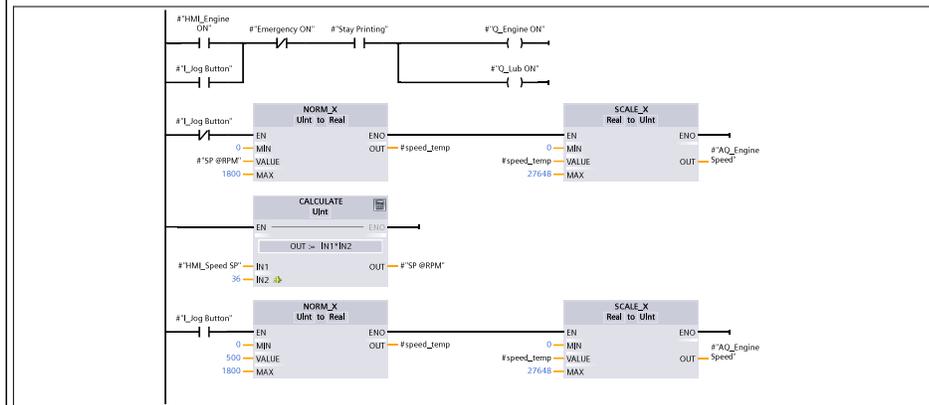
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
QU	Bool	false	Remanente	True	True	False	
QD	Bool	false	Remanente	True	True	False	
PV	UInt	0	Remanente	True	True	False	
CV	UInt	0	Remanente	True	True	False	
Temp							
Constant							

Segmento 1: Emergency



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#Emergency ON		Bool	
#L_Door 1 CLOSE		Bool	
#L_Door 2 CLOSE		Bool	
#L_Door 3 CLOSE		Bool	
#L_Emergency Button		Bool	
#L_Level LOW		Bool	

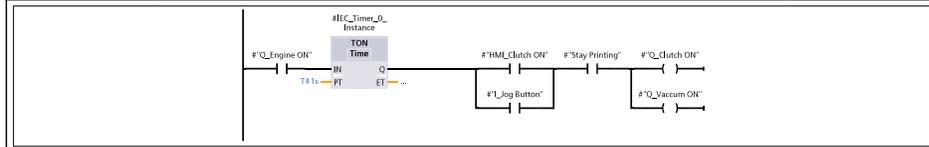
Segmento 2: Main engine



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#AQ_Engine Speed		UInt	
#Emergency ON		Bool	
#HML_Engine ON		Bool	
#HML_Speed SP		UInt	
#L_Jog Button		Bool	
#Q_Engine ON		Bool	
#Q_Lub ON		Bool	
#SP @RPM		UInt	
#Stay Printing		Bool	
#speed_temp		Real	

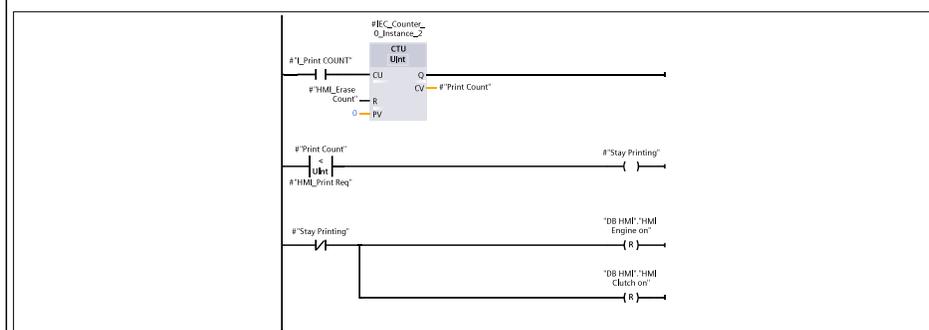
Segmento 3: Clutch control

--	--	--



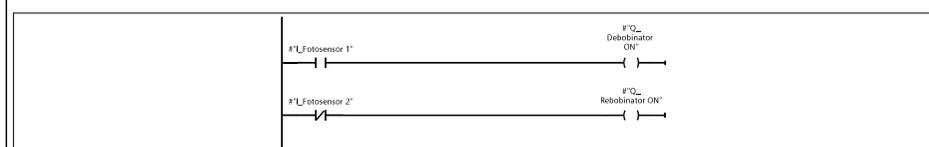
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#HMI_Clutch ON		Bool	
#I_Log Button		Bool	
#Q_Clutch ON		Bool	
#Q_Engine ON		Bool	
#Q_Vaccum ON		Bool	
#Stay Printing		Bool	
#IEC_Timer_0_Instance		IEC_Timer	

Segmento 4: Print count



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"DB HMI."HMI Clutch on"		Bool	
"DB HMI."HMI Engine on"		Bool	
#HMI_Erase Count		Bool	
#HMI_Print Req		UInt	
#I_Print COUNT		Bool	
#Print Count		UInt	
#Stay Printing		Bool	
#IEC_Counter_0_Instance_2		IEC_UCounter	

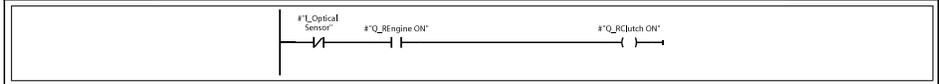
Segmento 5: Bobinas



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#I_Fotosensor 1		Bool	
#I_Fotosensor 2		Bool	
#Q_Debobinator ON		Bool	
#Q_Rebobinator ON		Bool	

ANEXO 7C - BLOQUE DE PROGRAMACIÓN “REGISTER” EN EL SOFTWARE TIA PORTAL V13 SP1

Totally Integrated Automation Portal							
Programación TEG / PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/DC] / Bloques de programa							
Register [FB2]							
Register Propiedades							
General							
Nombre	Register	Número	2	Tipo	FB		
Numeración	automática	Idioma	KOP				
Información							
Título	Register Control	Autor		Comentario	Here enable and control the register control.		
Versión	0.1	ID personalizada					
Propiedades de los datos							
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
Input							
L_Optica] Sensor	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Emergency Button	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 1 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 2 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Door 3 CLOSE	Bool	false	No remanente	True	True	False	
R_Engine Speed	UInt	0	No remanente	True	True	False	
HMI_Enable Register	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Output							
AQ_R_Engine Speed	UInt	0	No remanente	True	True	False	
InOut							
Q_RC]utch ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q_R_Engine ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Static							
Emergency ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
R_Engine temp	Real	0.0	No remanente	True	True	False	
Temp							
Constant							
Segmento 1: Emergency							
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario				
#Emergency ON"		Bool					
#L_Door 1 CLOSE"		Bool					
#L_Door 2 CLOSE"		Bool					
#L_Door 3 CLOSE"		Bool					
#L_Emergency Button"		Bool					
Segmento 2: Register engine control							
Enabling and speed control							
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario				
#AQ_R_Engine Speed"		UInt					
#Emergency ON"		Bool					
#HMI_Enable Register"		Bool					
#Q_R_Engine ON"		Bool					
#R_Engine Speed"		UInt					
#R_Engine temp"		Real					
Segmento 3: Register clutch							



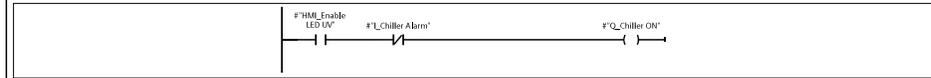
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#I_Optical Sensor		Bool	
#Q_RClutch ON		Bool	
#Q_REngine ON		Bool	

ANEXO 7D - BLOQUE DE PROGRAMACIÓN “LED UV” EN EL SOFTWARE TIA PORTAL V13 SP1

Totally Integrated Automation Portal							
Programación TEG / PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/DC] / Bloques de programa							
LED UV [FB3]							
LED UV Propiedades							
General							
Nombre	LED UV	Número	3	Tipo	FB		
Numeración	automática			Idioma	KOP		
Información							
Título	LED UV CONTROL	Autor		Comentario	Here controls the LED UV power control, the flow valve, and the chiller operation.		
Versión	0.1	ID personalizada					
Propiedades de Bloque							
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
Input							
HMI_LED INTENSITY	UInt	0	No remanente	True	True	False	
L_Emergency Button	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Chiller Alarm	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_LED ERROR	Bool	false	No remanente	True	True	False	
AL_LED TEMP	UInt	0	No remanente	True	True	False	
HMI_Enable LED UV	Bool	false	No remanente	True	True	False	
L_Optical Sensor	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Output							
Q_LED ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
AQ_Flow valve	UInt	0	No remanente	True	True	False	
AQ_LED Intensity	UInt	0	No remanente	True	True	False	
InOut							
LED Temp C	UInt	0	No remanente	True	True	False	
Q_Chiller ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Static							
Emergency ON	Bool	false	No remanente	True	True	False	
LED High Temp	Bool	false	No remanente	True	True	False	
LED Low Temp	Bool	false	No remanente	True	True	False	
LED Temp 1	Real	0.0	No remanente	True	True	False	
EC_Timer_0_Instance							
ST	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
PT	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
ET	Time	T#0ms	No remanente	True	True	False	
RU	Bool	false	No remanente	False	False	False	
N	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Q	Bool	false	No remanente	True	True	False	
Intensity 1	Real	0.0	No remanente	True	True	False	
Temp							
Constant							

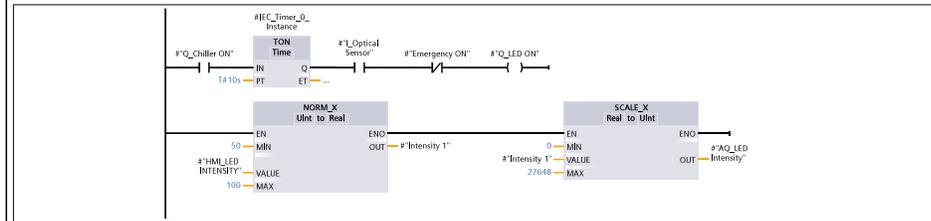
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"AL_LED TEMP"		UInt	
#"Emergency ON"		Bool	
#"L_Chiller Alarm"		Bool	
#"L_Emergency Button"		Bool	
#"L_LED ERROR"		Bool	
#"LED High Temp"		Bool	
#"LED Low Temp"		Bool	
#"LED Temp 1"		Real	
#"LED Temp C"		UInt	

Segmento 2: Chiller enable



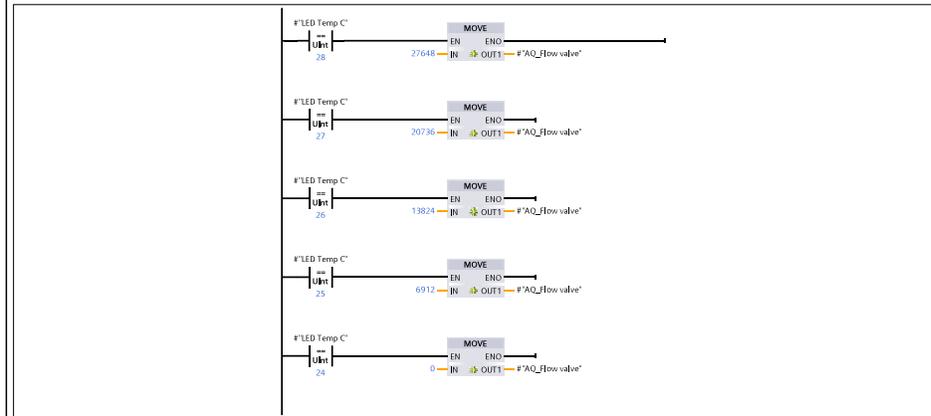
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"HMI_Enable LED UV"		Bool	
#"L_Chiller Alarm"		Bool	
#"Q_Chiller ON"		Bool	

Segmento 3: LED UV control



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"AO_LED Intensity"		UInt	
#"Emergency ON"		Bool	
#"HMI_LED INTENSITY"		UInt	
#"L_Optical Sensor"		Bool	
#"Intensity 1"		Real	
#"Q_Chiller ON"		Bool	
#"Q_LED ON"		Bool	
#IEC_Timer_0_Instance		IEC_Timer	

Segmento 4: Flow Valve control



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"AO_Flow valve"		UInt	
#"LED Temp C"		UInt	

ANEXO 7E - VARIABLES DEFINIDAS EN EL PLC

Totally Integrated Automation Portal						
Programación TEG / PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/DC] / Variables PLC / Onda tags [29]						
Variables PLC						
Variables PLC						
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Visible en HMI	Accesible desde HMI	Comentario
<input type="checkbox"/>	Fotosensor 1	Bool	%I0.0	False	True	True
<input type="checkbox"/>	LED UV error	Bool	%I0.2	False	True	True
<input type="checkbox"/>	LED ON	Bool	%I0.3	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Chiller ON	Bool	%I0.4	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Chiller error	Bool	%I0.5	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Jog Button	Bool	%I0.6	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Print Count	Bool	%I0.7	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Emergency Button	Bool	%I1.0	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Door 1	Bool	%I1.1	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Door 2	Bool	%I1.2	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Door 3	Bool	%I1.3	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Low level	Bool	%I1.4	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Optical sensor	Bool	%I1.5	False	True	True
<input type="checkbox"/>	K1 Vacuum	Bool	%Q0.0	False	True	True
<input type="checkbox"/>	K2 Lubrication	Bool	%Q0.1	False	True	True
<input type="checkbox"/>	K3 Debobinator	Bool	%Q0.2	False	True	True
<input type="checkbox"/>	K4 Rebobinator	Bool	%Q0.3	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Q Main Clutch	Bool	%Q0.4	False	True	True
<input type="checkbox"/>	QEnable REngine	Bool	%Q0.5	False	True	True
<input type="checkbox"/>	QEnable MainEngine	Bool	%Q0.6	False	True	True
<input type="checkbox"/>	QLED UV	Bool	%Q0.7	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Q Chiller	Bool	%Q1.0	False	True	True
<input type="checkbox"/>	AQ REngine Speed	Word	%QW64	False	True	True
<input type="checkbox"/>	AQ MEngine Speed	Word	%QW66	False	True	True
<input type="checkbox"/>	AQ LED Intensity	Word	%QW96	False	True	True
<input type="checkbox"/>	AQ Flow Valve	Word	%QW98	False	True	True
<input type="checkbox"/>	QRClutch	Bool	%Q1.1	False	True	True
<input type="checkbox"/>	AI LED Temp	Word	%IW64	False	True	True
<input type="checkbox"/>	Fotosensor 2	Bool	%I0.1	False	True	True

ANEXO 7F - VIDEO DE LA SIMULACIÓN DEL PROGRAMA

En el CD anexo de este Trabajo Especial de Grado, se encuentra un archivo de video llamado Validación.avi, en el que se encuentra una serie de pruebas simuladas del comportamiento de la lógica programada y descrita en el apartado 4.3.

En la pantalla se observan varias partes. El recuadro izquierdo corresponde al estado de las salidas del controlador, se indica el tag de cada una, su dirección física, el tipo de datos y el valor actual. El marco central es la ventana del simulador, en la que se observan las mismas características que en el cuadro izquierdo con la salvedad que se pueden hacer simulaciones de activación de las entradas del sistema. La parte derecha de la pantalla se encuentra dividida en dos, el recuadro superior es una simulación de la pantalla de HMI y la parte inferior corresponde al bloque de datos DB en el cual se observa el estado de las variables introducidas a través de la pantalla y que son reconocidas por el controlador.

A continuación se presenta cronológicamente las acciones realizadas en el video de la simulación:

- 1- Se muestra la transición entre la pantalla de bienvenida y la pantalla principal, en este caso las entradas están dispuestas de manera que se reconozca un estado normal, es decir, que todos los sensores de seguridad de las tapas, de nivel bajo de aceite y pulsadores de emergencia no se hayan activado.
- 2- Se prueba la inserción de datos enteros al sistema, tanto como en el Número de piezas a imprimir, como la velocidad de impresión, lo cual se puede visualizar tanto en el DB HMI como en el cuadro del simulador.
- 3- Se simula el inicio de una impresión normal, encendiendo el motor primeramente y habilitando el cloche magnético con el botón impresión ON. Se puede notar que cuando se acciona el motor principal, se acciona la bomba de lubricación y cuando se inicia la impresión se activa la bomba de vacío.
- 4- Se activa tres veces el sensor de conteo de impresión para simular que la máquina esta avanzando, se observa el conteo en la pantalla HMI.

Seguidamente se activa el registro de impresión y se observa como el motor de registro se enciende.

5- El cloche de registro se mantiene activo hasta que el sensor óptico se detiene, indicando que se ha posicionado correctamente el papel.

6- Se introduce el nivel de intensidad del LED a través de la pantalla y se observa cómo se registra el valor en el DB HMI. En la pantalla LED UV se observa además la temperatura actual del contenedor.

7- Se observa como cambios en la entrada analógica asociada al transductor de la RTD se visualizan en la pantalla de LED UV.

8- Se procede a encender el sistema de secado UV con el botón ON de la pantalla LED UV y se observa como la habilitación de los módulos se hace sólo cuando el sensor de marcas de registro se activa, indicando que el papel se encuentra bien posicionado para que la radiación haga su trabajo adecuadamente.

9- En la pantalla de estados se realizan cambios a las entradas del sistema para observar como se presentan en la misma.

10- Se hace una prueba de funcionamiento de modo “Jog” en la cual se observa como cambia la referencia de velocidad del motor y como se accionan sistemáticamente las bombas de lubricación y vacío, el motor principal y el cloche principal.

11- Se prueba que cuando el sistema llegue al número de impresiones indicada por el operador, se desactive correctamente.

12- Por último se prueba que cada uno de los sensores de seguridad de las tapas, sensor de nivel bajo de aceite y pulsador de emergencia, desactiven completamente la máquina de impresión.