

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA**

TEMA:

**Propuesta de automatización en el proceso de producción de alcohol
antibacterial en la empresa Indualcohol**

AUTOR:

Morán López, Vladimir Stalin

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN ELÉCTRICO- MECÁNICA**

TUTOR:

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl Mgs.

Guayaquil, Ecuador

8 de marzo del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por el Sr. **Morán López, Vladimir Stalin**, como requerimiento para la obtención de Título de **INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA**.

TUTOR

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. Mgs

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, Mgs.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Morán López, Vladimir Stalin**

DECLARO QUE:

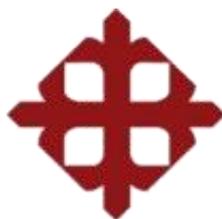
El Trabajo de Titulación, **Propuesta de automatización en el proceso de producción de alcohol antibacterial en la empresa Indualcohol** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico–Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Morán López, Vladimir Stalin



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Morán López, Vladimir Stalin**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación, **“Propuesta de automatización en el proceso de producción de alcohol antibacterial en la empresa Indualcohol”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Morán López, Vladimir Stalin

REPORTE URKUND

URKUND

Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Lista de fuentes Bloques

Documento: [Tesis MORAN VLADIMIR Febrero 12.docx](#) (D127746221)

Presentado: 2022-02-13 00:18 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.urkund.com

Mensaje: TESIS FINAL MORAN_12Feb. [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 32 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipsell/PAC/archivos/Informacion...
	Marco teorico + Caso de estudio (botier) (3) (1).docx
	Trabajo final de grado.docx
	http://www.frir.utn.edu.ar/archivos/alumnos/electronica/catedras/38-sist...
	https://dce.uned.es/030203-Universidad-catedras-de-cursos-de-guys...

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ANTI BACTERIAL EN LA EMPRESA INDUALCOHOL AUTOR: MORÁN LOPEZ, VLADIMIR STALIN

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TUTOR: ING. QUEZADA CALLE, EDGAR RAÚL MGS.

Guayaquil, Ecuador

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por, como requerimiento para la obtención

de Título de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica

1 Advertencias. Reiniciar. Compartir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día, sin Él nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas en el momento exacto.

A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

Un especial agradecimiento a la familia Paucar Andrade, Gerente General Ing. Quím. Efraín Paucar Salazar, por abrirme las puertas de su empresa Indualcohol y brindarme todas las facilidades del caso para el desarrollo de mi tesis.

A mi Madre que, con su ejemplo de vida ha influenciado positivamente en mí, a mi esposa Florencia que ha sido mi pilar para alcanzar esta meta, a mi hija Rosalyn que ha sido mi inspiración de vida.

A las personas que he conocido a lo largo de mi camino y familiares por su comprensión y aporte recibido de ellos.

A mi tutor Ing. Edgar Quezada Calle. que impartió su experiencia y conocimiento para la aportación de este trabajo de titulación.

El Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendimiento y fuerzas necesarias para llegar alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

Dedico con infinita gratitud, a mis padres, hermano, tíos y en especial a mi madre Rosa de Jesús López Punín.

Dedico con mucho amor y cariño a mi esposa Ing. Florencia Rivadeneira, y a mí hija Rosalyn Morán.

Dedico con mucha gratitud a mis familiares y personas que me apoyaron de distintas maneras durante mi etapa que duró el camino, y que siempre creyeron en mí, estaré presto en retribuir a mi prójimo y a la sociedad lo que he recibido de ellos.

El autor



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO - MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Romero Paz, Manuel De Jesús, M.Sc.

DECANO

**Ing Edwin Fernando Palacios Meléndezmgs.
COORDINADOR DE TITULACIÓN**

Ing. Orlando Philco Asqui M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

REPORTE URKUND	IV
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XVII
RESUMEN	XVIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1 Introducción	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos	3
1.5 Justificación	3
1.6 Metodología	3
CAPÍTULO 2:	5
LA AUTOMATIZACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES	5
2.1 Criterios para automatizar	6
2.2 Los sistemas automatizados	7
2.3 Ventajas de mejorar la productividad	9
2.4 Parámetros de sistemas automatizados	10
2.5 Sistemas de control en procesos industriales	12
2.6 Acciones de control.....	15
2.6.1 Control discreto (activar/desactivar)	15
2.6.2 Control PID	16
2.7 Los niveles de automatización.....	19
2.7.1 Nivel de campo.....	20

2.7.2 Nivel de control.....	20
2.7.3 Nivel de Supervisión.....	21
2.7.4 Nivel de Gestión.....	21
2.8 Tipos de sistemas de automatización.....	21
2.8.1 Sistema de Automatización Fijo	22
2.8.2 Sistema de automatización programable	22
2.8.3 Sistema de automatización flexible	22
2.8.4 Sistema de Automatización Integrado.....	23
2.9 La Industria 4.0	23
2.9.1 Sensórica avanzada a nivel de fábrica	25
2.9.2 Fabricación Multietapa y Flexible	26
2.9.3 Sistemas Ciberfísicos.....	27
2.9.4 Robótica avanzada y colaborativa	28
2.10 Ventajas de la automatización 4.0	30
2.11 Limitaciones y barreras de la automatización 4.0.....	31
CAPÍTULO 3: PROCESOS EN FÁBRICACIÓN DE ALCOHOL	33
3.1 Dosificación y envasado	33
3.2 Máquina de embalaje	36
3.3 Máquinas de envasadora.....	37
3.4 Insumos para la elaboración del alcohol	37
3.4.1 Materia prima para la elaboración del alcohol	37
3.5 Descripción de la planta de Indualcohol.....	43
3.5.1 Localización	43
3.5.2 Tamaño de la empresa	44
3.5.3 Infraestructura	45
3.5.4 Descripción de equipos.....	46

3.6 Proceso de producción alcohol antibacterial	47
3.7 Envasado en Indualcohol.....	51
3.7.1 Desventajas en las instalaciones de Indualcohol	51
3.8 Taponado en Indualcohol	52
3.9 Etiquetado en Indualcohol	53
3.10 Producto Terminado	54
3.10.1 Presentación de los productos	54
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN	57
4.1 Desarrollo de la propuesta.....	57
4.2 Dispositivos de automatización utilizados para Indualcohol	57
4.3 Desarrollo de programas	61
4.3.1 Data Block (DB)	61
4.3.2 HMI_DATA [DB5], HMI_DATA_P [DB6]	62
4.3.3 SECUENCIA[DB1].....	62
4.3.4 Function Block (FB)	62
4.3.5 SYS_FB_ANA_IN [FB40]	63
4.3.6 SYS_FB_M1D [FB41]	63
4.3.7 SYS_FB_V2D [FB42].....	64
4.3.8 Function Block (FC).....	64
4.3.9 TK101 [FC10], TK201 [FC11], TK301 [FC12], TK501 [FC13]...64	
4.3.10 Secuencia_Mezcla [FC1]	65
4.3.11 VLV_Manifold [FC14].....	65
4.3.13 AUX [FC16].....	66
4.3.14 MAIN.....	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68

ANEXOS: PLANOS ELÉCTRICOS	69
BIBLIOGRAFÍA	82

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

Figura 2. 1 Pirámide de la automatización	6
Figura 2. 2 PLCs de la familia Siemens	7
Figura 2. 3 Sistema automatizado con control de fallas	10
Figura 2. 4 Diagrama de bloque de lazo abierto	13
Figura 2. 5 Diagrama de lazo cerrado	14
Figura 2. 6 Sistema de control secuencial.....	16
Figura 2. 7 Lazo de control PID	16
Figura 2. 8. Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional.....	17
Figura 2. 9. Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional-integrador (PI).....	18
Figura 2. 10. Simulación de un sistema a lazo cerrado con controlador PID.	18
Figura 2. 11 Comparación del efecto predictivo de la acción D y su relación con el sistema.	19
Figura 2. 12 Niveles de automatización	19
Figura 2. 13 Esquema de automatización avanzada y robótica colaborativa	24
Figura 2. 14. Tecnologías que permiten implementar industria 4.0	24
Figura 2. 15. Clasificación de los sensores	25
Figura 2. 16. Fabricación flexible frente a otras tecnologías	27
Figura 2. 17. Habilitadores involucrados en la industria.....	29
Figura 2. 18 Robot en proceso de empacado	29
Figura 2. 19. Cobot o robot colaborativo	30

CAPÍTULO 3:

Figura 3. 1 Máquina llenadora con dosificación monodosis granular	34
Figura 3. 2 Dosificadora volumétrica de productos líquidos-cremosos	34
Figura 3. 3 Dosificadora volumétrica de tornillo sinfín para polvos	35
Figura 3. 4 Dosificadora con cinta paso a paso para productos por número o por pieza Fuente: (Italian Packing Machine, 2021)	35
Figura 3. 5 Máquina de embalaje convencional	36
Figura 3. 6 Alcohol extraneutro	38
Figura 3. 7 Proceso del cultivo de la caña de azúcar hasta su madurez ..	39
Figura 3. 8 Proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar ...	40
Figura 3. 9 Mentol en cristales.....	42
Figura 3. 10 Pastillas de Alcanfor	42
Figura 3. 11 Planta de indualcohol	43
Figura 3. 12 Ubicación de la planta	44
Figura 3. 13 Diagrama de proceso de producción de alcohol antibacterial	46
Figura 3. 14 Flujo de producción de alcohol antibacterial en la actualidad	47
Figura 3. 15 Tanques de almacenamiento de alcohol.....	48
Figura 3. 16 Bomba de conducción y tanque de almacenamiento de alcohol extraneutro Fuente. El autor	48
Figura 3. 17 Desmineralizador y tanque de almacenamiento de agua tratada	49
Figura 3. 18 Bomba para mezcla de alcohol – agua y filtros.....	49
Figura 3. 19 Mezcla de aditivos.....	50
Figura 3. 20 Alcoholímetro para prueba de Calidad	50
Figura 3. 21 Estación de envasado	51

Figura 3. 22 Herramienta utilizada para el proceso de llenado.....	52
Figura 3. 23 Tapas de botellas para presentaciones de alcohol	53
Figura 3. 24 Etiqueta de Indualcohol	53
Figura 3. 25 Máquina selladora de etiqueta	54
Figura 3. 26 Diferentes presentaciones del alcohol.	55
Figura 3. 27 Presentación de 100ml, 500ml con tapa rosca, spray y atomizador	55
Figura 3. 28 Presentación de 1000 ml, atomizador y tapa rosca	56
Figura 3. 29 Presentación de galón tapa rosca	56

CAPÍTULO 4:

Figura 4. 1. Etapas de dosificación, mezcla y envasado	57
Figura 4. 2 CPU, 1215 DC/DC/DC, Referencia 6ES7 215-1AG40-0XB0 .58	
Figura 4. 3. CPU, procesador Corei7, 10ma generación, 16 RAM, SSD 500Gb.....	58
Figura 4. 4 Dispositivos CPU 1215C; PC Operador	59
Figura 4. 5 Red industrial Profinet.....	59
Figura 4. 6. Data Block	61
Figura 4. 7. Secuencia [DB1].....	62
Figura 4. 8. Function Block (FB).....	63
Figura 4. 9. SYS_FB_ANA_IN [FB40].....	63
Figura 4. 10. SYS_FB_M1D [FB41].....	64
Figura 4. 11. SYS_FB_V2D [FB42]	64
Figura 4. 12. <i>Function Block</i> (FC)	65
Figura 4. 13. FC para el proceso de dosificación	65
Figura 4. 14. secuencia del proceso de mezclado	65
Figura 4. 15. Control de válvulas de envasado	65
Figura 4. 16. control de banda de botellas	66

Figura 4. 17. complemento de finalización del proceso66

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 3:

Tabla 3. 1 Insumos para la producción del alcohol.....	37
Tabla 3. 2 Capacidad Instalada de la empresa Indualcohol.....	45
Tabla 3. 3 Áreas de Indualcohol.....	45

CAPÍTULO 4:

Tabla 4. 1 . Variables PLCs	60
-----------------------------------	----

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfoca en la propuesta de la automatización de la línea de dosificación y envasado en una fábrica de alcohol antibacterial. El uso de las tecnologías de la información (TI) facilita la implementación de mejoras en los procesos productivos, administrativos y de comunicación de las empresas. La metodología de investigación es documental por la revisión de manuales y fuentes de información. Es descriptiva por cuanto se detalla y además se seleccionan los elementos y dispositivos para automatizar las líneas productivas antes mencionadas. Es metodología empírica por manejo de software y programación para automatizar las líneas de producción del alcohol antibacterial. El uso de sensores e instrumentos de campo más la conexión a un controlador lógico programable en las máquinas de la producción de facilita tomar acciones de control de manera automática. Por consiguiente, el resultado de la automatización reduce costos por la fabricación del producto.

PALABRAS CLAVES: Automatización, Sensor, Envasado, Empacado, PLC, Eficiencia.

ABSTRACT

The present degree work focuses on the proposal for the automation of the packaging and packaging line in an antibacterial alcohol factory. The use of information technologies (IT) facilitates the implementation of improvements in the production, administrative and communication processes of companies. The research methodologies are documentary by reviewing manuals and sources of information. It is descriptive insofar as it is detailed and also the elements and devices are selected to automate the aforementioned production lines. It is an empirical methodology for software management and programming to automate the production lines of antibacterial alcohol. The use of sensors and field instruments plus the connection to a programmable logic controller in the packaging and packaging machines makes it easy to take control actions automatically. Therefore, the result of automation reduces costs for the manufacture of the product.

KEYWORDS: Automation, Sensor, Packaging, Packaging, PLC, Efficiency.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

El término de eficiencia en un proceso industrial productivo implica manejar productividad en niveles altos, y las pérdidas y gastos en niveles bajos. Bajo este contexto los procesos manuales en la industria requieren de mucho personal para maniobrar las máquinas. Con la aparición de los controladores industriales y programables se puede conectar sensores y dispositivos en una máquina con el fin de automatizar su operación. En la empresa INDUALCOHOL desde sus inicios se ha mantenido un proceso manual en toda su cadena productiva. y con el impacto de la pandemia del COVID-19, la demanda de alcohol antibacterial ha aumentado en el mercado local, esto ha generado una desventaja frente a sus competidores.

La automatización de un proceso consiste en la sustitución de aquellas tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo. De este modo, gracias al uso adicional de sensores, controladores y actuadores, así como de métodos y algoritmos de conmutación, se consigue liberar al ser humano de ciertas tareas. (DIECC, 2018). En la práctica, la automatización de máquinas puede significar la automatización de máquinas completamente independientes, máquinas que ya están integradas en un sistema de automatización o un híbrido de las dos, este enfoque ayuda a la productividad. La instalación de sistemas de automatización trata de agregar nuevos elementos, dispositivos y herramientas para perfeccionar las máquinas existentes

La automatización que se propone busca mejorar la operación de máquinas dentro del área de dosificación y envasado para mitigar pérdidas del proceso y aumentar la producción, siendo sus beneficiarios directos los operarios del área de envasado, al igual que el dueño de la empresa. Esto en términos general conlleva a acercarse a la Industria 4.0. Las empresas pequeñas y medianas pueden implementar sistemas con control automatizado, con aquello se logra eficiencia, productividad, ahorro de costos operacionales, financieros y hasta de recurso humano.

1.2 Planteamiento del problema

No existe eficiencia en el proceso productivo de embotellado de alcohol en la empresa INDUALCOHOL. La operación de dosificación y posterior envasado de alcohol antibacterial no cuenta con un proceso tecnificado o bien automatizado. Todos los procesos son manuales, esto tiene como consecuencias una baja producción y aumento de costos operativos.

1.3. Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado para el proceso de dosificación y envasado de alcohol antibacterial.

1.4 Objetivos Específicos

1. Describir los procesos de dosificación y envasado de alcohol antibacterial.
2. Seleccionar los equipos de automatización e instrumentación adecuados para la implementación de los sistemas de dosificación y envasado.
3. Diseñar el programa utilizando el software TIA Portal Profesional V15.1.

1.5 Justificación

El proceso de dosificación y envasado en la empresa INDUALCOHOL amerita un estudio de rediseño de sus instalaciones de la planta envasadora de alcohol antibacterial con el fin de disminuir las pérdidas que genera dicho proceso. Con la propuesta de automatización se pretende reducir costos operativos en un porcentaje considerable, se podrá conocer el estado actual de sus procesos, para evaluaciones futuras. En la actualidad con una pandemia en curso, la demanda de productos como el alcohol antibacterial obliga a la empresa a actualizar y automatizar su proceso de fabricación de manera más eficiente.

1.6 Metodología

Para el presente trabajo de titulación se realiza investigación: documental, descriptiva y de campo.

Investigación documental: El aporte del trabajo de titulación inicia con la revisión de fuentes bibliográfica para automatizar y lograr eficiencia en la fabricación. Por consiguiente, la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.

Investigación descriptiva: Se utiliza para describir las características de una población o fenómeno en estudio. Utilizando criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020).

Investigación empírica: La investigación empírica facilita solución a nivel de ingeniería, Esto implica conocimiento de programación en el software del PLC. Además, manejo de instrumentos de medición.

CAPÍTULO 2:

LA AUTOMATIZACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES

La concepción de automatización simplemente implica la adición (y evolución) de las computadoras, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea. Las computadoras y sus procesadores con la composición requerida de velocidad, procesamiento, reducción de tamaño ha permitido que los controladores lógicos programables (PLC, Programmable Logic Controller), puedan controlar procesos secuenciales tales como cadenas de transporte, montaje, etc.

Los principales objetivos del proceso de automatización son:

1. Mejorar la productividad y eficiencia, reduciendo los costos de producción y mejorando la calidad y precisión del producto final.
2. Optimizar la planificación y el control.
3. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo las tareas más tediosas e incrementando su seguridad.
4. Realizar aquellas operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

La automatización de procesos industriales se está volviendo cada vez más cruciales para la fabricación en una variedad de sectores. A menudo se las considera soluciones técnicas. Sin embargo, el hecho es que los sistemas de control de automatización industrial tienen un impacto en la empresa en general, lo que significa que pueden mejorar significativamente la productividad. Estas mejoras se centran en una mayor fabricación tanto en la planta como en otras áreas de la organización. (AMBIT, 2020). Las empresas siempre buscan la manera de optimizar sus procesos y tareas con el objetivo de minimizar los costes, mejorar su eficiencia y aumentar su productividad.

En la figura 2.1 se muestra la pirámide de automatismo, en donde la base de la pirámide son los sensores, equipos medidores, actuadores, etc.

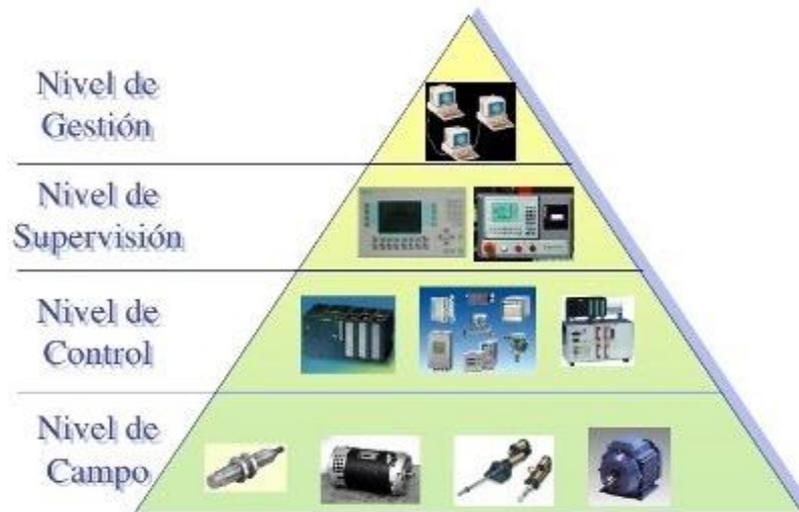


Figura 2. 1 Pirámide de la automatización

Fuente: (OPC, 2016)

2.1 Criterios para automatizar

La automatización no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías.

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema. Cuando se compara la automatización frente al control manual existen diferencias a la

hora de realizar las distintas tareas (Alianza Tecnológica Intersectorial de Galicia, 2017).

2.2 Los sistemas automatizados

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, como ya se mencionó en las secciones anteriores. Un sistema automatizado consta principalmente de dos partes: una de mando y otra operativa. Esta última es la que actúa directamente sobre la máquina haciendo que se mueva y realice la operación deseada gracias a los actuadores y sensores que la componen (Tekniker, 2019). La parte de mando o control, sin embargo, suele ser un controlador industrial o PLC que es capaz de comunicarse con el resto de equipos constituyentes del sistema.



Figura 2. 2 PLCs de la familia Siemens

Fuente: (CTIN, 2017)

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un PLC es: “Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (On/Off) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

Las etapas de desarrollo de un sistema automatizado son las siguientes:

1. Falta de aparatos automáticos y manuales para la adquisición de los datos principales. Procesamiento de datos por medio de aparatos de medida semiautomáticos.

2. Utilización de aparatos de registro y regulación automáticos para las mediciones indirectas.

3. Empleo de sistemas con control centralizado y procesamiento de datos por medio de aparatos de computación programables con o sin conexión física directa.

4. Utilización de: convertidores analógico-digital para datos analógicos, sistemas de medida de información con sistemas de computadores embebidos, automatización compleja para complejos indirectos y mediciones combinadas, automatización del diseño gráfico, etc.

5. Uso de redes de computadores miniaturizados, embebidos y con PC, desarrollo de sistemas para logística, así como de técnicas de procesamiento de datos como la auto-regulación, compresión automática de los datos, acumulación y sistematización de las bases de datos, etc. Hoy en día, para conseguir la automatización de un sistema, se utilizan principalmente métodos de control numéricos y, específicamente, métodos de control por computación. También han ido aparecido conceptos, tales como CAD (Diseño asistido por computador), CAM (Manufactura asistido por computadores) y, en general. Sin embargo, los principales modos de automatización son: Sistemas Neuronales Artificiales (ANN), sistemas de control distribuido (DCS), interfaz hombre-máquina (HMI), control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), PLCs, los controladores programables automáticos (PAC) y robótica.

Los sistemas de automatización industrial implican la integración de dispositivos, máquinas y equipos dentro de la planta de fabricación. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, también pueden ir más allá al integrar el sistema en la planta con el resto de la organización. Esto incluye procesos de cumplimiento, cadenas de suministro, operaciones de ventas, I+D y más. (Manrique, Taco, & Morales, 2019)

Las soluciones de sistemas de control de automatización industrial requieren infraestructuras seguras para permitir las comunicaciones y las transferencias de datos, así como dispositivos inteligentes para la recopilación de datos. Por lo general, esto se logra a través de sensores en máquinas y equipos. Los sistemas de control de automatización industrial también requieren hardware, software y soluciones de comunicación que conviertan los datos recopilados por los sensores en información que resulte en una acción automática.

Podrían ser acciones dentro de la línea de producción, como pasar de un lote a otro. Sin embargo, también puede ir más allá, como controlar automáticamente el nivel de producción en función de los datos recopilados automáticamente y en tiempo real de los canales de venta y distribución.

2.3 Ventajas de mejorar la productividad

Estas son algunas de las mejoras de productividad que los sistemas de control de automatización industrial aportan a una empresa:

- Como el sistema de control de automatización se ocupa de tareas repetitivas, puede optimizar el uso de recursos en sus líneas de producción. Esas tareas repetitivas cubren todo, desde cambios de lotes hasta el registro de información de lotes, la programación del mantenimiento de rutina de la máquina y más.
- Los sistemas de control de automatización también aumentan la flexibilidad y la escalabilidad. Por ejemplo, introducir nuevos productos en la línea de producción es un proceso más fluido y rápido. También es mucho más fácil escalar la producción hacia arriba o hacia abajo según lo dicten las necesidades del negocio.
- Mayor precisión en la recopilación de datos que conduce a mejoras significativas en la trazabilidad de lotes y productos individuales. Esto ahorra dinero, ya que necesita asignar menos recursos a este proceso, además de mejorar los estándares de servicio al cliente. Mejora el cumplimiento en las industrias reguladas
- Los sistemas de control y automatización industrial también mejoran la precisión en las operaciones generales de su fábrica. Esto se debe

a que un controlador programado, como un PLC realizará una tarea con el mismo estándar y dentro de los mismos parámetros cada vez.

- La planta de producción experimentará un tiempo de inactividad reducido ya que los procesos automáticos pueden predecir fallas, programar los tiempos más eficientes para el mantenimiento y más. Así se podrá enviar una alerta del sistema automatizado cuando se necesita un mantenimiento regular, sin necesidad de tener que esperar a que la máquina falle o se rompa para repararla. Las máquinas, plantas y dispositivos pueden ser monitoreadas en tiempo real, optimizando su desempeño. La implementación de este tipo de solución puede reducir significativamente las visitas in situ de los técnicos. Véase la figura 2.3-



Figura 2. 3 Sistema automatizado con control de fallas

Fuente: (Barbat, 2020)

2.4 Parámetros de sistemas automatizados

Los parámetros característicos a mejorar con la automatización son: Productividad, Eficiencia, Precisión y Fiabilidad.

La productividad; Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por cierto sistema productivo y los recursos utilizados en su elaboración. Uno de los objetivos de los sistemas automatizados es conseguir un aumento de esta productividad y reducir la información redundante. Para este fin, se reemplazarán aquellos instrumentos más lentos por otros más rápidos; se utilizarán a la par ambos tipos de instrumentos (rápidos y lentos); se

desarrollarán algoritmos óptimos de ejecución; se realizará una estricta selección de la información útil; y se extraerá la información que buscamos a partir de un cierto procesamiento preliminar. En algunos casos se podrá realizar también una reducción racional de la precisión con el fin de aumentar así las acciones rápidas. (COPADATA, 2020)

Además, se utilizarán aparatos con buffer de tipo acumulativo, procesadores locales y métodos de motivación para aumentar la productividad de los operadores humanos (diálogo, simplificación de funciones, etc.). En resumen, los métodos organizativos utilizados para aumentar la productividad se basan en:

- Emplear medias organizativas para uniformizar la complejidad y carga de los sistemas automatizados.
- Reducción del tiempo de preparación.
- Automatización de aquellas operaciones de ajuste, calibración, diagnóstico de fallos y reparaciones, etc.

La eficiencia: Se define como la relación entre los recursos utilizados en cierto proyecto y los logros conseguidos con el mismo. En el caso de la automatización de sistemas, la eficiencia está caracterizada por la relación entre el tiempo útil y el tiempo total del sistema automatizado. Tiempo útil es aquel en el que realmente está trabajando el sistema, mientras que el tiempo total es aquel durante el cual el sistema se encuentra en condiciones de trabajo (aunque no siempre este ejecutando una tarea). La carga normal de un sistema automatizado tiene una eficiencia igual a 0,15-0,25 y raramente su valor es cercano a la unidad, excepto en estaciones automáticas para usos prolongados o en la automatización de procesos tecnológicos continuos. Sin embargo, en ciertos AS, muy raramente utilizados en experimentos científicos, la eficiencia puede llegar a ser menor a 0,03. (DIECC, 2018).

La precisión: Es el grado de repetitividad de un determinado resultado. La precisión de la reproducción depende del modo proporcionado, así como de la precisión en la medida de varias cantidades. Cuando tenemos medidas combinadas, el problema se resuelve tratando de obtener la misma precisión para cada una de las medias individuales. Además, la precisión de cada una

de las medidas también influye en el sistema. El hecho de tener una medida muy exacta no mejora considerablemente la precisión del sistema total. Sin embargo, una medida inexacta sí puede llegar a devaluar el resto de las medidas, aunque si hayan obtenido con alta precisión. De este modo el propósito para aumentar la precisión de una determinada medida será conseguir precisión en las siguientes mediciones. La toma de mediciones en forma manual o por observación poseen una gran influencia en el control de un proceso. Se ha demostrado cómo la frecuencia de los errores en un control automático puede llegar a reducirse en un orden 3-4 en comparación con el control manual. (DIECC, 2018).

La Fiabilidad. El diccionario de la RAE define fiabilidad como “probabilidad de buen funcionamiento de algo”. Así, en el caso de un sistema, fiabilidad es la probabilidad de que es sistema funcione o desarrolle una cierta función, bajo condiciones ya fijadas y durante un periodo de tiempo determinado. En el caso de los sistemas automatizados, se desea que la fiabilidad sea lo más elevada posible. Para ello, es necesario que no existan pérdidas en la precisión de los datos procedentes a las mediciones y control ni distorsiones intolerables. (Real Academia Española, 2020).

El incremento de la fiabilidad está relacionado con la resolución de tres problemas principales:

- Seguridad óptima;
- Control óptimo de la fiabilidad;
- Higiene óptima del trabajo.

2.5 Sistemas de control en procesos industriales

Se diferencian dos tipos de control: de bucle o lazo abierto y bucle cerrado

1. **Control de lazo abierto,** Es la acción de control del controlador es independiente de la "salida del proceso" (o "variable de proceso controlada"). Un buen ejemplo de esto es una caldera de calefacción para un edificio, la cual está controlada únicamente por un temporizador, de modo que se aplica calor durante un tiempo constante, independientemente de la temperatura del edificio. (La acción de control

es apagar y encender la caldera. La salida del proceso es la temperatura del edificio). (García, 2019)

2. En la figura 2.4 se muestra el lazo abierto de un proceso industrial.

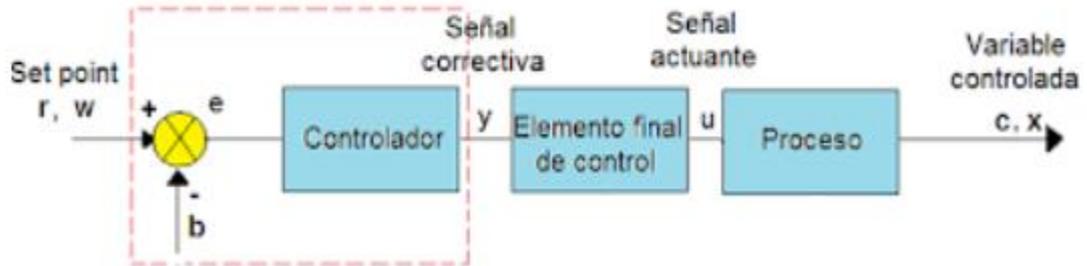


Figura 2. 4 Diagrama de bloque de lazo abierto

Fuente: (Instrumentación y Control, 2017)

Características:

- Depende de la experiencia del operador.
- No corrige el efecto de las perturbaciones ni los cambios de carga.
- No tiene precisión ni exactitud.
- Bajo costo.
- Fácil instalación y mantenimiento

3. **Control de lazo cerrado**, Es la acción de control del controlador depende de la salida del proceso. En el caso de la analogía de la caldera, esto incluiría un sensor de temperatura para monitorear la temperatura del edificio y, por lo tanto, enviar una señal al controlador para garantizar que mantenga el edificio a la temperatura establecida en el termostato. Un controlador de lazo cerrado, por lo tanto, tiene un lazo de retroalimentación que asegura que el controlador ejerza una acción de control para dar una salida de proceso igual a la "Entrada de referencia" o "punto de referencia".

Por esta razón, los controladores de lazo cerrado también se denominan controladores de retroalimentación. En la figura 2.5 se muestra un diagrama de bloque en lazo cerrado.

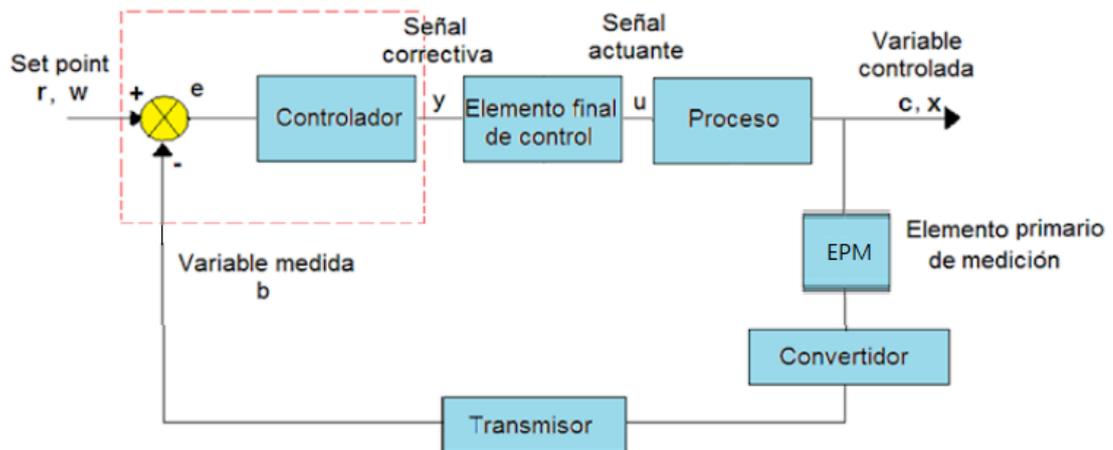


Figura 2. 5 Diagrama de lazo cerrado
 Fuente: (Instrumentación y Control, 2017)

Características:

- Tiene lazo de realimentación, es decir la entrada tiene información de la salida
- Corrige el efecto de las perturbaciones.
- Es más preciso y exacto que el lazo abierto.
- Todo lazo realimentado presenta tiempo muerto
- Es más costoso y su instalación es más compleja que la del sistema de lazo abierto.

En un sistema de control que posee retroalimentación de monitoreo, la señal de desviación formada como resultado de esta retroalimentación se usa para controlar la acción de un elemento de control final de tal manera que tender a reducir la desviación a cero. Asimismo, un sistema de control de retroalimentación es un sistema que tiende a mantener una relación prescrita de una variable del sistema con otra mediante la comparación de funciones de estas variables y el uso de la diferencia como medio de control. (INTECH, 2018)

El tipo avanzado de automatización que revolucionó la fabricación, la aviación, las comunicaciones y otras industrias es el control de retroalimentación, que suele ser continuo e implica tomar medidas con un sensor y hacer ajustes calculados para mantener la variable medida dentro de

un rango establecido. La base teórica de la automatización de circuito cerrado es la teoría de control.

2.6 Acciones de control

En el control de un proceso industrial, lo primero es identificar el tipo de señales con las que se va a trabajar. Las variables involucradas en un proceso industrial pueden ser de dos tipos principales

4. Señales todo-nada o binarias (on-off signals): sólo pueden tener dos valores diferentes en régimen permanente a lo largo del tiempo y por lo cual se las denomina digitales. Por ejemplo: botón pulsado / no pulsado, válvula abierta / cerrada, presencia de objeto / no presencia.
5. Señales analógicas (analog signals) que pueden tener cualquier valor dentro de unos determinados márgenes y que llevan la información en su amplitud. Un ejemplo de variable analógica es la velocidad un de un motor. Ejemplo: temperatura, humedad, luminosidad.

Consecuentemente, la planta que se desee controlar puede ser continua (si utiliza señales analógicas) o discreta (si utiliza señales todo-nada o binarias). Y, a su vez, el controlador puede ser continuo (analógico) o discreto (todo-nada o binario).

2.6.1 Control discreto (activar/desactivar)

Uno de los tipos de control más simples es el control de encendido y apagado. Son aquellos sistemas en los cuales una o más de las variables pueden cambiar solo en valores discretos de tiempo. Un ejemplo es un termostato utilizado en electrodomésticos que abren o cierran un contacto eléctrico. Si la planta y el controlador son discretos, se habla además de sistemas de control lógico, o sistemas de control secuencial. En la figura 2.6 se puede observar un controlador discreto (computador o PLC) que controla una planta discreta mediante actuadores y sensores digitales.

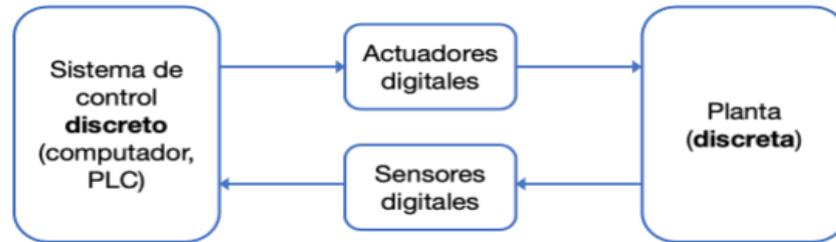


Figura 2. 6 Sistema de control secuencial

Fuente: autor

El control de secuencia, en el que se realiza una secuencia programada de operaciones discretas, a menudo basadas en la lógica del sistema que involucra estados del sistema. Un sistema de control de ascensor es un ejemplo de control de secuencia.

2.6.2 Control PID

Un controlador proporcional-integral-derivativo (controlador PID) es un mecanismo de retroalimentación de bucle de control (controlador) ampliamente utilizado en sistemas de control industrial .En un lazo PID, el controlador calcula continuamente un valor de error $e(t)$ como la diferencia entre un punto de ajuste deseado y una variable de proceso medida y aplica una corrección basada en términos proporcionales , integrales y derivados , respectivamente (a veces denominados P, I y D) que dan su nombre al tipo de controlador.

La comprensión teórica se implementa en casi todos los sistemas de control analógico; originalmente en controladores mecánicos, y luego usando electrónica discreta y más tarde en computadoras de procesos industriales. Vease en la figura 2.10 un diagrama en bloque de un control PID.

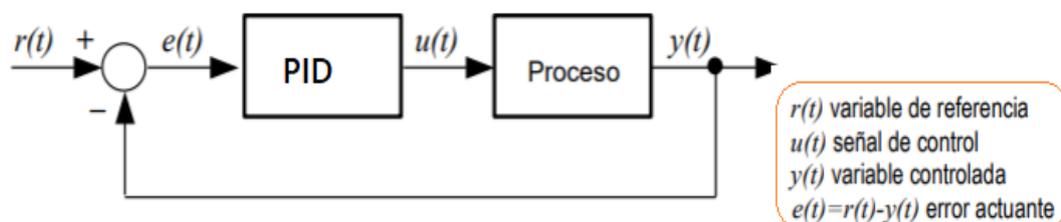


Figura 2. 7 Lazo de control PID

Fuente: (UTN, 2018)

El algoritmo teórico elemental del controlador PID es:

$$u(t) = \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad \text{Ecuación 2.1}$$

La señal de control resulta entonces igual a la suma de tres términos: el término P (que es proporcional al error), el término I (proporcional a la integral del error) y el término D (que es proporcional a la derivada del error). Los parámetros del controlador son la ganancia proporcional K , el tiempo de integración T_i y el tiempo de derivación T_d . Entonces (2.1) es una expresión puramente teórica, ya que incluye un término derivador puro, totalmente inadecuado en presencia de ruido en la medición de la variable controlada.

Los efectos de las acciones proporcional, integradora y derivadora se ilustran en las Figs. 2.8, 2.9 y 2.10 respectivamente en las que se muestran, para un proceso de tercer orden, las respuestas temporales de $y(t)$ para una variación en escalón unitario de la variable de referencia o punto de ajuste (set-point).

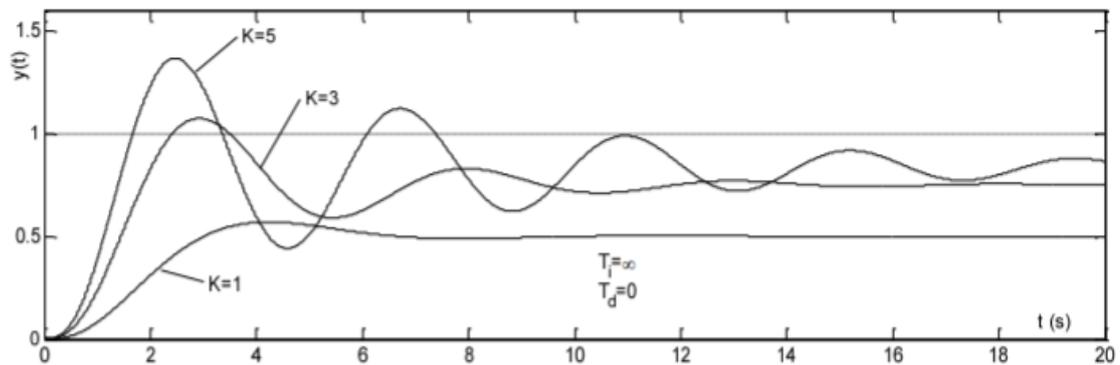


Figura 2. 8. Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional.

Fuente: (UTN, 2018)

La función de transferencia del proceso es $P(s)=1/(s+1)^3$. Con control puramente proporcional, el error en estado de régimen disminuye cuando K aumenta, pero el sistema se hace más oscilatorio.

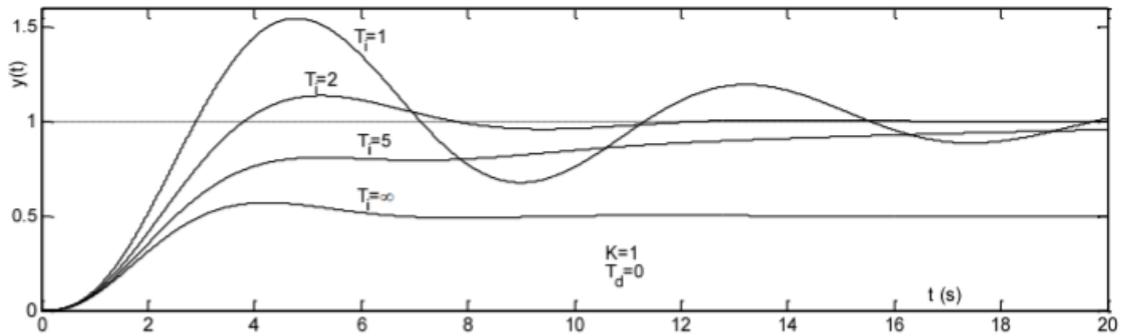


Figura 2. 9. Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional-integrador (PI).

Fuente: (UTN, 2018)

La función de transferencia del proceso es $P(s)=1/(s+1)^3$ y la ganancia del controlador es $K=1$. Al agregar la componente integradora comprobamos que su efecto se incrementa a medida que T_i disminuye. En la Figura 2.9 se observa que el error de régimen desaparece. La tendencia a la oscilación crece a medida que T_i se va haciendo más pequeño.

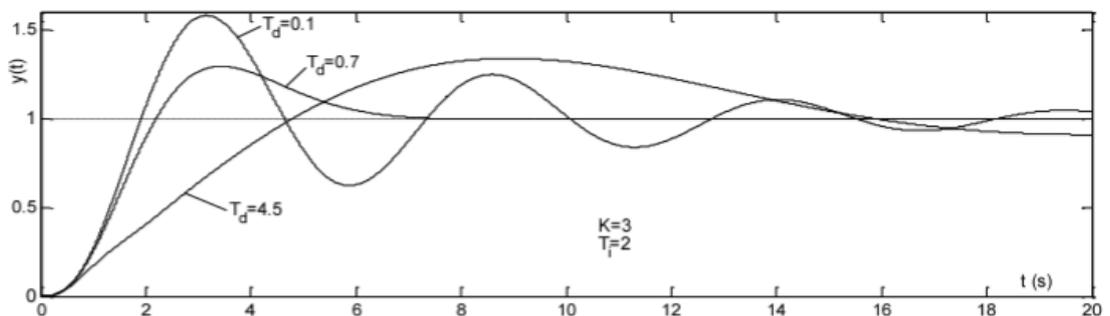


Figura 2. 10. Simulación de un sistema a lazo cerrado con controlador PID.

Fuente: (UTN, 2018)

La función de transferencia del proceso es $P(s)=1/(s+1)^3$. Según se aprecia en la figura 2.10 el efecto derivador; los parámetros K y T_i elegidos hacen oscilatorio (con T_d nulo) al sistema de lazo cerrado (con un período de aproximadamente 6 segundos). A medida que crece T_d aumenta el amortiguamiento, pero éste vuelve a decrecer si T_d se hace demasiado grande. Teniendo en cuenta que la acción derivadora puede interpretarse como una predicción basada en una extrapolación lineal durante el tiempo T_d , vemos que esa predicción resulta inútil si T_d se hace grande respecto del

período de oscilación no amortiguado. La relación de T_d con la dinámica del sistema se explicita en la Figura 2.11.

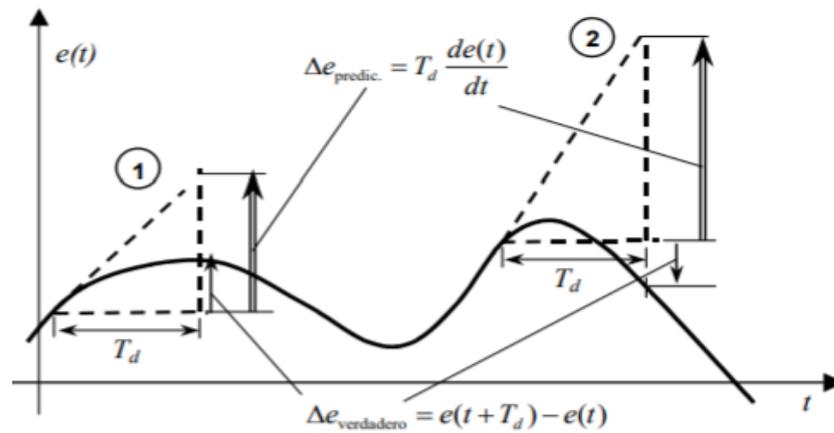


Figura 2. 11 Comparación del efecto predictivo de la acción D y su relación con el sistema.

Fuente: (UTN, 2018)

La predicción (1) es aceptable, mientras que la (2) no lo es, debido al empleo de un valor excesivamente prolongado para T_d .

2.7 Los niveles de automatización

La automatización tiene niveles y esta formalizado o basados en la pirámide de automatización (figura 2.1)

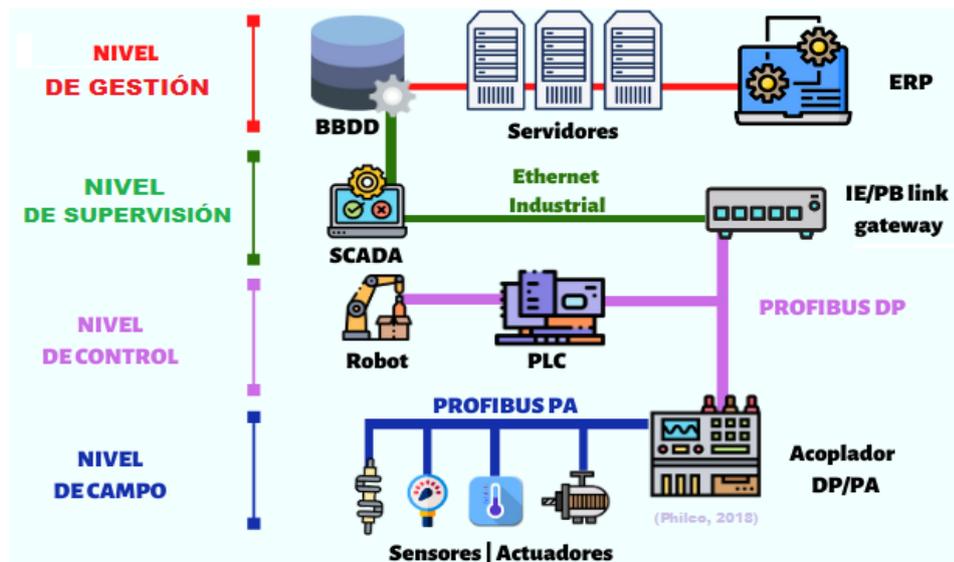


Figura 2. 12 Niveles de automatización

Fuente: (Philco, 2019)

2.7.1 Nivel de campo

Es el nivel más bajo de la jerarquía de automatización que incluye los dispositivos de campo como sensores y actuadores. La principal tarea de estos dispositivos de campo es transferir los datos de los procesos y las máquinas al siguiente nivel superior para su supervisión y análisis. También incluye el control de los parámetros del proceso a través de los actuadores.

Los sensores convierten los parámetros en tiempo real, como la temperatura, la presión, el caudal, el nivel, etc., en señales eléctricas. Estos datos de los sensores se transfieren al controlador para supervisar y analizar los parámetros en tiempo real. Algunos de los sensores son el termopar, los sensores de proximidad, los RTDs, los caudalímetros, etc. (SICMA 21, 2021)

Por otro lado, los actuadores convierten las señales eléctricas (de los controladores) en medios mecánicos para controlar los procesos. Las válvulas de control de flujo, las válvulas solenoides, los actuadores neumáticos, los relés, los motores de corriente continua y los servomotores son ejemplos de actuadores. Del nivel de campo se continúa hacia el nivel de control. Tanto las redes cableadas como las inalámbricas se utilizan para la comunicación y, utilizando esta comunicación,

2.7.2 Nivel de control

Es el nivel medio en la jerarquía y este es el nivel donde se ejecutan todos los programas relacionados con la automatización. Para este propósito, generalmente se utilizan Controladores Lógicos Programables o PLC, que brindan capacidad de cómputo en tiempo real.

Los PLCs generalmente se implementan utilizando microcontroladores de 16 o 32 bits y se ejecutan en un sistema operativo propietario para cumplir con los requisitos en tiempo real. Los PLCs también pueden conectarse con varios dispositivos de E/S y pueden comunicarse a través de varios protocolos de comunicación como CANBus, FieldBus, ProfiBus etc. Este nivel consta de varios dispositivos de automatización como máquinas CNC, PLC, robots industriales etc., que adquieren los parámetros del proceso a partir de varios sensores.

2.7.3 Nivel de Supervisión

En este nivel, los dispositivos automáticos y el sistema de monitoreo facilitan las funciones de control e intervención, como la interfaz hombre-máquina (HMI), la supervisión de diversos parámetros, el establecimiento de objetivos de producción, el archivo histórico, la configuración del arranque y la parada de la máquina, etc.

En este nivel se suelen utilizar HMI de sistemas de control de distribución (DCS) o de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).

2.7.4 Nivel de Gestión.

Es el nivel superior de la automatización industrial que gestiona todo el sistema de automatización. Las tareas de este nivel incluyen la planificación de la producción, el análisis de clientes y productos, los pedidos y las ventas, etc. Por tanto, se ocupa más de las actividades comerciales y menos de los aspectos técnicos. Por otro lado, hay que destacar las redes de comunicación industrial en los sistemas de automatización industrial, ya que transfieren la información de un nivel a otro. Por lo tanto, están presentes en todos los niveles del sistema de automatización para proporcionar un flujo continuo de información. Esta red de comunicación puede ser diferente de un nivel a otro. Algunas de estas redes son Ethernet, PROFINET, PROFIBUS, Modbus, DeviceNet, etc. De la jerarquía anterior podemos concluir que hay un flujo continuo de información desde el nivel alto al nivel bajo y viceversa. (SICMA 21, 2021).

2.8 Tipos de sistemas de automatización

Los sistemas de automatización industrial generalmente se clasifican en cuatro tipos.

1. Sistema de Automatización Fijo
2. Sistema de automatización programable
3. Sistema de automatización flexible
4. Sistema de Automatización Integrado

2.8.1 Sistema de Automatización Fijo

En este sistema, el equipo de producción se fija con un conjunto fijo de operaciones o tareas y rara vez hay cambios en estas operaciones. El sistema de automatización fijo generalmente se usa en procesos de flujo continuo como transportadores y sistemas de producción en masa. Estos son sistemas automatizados diseñados para agilizar procesos específicos. Se utilizan principalmente para fabricar productos idénticos que no requieren personalización.

2.8.2 Sistema de automatización programable

En este sistema, la secuencia de operaciones, así como la configuración de la maquinaria, se pueden cambiar mediante controles electrónicos. Este sistema requiere una cantidad significativa de tiempo y esfuerzo para reprogramar las máquinas y generalmente se usa en la producción por lotes. En otros términos, aquí se reconfigura y ajusta maquinaria y software de acuerdo a personalizar el producto. Es el más utilizado cuando se trata de fabricar productos en lotes siguiendo diferentes especificaciones, ya que facilitan el cambio de artículos a fabricar.

2.8.3 Sistema de automatización flexible

Un sistema de automatización flexible suele estar siempre controlado por computadoras y, a menudo, se implementa donde el producto varía con frecuencia. Las máquinas CNC son la apuesta ejemplar de este sistema. El código dado por el operador a la computadora es único para un trabajo en particular y en base al código, la máquina adquiere las herramientas y equipos necesarios para la producción. Estos sistemas adaptan sus configuraciones a las características del producto de forma automática, sin necesidad de reconfigurarlos manualmente. Este tipo de automatización hace posible que los robots trabajen interconectados y que el intercambio de información coordine sus acciones. (INFAIMON, 2019).

2.8.4 Sistema de Automatización Integrado

Un Sistema Automatización integrado es un conjunto de máquinas, procesos y datos independientes, todos trabajando sincrónicamente bajo el mando de un único sistema de control para implementar un sistema de automatización de un proceso de producción. CAD (diseño asistido por computadora), CAM (fabricación asistida por computadora), herramientas y máquinas controladas por computadora, robots, grúas y transportadores se integran mediante una programación compleja y control de producción (SICMA 21, 2021).

Gracias a los sistemas de programación y control de producción, es posible automatizar diferentes máquinas, procesos, robots, grúas, cintas transportadoras... De esta forma, es posible controlar y monitorizar todo desde un único sistema de control.

2.9 La Industria 4.0

El término Industria 4.0, fábricas del futuro o fábricas inteligentes, se refiere a la cuarta revolución industrial impulsada por la transformación digital basada en la incorporación de forma extendida de nuevas tecnologías a los procesos industriales tanto de forma horizontal (*Smart Factories*), conectando todos los procesos de la fábrica, personal y equipamiento, como de forma vertical integrando en el sistema a toda la cadena de valor (proveedores y clientes) (ATIGA, 2017)

Esta cuarta revolución industrial está íntimamente ligada a la interrelación entre la automatización y las tecnologías de la información y la comunicación. Dentro de la Automatización encajaría una multitud de tecnologías consideradas habilitadoras 4.0 que se tocarán en otros estados del arte de este estudio, por lo que para poder acotar y organizar la información, en relación a la Industria 4.0, la Automatización avanzada se entenderá como:

- Sensorización avanzada a nivel de fábrica.
- Fabricación multietapa y flexible.
- Smart Manufacturing (sistemas ciberfísicos (CPS)).

Por otro lado, hay la robótica avanzada y colaborativa, que se define como un caso particular de automatización, y dado su importancia tanto presente como futura, se tratará de forma independiente. En este caso se trata de robots dotados de elementos de sensorización que pueden ser integrados en entornos de fabricación ágil, trabajando mano a mano con operarios, donde la seguridad del trabajador es un aspecto central a tener en cuenta. Véase un esquema de automatización avanzada en la figura 2.13.



Figura 2. 13 Esquema de automatización avanzada y robótica colaborativa
Fuente: (ATIGA, 2017)

Así mismo un escenario de industria 4.0 debe desarrollarse en base a un contexto organizacional como se muestra en la figura 2.14



Figura 2. 14. Tecnologías que permiten implementar industria 4.0
Fuente: (ATIGA, 2017)

2.9.1 Sensórica avanzada a nivel de fábrica

Se lo define como un conjunto de dispositivos que permiten obtener información más o menos compleja de un entorno y, mediante un tratamiento adecuado de esa información, interactuar con él o con un supervisor (generalmente un operario).

El concepto de sensorización avanzada hace referencia a las tecnologías que, mediante la utilización de diferentes sensores, permiten analizar y obtener datos de diferentes máquinas, operarios u objetos, de forma no invasiva. Es una tecnología que colabora activamente y de forma transversal como parte del resto de las tecnologías habilitadoras 4.0, ya que es la fuente de datos que, mediante un procesado analítico, permite dotar de la característica de “inteligente” al proceso o producto. Es decir, hace referencia a todas aquellas tecnologías que, mediante la utilización de diferentes sensores, nos permitirán analizar y obtener datos de diferentes objetos, de una manera no invasiva. Hablamos de tecnologías de visión, ultrasonidos, acústica y fotónica. En el primer grupo mencionado, englobaríamos la visión artificial, el escaneado 3D, espectrometría y termografía. Las posibilidades que tiene la sensórica avanzada en sus diferentes ramas son innumerables. (ITA INNOVA, 2020).

De forma general, la clasificación de los sensores podría establecerse de la siguiente forma:

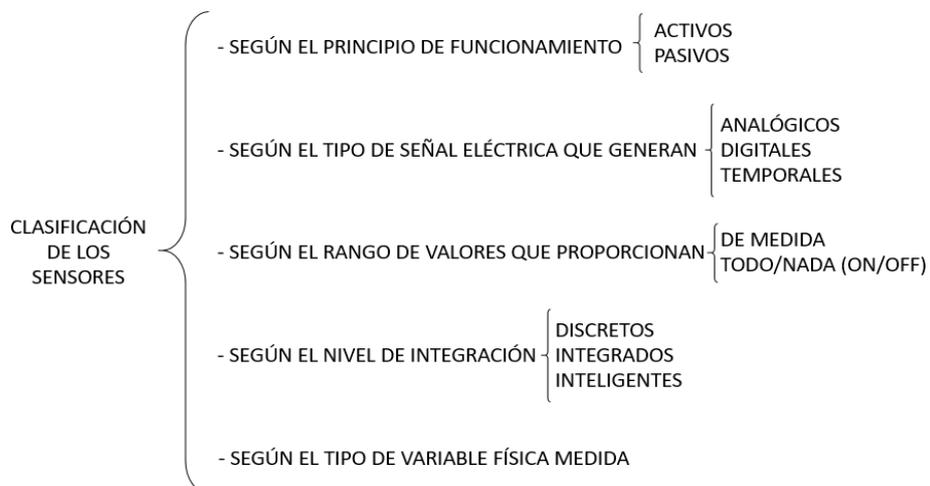


Figura 2. 15. Clasificación de los sensores

Fuente: autor

Para conseguir un salto de calidad en las líneas propuestas por la Industria 4.0, la sensorización avanzada a nivel de planta de producción debe dar soporte a la consecución de los siguientes objetivos:

- Cero defectos: La automatización de la planta basada en sensorización avanzada, debe ir en la línea de conseguir este ambicioso objetivo.
- Toma de decisiones a nivel producción en tiempo real.
- Trazabilidad en toda la cadena de valor, se busca tener la historia individual de cada unidad producida.
- Fiabilidad en las máquinas, se busca mediante por un lado la recolección, almacenaje y procesado
- en tiempo real de los datos recogidos, y por otro el auto diagnóstico y sistemas de alarma basados en algoritmos predictivos, conseguir una fiabilidad total durante la vida útil de la máquina.
- Fábrica medioambientalmente sostenible, tanto a nivel de gestión y reutilización de los residuos como de recuperación de energía.

Se pueden considerar como tecnologías de sensorización avanzada a nivel de fábrica, en el dominio de la industria 4.0:

- Visión artificial
- Escaneado 3D
- Espectrometría
- Termografía
- Ultrasonidos
- Acústica
- Fotónica

2.9.2 Fabricación Multietapa y Flexible

A partir del escenario de la figura 2.13 se puede lograr la competitividad de las empresas en gran medida que se adapten rápidamente a la demanda del mercado, cada vez más individualizada, ofreciendo productos innovadores de alta calidad a costes contenidos. La fabricación multietapa y flexible es un concepto que permite acercar ambos extremos (alta calidad y bajo coste), conceptos antagónicos hasta el momento desde el punto de vista industrial.

Esta nueva forma de fabricar necesita un cambio de filosofía de producción, donde se busca fabricar de forma automatizada series más cortas pertenecientes normalmente a una misma familia de productos. Con instalaciones tradicionales sería muy costoso y lento. (ATIGA, 2017)



Figura 2. 16. Fabricación flexible frente a otras tecnologías

Fuente: (ATIGA, 2017)

La fabricación multietapa y flexible, involucra a otras actividades realizadas en la industria como la de compras, almacenaje, el transporte de materiales, verificación de calidad, trazabilidad, embalado, etc.

2.9.3 Sistemas Ciberfísicos

Los sistemas ciberfísicos (CPS por sus siglas en inglés) es uno de los elementos que posibilitan un cambio de paradigma en la industria 4.0. Un sistema ciberfísico es todo aquel equipo que integra capacidad de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con otros equipos o procesos en el mundo físico. Estos sistemas están normalmente conectados entre sí y a su vez conectados con redes globales.

Las principales características de los sistemas CPS son por un lado que pueden utilizar la información proveniente del mundo virtual, de forma que puede tener la capacidad de aprender y evolucionar mediante técnicas de inteligencia artificial, y por otro lado que tiene la capacidad de interactuar con objetos físicos.

Los sistemas CPS son de aplicación en múltiples sectores como fabricación, energía, transporte, Smart cities, salud, etc. Algunos ejemplos de nuevas soluciones aplicadas de CPS, relacionadas con industria 4.0, podrían

ser:

- Control de maquinaria en plantas de producción.
- Monitorización de máquinas de cara a la optimización de su estrategia de operación y mantenimiento
- Robots colaborativos, los cuales tienen en cuenta su entorno y aprenden unos de otros.
- Vehículos autónomos de transporte de piezas que se comunican con otros y con los sistemas de gestión de la fábrica para determinar rutas o velocidades óptimas.
- Dada su complejidad y extensión, esta tecnología se tratará de forma independiente, con un desarrollo propio en este documento.

2.9.4 Robótica avanzada y colaborativa

La robótica avanzada y colaborativa es una rama dentro de la automatización industrial avanzada. Se trata de robots dotados de elementos de sensorización que pueden ser integrados en entornos de fabricación ágil, trabajando mano a mano con operarios, donde la seguridad del trabajador es un aspecto central a tener en cuenta. Estos robots se caracterizan por trabajar en los mismos entornos que los humanos, sin necesidad de instalar los elementos de seguridad requeridos por los conocidos robots industriales. Fáciles de programar y sin necesidades de contar con conocimientos de programación, los robots colaborativos están pensados para que el propio personal de una empresa pueda programarlos y manejarlos de una manera sencilla e intuitiva. Todos estos elementos, unidos a la flexibilidad que aportan al poder realizar tareas de muy diferente tipo (pick & place, montaje, empaquetado, soldadura, atornillado, etc.), acercando la automatización a las pequeñas y medianas empresas de una manera impensable anteriormente.

La robótica avanzada y colaborativa da un paso más a estas definiciones y se enmarca dentro de los habilitadores digitales que permiten la hibridación del mundo físico y digital, es decir, vincular el mundo físico al virtual para evolucionar a una industria inteligente. Véase la figura 2.17.



Figura 2. 17. Habilitadores involucrados en la industria

Fuente: (ATIGA, 2017)

En la industria actual, la robótica procesa o transporta materias primas o materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales. Los robots pueden realizar un amplio catálogo de actividades, a mayores, tienen capacidad de percibir lo que ocurre a su alrededor mediante sensores, moverse en su entorno y comunicarse con otras máquinas y/o personas, todo esto unido al procesamiento de toda esta información en tiempo real mediante tecnologías de la información, hacen que la versatilidad de este tipo de equipos permita su aplicación a un amplio abanico de sectores industriales (ATIGA, 2017). Véase en la figura 2.18 una operación con robot manipulador en un proceso de empaclado.



Figura 2. 18 Robot en proceso de empaclado

Fuente: (DIECC, 2018)

Los robots industriales tradicionales se crearon para reemplazar a los operadores en ciertos niveles de la línea de producción con el fin de reducir los problemas de salud de los empleados y aumentar las tasas de producción. Para alcanzar una velocidad alta, el robot debe realizar movimientos rápidos, que a veces son peligrosos. Estos movimientos rápidos representan un peligro real para las personas de los alrededores. Los robots convencionales no están equipados con sensores especiales, no detectan la presencia de un humano en las proximidades y pueden ser la causa de incidentes. Es por eso que los robots tradicionales están rodeados de jaulas para que nadie pueda estar en el área de intervención alrededor del robot.

Los robots colaborativos o abreviados como cobots están creados para interactuar de forma inteligente con los humanos. Equipados con sensores para detener el robot en caso de contacto no deseado con un elemento externo, fabricados con marcos mucho más ligeros y redondeados, son mucho más seguros para los operadores y ayudan a asegurar el entorno de trabajo de los operadores. La velocidad y potencia de los cobots también está controlada y regida por normas de seguridad para no suponer ningún peligro para los operadores.

Véase en la figura 2.19 el trabajo de un cobot con un humano.



Figura 2. 19. Cobot o robot colaborativo

Fuente: (Electro Industria, 2018)

2.10 Ventajas de la automatización 4.0

Se detallan algunos aspectos de ventaja en industria 4.0:

- Optimizan la fabricación por lotes.

- Se optimiza el empleo de sistemas de transporte de piezas, herramientas, tiempos de puesta a punto...
- Se reduce el material en curso, sólo se fabrica lo necesario. Filosofía Just In Time, los MES (Manufacturing Execution System) ayudan a implementar la filosofía “Just-in-Time”, que significa fabricar solo lo estrictamente necesario, cuando es necesario y solamente en las cantidades imprescindibles. El objetivo es reducir stocks al mínimo necesario.
 - Aumenta la capacidad de reconfiguración de máquinas y plantas de producción.
 - Permite la integración de procesos y sistemas.
- Mejora la gestión de la producción.

2.11 Limitaciones y barreras de la automatización 4.0

Se establecen barreras para la automatización:

- Alto coste inicial en equipos, sistemas de transporte, software.
- La formación ofertada en tecnologías 4.0 es baja todavía en el mercado.
- Desconocimiento sobre las iniciativas INDUSTRIA 4.0 y los casos de éxito.
- La estructura tradicional de recursos en las empresas industriales donde predomina un gran número de operarios de producción, frente a un bajo número de ingenieros y directivos, lo que dificulta los cambios tecnológicos.
- La transformación del negocio. Una vez implantadas las nuevas tecnologías que permiten tomar nuevas decisiones, hay que dar el salto para tomarlas, lo cual aporta elementos de incertidumbre que hay que superar.
- Restructuración completa de la producción por familias de piezas. Los MES implican un cambio de filosofía de producción. Es necesario realizar una serie de tareas de preparación previas de clasificación y codificación a la implantación del MES.

En el siguiente capítulo se detalla el proceso de envasado y empaquetado de alcohol antibacterial.

CAPÍTULO 3: PROCESOS EN FÁBRICACIÓN DE ALCOHOL

En el proceso productivo del alcohol antibacterial se debe distinguir las siguientes etapas, recepción y almacenamiento de materia, dosificación, mezcla y envasado. Luego del envasado en un recipiente determinado este finalmente etiquetado y empaquetado control de calidad para su distribución al cliente final.

3.1 Dosificación y envasado

Los sistemas de llenado de sustancias líquidas, pastosas y en polvo requieren un tipo especial de máquinas de envasado, utilizadas en una gran variedad de industrias. Por ejemplo, en la industria alimentaria, los sistemas de llenado se utilizan para llenar latas, tubos, cajas, botellas y recipientes similares. Las máquinas de llenado también se utilizan en la industria farmacéutica para llenar jeringas, viales, botellas pequeñas y cápsulas. Las industrias cosmética y química se benefician de máquinas llenadoras con una dosificación precisa de polvos, cremas y lociones en diferentes tipos de envases.

Las tecnologías de llenado utilizadas para envasar líquidos y polvos están sujetas a una amplia gama de requisitos y normativas; desde estrictas condiciones de higiene y requisitos de alta precisión para el llenado y dosificación en el sector farmacéutico hasta diversos tipos de envases utilizados en la industria alimentaria, como las cápsulas de café, hasta la manipulación de productos químicos tóxicos o líquidos inflamables.

Para cumplir con los requisitos técnicos y legales de cada aplicación, los sistemas de llenado deben personalizarse individualmente en función de las necesidades de cada cliente. Cuando solicita una solución para un sistema de llenado o dosificación. Soluciones para esta etapa productiva son incluir máquinas de llenado semiautomáticas o completamente automáticas para sustancias líquidas. Los fabricantes de estas máquinas, las diseñan y fabrican bajo pedido, en otros términos, de forma personalizada. Al respecto se distinguen máquinas de envasado monodosis.

Existen cuatro tipos de dosificación monodosis:

1. Envasadora automática de vasos volumétricos, adecuada para dosificar y envasar productos granulados como azúcar, especias, polvos sueltos, sales, semillas, snacks, detergentes en bolsas mono porción. Funciones mecánicas de la máquina dominadas por PLC.



Figura 3. 1 Máquina llenadora con dosificación monodosis granular

Fuente: (Italian Packing Machine, 2021)

2. Envasadora volumétrica automática, apta para dosificar y envasar productos líquidos o cremosos como mayonesa, aceite, nata, detergentes, zumos, así como en monodosis. Funciones mecánicas de la máquina dominadas por PLC.



Figura 3. 2 Dosificadora volumétrica de productos líquidos-cremosos

Fuente: (Italian Packing Machine, 2021)

3. Empaquetadora automática dosificadora de tornillo volumétrico, adecuada para dosificar y empaacar productos en polvo como harinas, leche en polvo, productos farmacéuticos y veterinarios, especias y en monodosis. Funciones mecánicas de la máquina dominadas por PLC.



Figura 3. 3 Dosificadora volumétrica de tornillo sinfín para polvos
Fuente: (Italian Packing Machine, 2021)

4. Empaquetadora automática con carga paso a paso. La carga de productos se puede hacer por número o por pieza. Funciones mecánicas de la máquina dominadas por PLC.



Figura 3. 4 Dosificadora con cinta paso a paso para productos por número o por pieza
Fuente: (Italian Packing Machine, 2021)

Muchas máquinas de este tipo suelen denominarse envasadora y están equipadas con banda transportadora de velocidad regulable, máquina en estado descrito realiza una producción determinada de la siguiente forma:

- Envases de un litro: litros por hora
- Envases de un galón: galones por hora

La utilización de máquinas envasadoras y/o dosificadoras con sistemas análogos, con la utilización de boquillas manuales, sistema de llenado del tanque de forma inadecuada. Sistema de mangueras tanto para la parte hidráulica y neumática inadecuados para el proceso tanto para el producto a envasar.

3.2 Máquina de embalaje

Se utilizan en todas las industrias de pequeña escala. Este proceso de empaque incluye pesar el producto, envolver, llenar, sellar la fecha, combinar. La máquina empacadora puede diseñarse para paquetes pequeños o tamaños de paquetes variables y algunas son ajustables a los tamaños de los paquetes.



Figura 3. 5 Máquina de embalaje convencional

Fuente: (Dymax, 2019)

En la figura 3.5 muestra la máquina de embalaje convencional. La máquina empacadora convencional tiene el procedimiento y la metodología estándar para empacar granos y polvos alimenticios. En este documento, el método de empaque de los granos alimenticios y las especias en polvo se integran juntos. El sellado del rollo de la cubierta tiene un mecanismo separado. Tanto para la

cubierta transparente como para la cubierta de color, es capaz de sellar los granos alimenticios con la cantidad y longitud especificadas del paquete.

3.3 Máquinas de envasadora

Para el proceso de envasado, se utiliza una máquina envasadora de 4 boquillas que se operan manualmente, cuenta con un tanque de almacenamiento de producto con capacidad de 48 galones.

El llenado de este tanque se lo realiza manualmente, teniendo como indicador de nivel un tubo plástico el cual sirve de referencia de llenado para los operadores. El traslado de los envases dentro del proceso de envasado en la máquina se lo realiza utilizando una banda transportadora cuya velocidad no es variable y es baja.

3.4 Insumos para la elaboración del alcohol

Para la elaboración y/o producción adecuada del alcohol antibacterial, es necesario la adquisición de ciertos insumos, los cuales se detallan en la tabla 3.1:

Tabla 3. 1 Insumos para la producción del alcohol

Insumos para elaborar el alcohol
Botellas PET F100 28/PCO Blanco
Botellas PET F500 28/PCO Blanco
Botellas PET F1000 28/PCO Blanco
Tapa Rosca Rojo PET ONE WAY C4000
Etiquetas para botellas de 100 mililitros
Etiquetas para botellas de 500 mililitros
Etiquetas para botellas de 1000 mililitros

Fuente. El autor

3.4.1 Materia prima para la elaboración del alcohol

La materia prima utilizada para la elaboración de alcohol industrial y para el uso de limpieza y desinfección son el Alcohol extraneutro; Agua

desmineralizada o tratada y Aditivos (mentol, alcanfor), los cuales se detallan a continuación:

❖ **Alcohol extraneutro**

El alcohol etílico rectificado extraneutro, es el producto obtenido mediante destilación y rectificación de mostos que han sufrido fermentación alcohólica; como así también se obtiene de la rectificación de aguardientes naturales. (Véase la figura 3.6)

Asimismo, el etanol es el alcohol etílico producido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales (cereales, caña de azúcar, remolacha o biomasa) combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Dependiendo de su fuente de obtención, su producción implica fundamentalmente el proceso de separación de las azúcares, y la fermentación y destilación de las mismas.



Figura 3. 6 Alcohol extra neutro

Fuente. El autor

Por consiguiente, la caña de azúcar proviene de Nueva Guinea con el nombre científico (*Saccharum officinarum*) y es la principal materia prima para la elaboración de alcohol. Un cultivo perenne de esta planta que macolla fuertemente y produce 4-12 tallos, que crecen hasta alcanzar 3-5 metros de altura.

El primer cultivo o caña planta suele obtenerse de un trozo de tallo llamado estaca o esqueje. En algunos países plantan la caña entera. Las yemas u ojos en el esqueje germinan hasta producir brotes y raíces que darán lugar a la primera generación del cultivo. En algunos cultivares las raíces se desarrollan primero y en otros, los brotes.

Por lo tanto, la duración del ciclo de cultivo, de brotación a cosecha varía dependiendo del clima y variedad y suele durar entre 12 a 24 meses. La figura 3.7 se puede ver el proceso de cultivo de la caña de azúcar hasta su maduración.

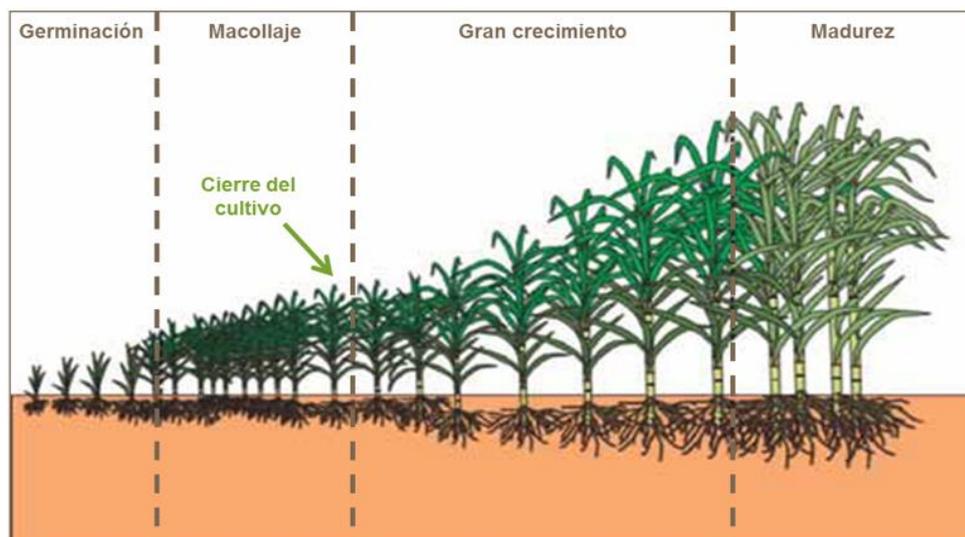


Figura 3. 7 Proceso del cultivo de la caña de azúcar hasta su madurez

Fuente. El autor

La caña de azúcar representa alrededor de 86% de los cultivos de azúcar en el mundo y los países que lideran la producción son Brasil, India, China y Tailandia. De acuerdo a la Federación Nacional de Azucareros- Fenazucar, existen más de 110.000 hectáreas de caña de azúcar en Ecuador, de las cuales entre 80.000 y 85.000 hectáreas se destinan a la producción de azúcar y, lo restante se utiliza para la producción de etanol y otros derivados como la panela. Entre los principales ingenios azucareros del país están San Carlos (Naranjito), Coazucar (ex Ingenio La Troncal), Monterrey (Loja) y Del Norte (Imbabura).

Para la obtención de alcohol etílico las empresas azucareras realizan dos procesos: fermentación y destilación.

Fermentación

La fermentación alcohólica es el proceso de degradación de azúcares por acción de las levaduras, en ausencia de oxígeno, produciendo alcohol con desprendimiento de CO_2 . Para iniciar este proceso es necesario realizar la proliferación de la levadura madre, una vez lista, se llenan los tanques fermentadores y se controla la temperatura. La levadura actúa como catalizador de reacción, ayudando a que se produzca la ruptura de las moléculas de la glucosa.

Destilación

La destilación es el proceso principal en la producción de Alcohol Etílico Rectificado Extranéutro, Alcohol Crudo y Alcohol Anhidro, utilizando como materia prima la melaza o jugo de caña, proporcionado por los ingenios azucareros existentes en el país. El proceso de destilación es realizado con plantas y equipos de última tecnología, asegurando así que el producto terminado sea de alta calidad. La figura 3.8 muestra el proceso de obtención de etanol a partir de caña.

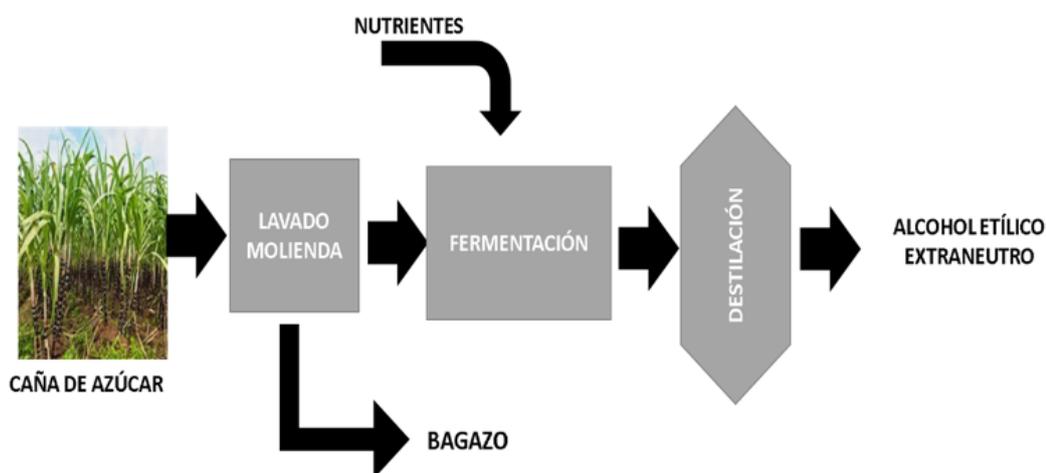


Figura 3. 8 Proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar

Fuente. El autor

El alcohol Etílico al 96% v/v (porcentaje de alcohol en volumen) procedente de las empresas productoras de alcohol que existen en el país como

Producargo, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, SODERAL en el cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas, entre otros.

❖ **Agua desmineralizada o tratada**

Para la preparación de agua desmineralizada se realiza los siguientes trabajos:

- Se toma el agua del tanque de almacenamiento de agua para desmineralizar.
- Se prende el equipo desmineralizador de filtración por ósmosis inversa, el cual contiene filtros de 0.5 micras de diámetro, microfiltros pulidores, rayos ultravioleta y tanque para el almacenamiento de esta agua, misma que queda lista para su posterior uso en la preparación de alcohol antiséptico.

❖ **Aditivos**

Los aditivos que se utilizan para la producción de alcohol en Indualcohol son el mentol y el alcanfor. Estos aditivos proporcionan al producto terminado una mejor calidad en cuanto a olor y propiedades. Aparte el producto terminado es ideal en la desinfección de la piel en general, en excoriaciones, picaduras de insectos e higiene personal, en la desinfección de objetos y superficies ambientales

- **Mentol**

Es una sustancia cristalina cerosa, clara o de color blanco, que es sólida a temperatura ambiente y se funde ligeramente por encima de dicha temperatura. El mentol es un compuesto orgánico que se obtiene sintéticamente como de la naturaleza (menta),

En la figura 3.9 se muestra el mentol en cristales



Figura 3. 9 Mentol en cristales

Fuente. El autor

- Alcanfor

El alcanfor se encuentra en la corteza del árbol *Laurus camphora*, y mayormente se obtiene a partir del aceite de trementina, el cual se presenta en tres formatos: líquido, aceite y crema. Por lo tanto, siempre debe aplicarse de manera tópica, pues ingerirlo puede ser tóxico y peligroso para la salud. Véase la figura 3.10.



Figura 3. 10 Pastillas de Alcanfor

Fuente. El autor

Indualcohol tiene como actividad económica la comercialización de alcohol antibacterial que lleva como marca su mismo nombre. En Indualcohol se realiza desde el proceso de formulación, envasado hasta su empaquetado final para la venta final. El proceso de envasado hasta su empaquetado es manual. El presente estudio pretende otorgar los lineamientos necesarios para automatizar la línea de envasado.

Es así entonces que se contextualiza la situación problemática que se intenta corregir con la finalidad que luego de ser aplicada, pueda ser aplicada posteriormente en empresas que tengan esta misma problemática.

3.5 Descripción de la planta de Indualcohol

Indualcohol es una planta de producción de alcohol industrial para limpieza y desinfección. Pues, las presentaciones son de frasco de 100, 500, 1000 mililitros y galón.

Sin embargo, la planta está construida de cemento, mesones de porcelana, pisos y paredes cubiertas de cerámica, los techos están pintados con pintura acrílica. Además, cuenta con áreas verdes en un 60%, área de recepción de materia prima, baños, vestuarios, fabricación, laboratorio, oficinas, almacenamiento, estacionamiento y atención al cliente. Véase la figura 3.11.



Figura 3. 11 Planta de indualcohol

Fuente. El autor

3.5.1 Localización

Indualcohol se encuentra en la provincia del Cañar, cantón La Troncal, Parroquia Manuel J. Calle, Sector Bella Unión. La figura 3.12 muestra la localización exacta de la planta.



Figura 3. 12 Ubicación de la planta

Fuente. El autor

3.5.2 Tamaño de la empresa

En un proyecto, el tamaño de la empresa se presenta en tres tipos, los cuales se describen a continuación:

- Capacidad diseñada
- Capacidad instalada
- Capacidad Real

Capacidad diseñada: Concieme al nivel máximo posible de producción.

Capacidad instalada: Comprende el nivel máximo de producción con la maquinaria, equipos e infraestructura disponible.

Capacidad real: Es el porcentaje de la capacidad instalada, que en promedio se está utilizando, teniendo en cuenta las contingencias de producción y ventas, durante un tiempo.” (Padilla, 2006)

En la tabla 3.2 muestra los datos de la capacidad de la empresa, con su proceso de producción actual, y también se detalla las cantidades que se aumentaría aplicando dicho estudio.

Tabla 3. 2 Capacidad Instalada de la empresa Indualcohol

Capacidad Instalada de la Empresa Indualcohol			
	Diseñada	Instalada	Real
Proceso Actual	12500 L	6250 L	500 L
Propuesta de Mejora	12500 L	6250 L	1000 L

Fuente. El autor

Con las propuestas de automatización en el proceso de dosificación y envasado se pretende mejorar la capacidad real de producción, demostrando que en toda industria el automatismo es de vital importancia para el desarrollo de la misma.

3.5.3 Infraestructura

La infraestructura de la empresa tiene una dimensión de 11,50x60 metros, la cual representa tener 690 m². En la tabla 3.3 muestra los detalles de las áreas de Indualcohol.. No obstante, se proyecta próximamente ampliar el área para Bodega de materias primas, así como también las de fabricación y envasado.

Tabla 3. 3 Áreas de Indualcohol

Áreas	Ancho (m)	Largo (m)	Total (m²)
Bodega Materia Prima	11	4,9	53,9
Recepción y Despacho de Producto	7,15	4	28,6
Almacén de Producto Terminado	3,4	5	17
Laboratorio	4	3,4	13,6
Fabricación y Envasado	4	6,8	27,2
Oficinas Administrativas	3,4	2,8	9,52
Atención al Público	3,4	2,4	8,16
Parqueadero	4,15	5,8	24,07
Áreas Verdes	11,5	11,9	136,85
Total			318,9

Fuente. El autor

3.5.4 Descripción de equipos

A continuación, se detallan los equipos utilizados en la empresa.

- Tanque de almacenamiento de alcohol extra neutro (1).
- Bomba de conducción de alcohol extra neutro (2).
- Tanque de almacenamiento de alcohol extra neutro para proceso (3).
- Tanque de almacenamiento de agua potable (4).
- Bomba para tratamiento de agua (5).
- Desmineralizador o tratamiento de agua para proceso (6).
- Tanque de almacenamiento de agua tratada (7).
- Bomba para mezcla alcohol – agua (8).
- Filtros de 0.5 micras y microfiltros pulidores (9).
- Tanque de almacenamiento de producto terminado (10).
- Equipo de llenado (11).
- Taponado, etiquetado, almacenamiento, distribución (12).

La figura 3.13 se muestra el proceso de producción de alcohol antibacterial para la limpieza y desinfección. Mientras que la figura 3.14 muestra un flujograma de producción de alcohol antibacterial en la actualidad.

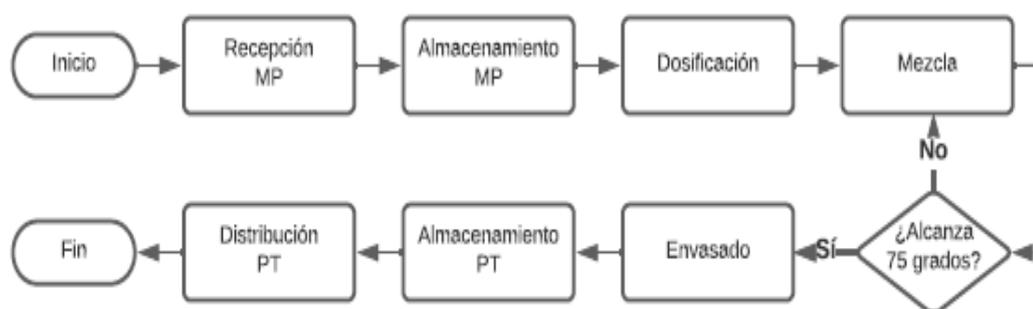


Figura 3. 13 Diagrama de proceso de producción de alcohol antibacterial

Fuente. El autor

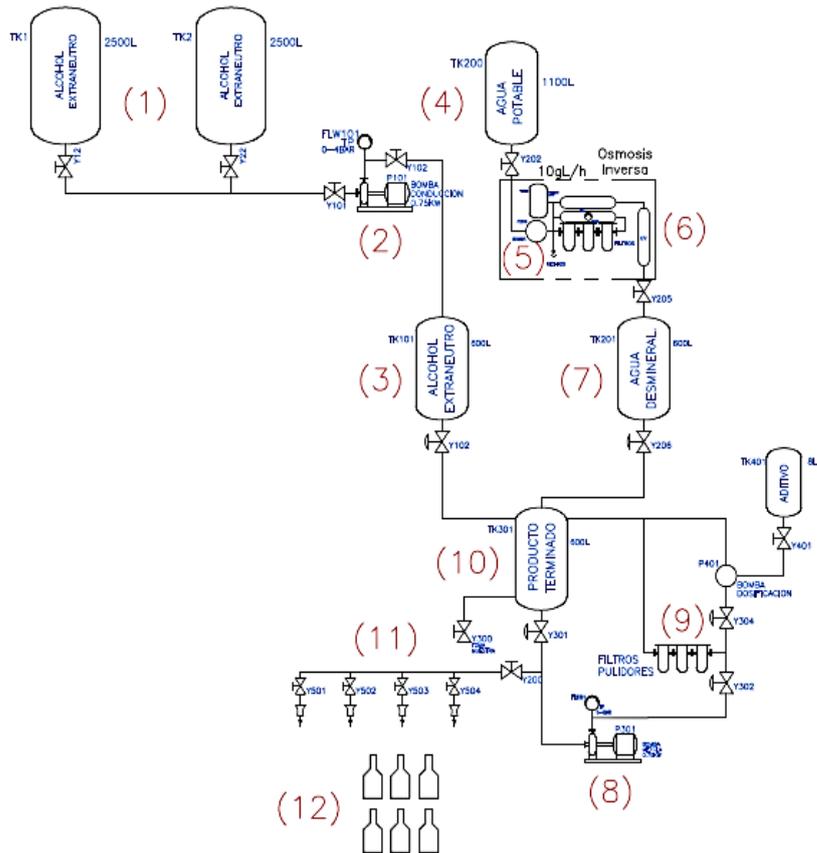


Figura 3. 14 Flujo de producción de alcohol antibacterial en la actualidad

Fuente. El autor

3.6 Proceso de producción alcohol antibacterial

El alcohol extraneutro a Indualcohol ingresa por el extremo sur de la planta, el mismo que es descargado en dos tanques de 2500 y almacenado en al área de bodega; la misma que está construida de cemento armado con gran ventilación, techos y paredes pintadas con pintura acrílica, que conserva la materia prima en buen estado lista para su uso

En la figura 3.15 se puede ver los tanques de almacenamiento de alcohol. En la recepción de materia prima, el alcohol es bombeado desde un camión cisterna de capacidad de 5000 litros, hacia 2 tanques de PVC, de capacidad de 2500 litros cada uno. La capacidad total de almacenamiento de la planta Indualcohol es de 5.000 litros de alcohol extra neutro.



Figura 3. 15 Tanques de almacenamiento de alcohol

Fuente. El autor

La figura 3.16 muestra la bomba de conducción y tanque de almacenamiento de alcohol extra neutro. Ahí se efectúa el bombeo hacia el tanque de mezcla, alcohol extra neutro de 96.4 Gay Lussac.



Figura 3. 16 Bomba de conducción y tanque de almacenamiento de alcohol extra neutro
Fuente. El autor

El agua potable es bombeada a través del equipo desmineralizador y filtración por osmosis inversa, para transportarla al tanque de almacenamiento de agua tratada. Véase la figura 3.17.



Figura 3. 17 Desmineralizador y tanque de almacenamiento de agua tratada

Fuente. El autor

En la figura 3.18 se observa la bomba para mezclar el alcohol – agua y filtros. La misma se procede a mezclar el alcohol con el agua, hasta obtener una mezcla homogénea de 75 grados Gay-Lussac. Esta mezcla se realiza por recirculación mediante un bombeo de la solución alcohol- agua y simultáneamente se procede con la filtración por medio de filtros de 0.5 micras y micro filtros pulidores; el tiempo de mezcla y filtración dura 15 minutos, hasta obtener un alcohol para higiene y limpieza de calidad.



Figura 3. 18 Bomba para mezcla de alcohol – agua y filtros

Fuente. El autor

La adición de aditivos como el mentol y al alcanfor se inyecta en la recirculación, tal como se puede ver en la figura 3.19.



Figura 3. 19 Mezcla de aditivos

Fuente. El autor

En la figura 3.20 muestra el alcoholímetro para medir la prueba de calidad. Para la misma, se toma una muestra y es llevada al laboratorio para su respectivo control de calidad, allí se verifica su grado alcohólico, el mismo que debe estar entre 72 y 75 grados Gay- Lussac.



Figura 3. 20 Alcoholímetro para prueba de Calidad

Fuente. El autor

La responsabilidad de control de calidad es esencialmente para suministrar asistencia al departamento de producción. En caso de haber variantes en el proceso, el departamento de Control de Calidad comunica a Producción para

que se realicen los correctivos necesarios y así mantener los estándares de calidad. En la figura 3.21 muestra la estación del envasado. La mezcla del producto terminado se envía al tanque de acero inoxidable donde es almacenado para luego continuar con el proceso de envasado, tapado y etiquetado.



Figura 3. 21 Estación de envasado

Fuente. El autor

El proceso de envasado, tapado, etiquetado se lo realiza de forma manual; el equipo está construido en acero inoxidable y cuenta con cuatro puntos de llenado, donde se efectúa el tapado para luego sea etiquetado y finalmente, el embalado, para posteriormente ser trasladado al área de bodega, que luego será distribuido a los distintos puntos de venta.

3.7 Envasado en Indualcohol

En el proceso de envasado de la planta, el alcohol a llenar baja por gravedad. Igualmente, se utiliza un equipo que consta de 4 boquillas construido en acero inoxidable y emplea dos personas.

3.7.1 Desventajas en las instalaciones de Indualcohol

El proceso de envasado actualmente instalado en la planta, presenta algunas desventajas descritas a continuación:

- Al utilizar las cuatro envasadoras al mismo tiempo, el caudal baja, por lo que actualmente se utiliza máximo dos de los cuatros puntos de envasado.
- Cada punto de envasado consta con una llave de paso, esto no permite la precisión en el llenado, además de tiempo del operario.
- Utiliza una lámpara como herramienta para observar el nivel interior del frasco al ir llenando las diversas presentaciones.
- Las boquillas del sistema no están niveladas al tamaño de cada uno de los envases.

La figura 3.22 muestra la herramienta que se utiliza para el proceso de llenado.



Figura 3. 22 Herramienta utilizada para el proceso de llenado

Fuente. El autor

3.8 Taponado en Indualcohol

El proceso de taponado utilizado, es el cierre manual a presión, considerando que por las diversas presentaciones en las que se oferta el producto, se tiene cuatro diferentes tipos de tapas, tal y como se observa en la figura 3.23.



Figura 3. 23 Tapas de botellas para presentaciones de alcohol

Fuente. El autor

El taponado manual en la presentación de galón es donde existe más dificultad al operario, llegando incluso a presentar laceraciones en horas de trabajo corridas. Sin embargo, en la presentación de spray y rociador, es mucho más fácil este proceso debido a que solo es tapa rosca y no necesita ejercer presión alguna.

3.9 Etiquetado en Indualcohol

Luego del proceso de envasado y taponado, se procede con el etiquetado de la botella, el cual incluye la información básica sobre el producto; así como otros requerimientos establecidos por ley. El mismo se hace de forma manual despegando las etiquetas de los rollos ya impresos y pegándolas con cuidado a cada botella. Véase en la figura 3.24 la etiqueta del producto.



Figura 3. 24 Etiqueta de Indualcohol

Fuente. El autor

En cada etiqueta antes de ser pegada a la botella, lleva impresa el número de lote, precio y fecha de caducidad y elaboración del producto. Véase en la figura 3.25 el equipo de sellado de etiqueta.



Figura 3. 25 Máquina selladora de etiqueta

Fuente. El autor

3.10 Producto Terminado

La empresa Indualcohol se dedica a la producción y comercialización de alcohol para uso médico, mismo que pertenece a la línea de Antisépticos; esto es, alcohol antibacterial. Un antiséptico es un producto químico que se aplica sobre los tejidos vivos, con la finalidad de eliminar los microorganismos patógenos o inactivar los virus. No tienen actividad selectiva, ya que eliminan todo tipo de gérmenes.

El uso de alcohol al 70% en las manos es un excelente método que reemplazaría en situaciones de emergencia el lavado con soluciones jabonosas, su aplicación es directa sobre los tejidos.

3.10.1 Presentación de los productos

Indualcohol tiene presentaciones de 100, 500, 1000 mililitros y galón. La figura 3.26 muestra las diferentes presentaciones del alcohol.



Figura 3. 26 Diferentes presentaciones del alcohol.

Fuente. El autor

Asimismo, en la fecha se ha innovado con nuevas presentaciones, ofreciendo al público en general en envase con tapa spray y atomizador, tal como se puede observar en la figura 3.27.



Figura 3. 27 Presentación de 100ml, 500ml con tapa rosca, spray y atomizador

Fuente. El autor

Luego, en la figura 3.28 se aprecia frascos de 1000ml., con tapa rosca y atomizador. Asimismo, la figura 3.29 se puede ver en galón.



Figura 3. 28 Presentación de 1000 ml, atomizador y tapa rosca

Fuente. El autor



Figura 3. 29 Presentación de galón tapa rosca

Fuente. El autor

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

4.1 Desarrollo de la propuesta

El desarrollo del automatismo está focalizado en su primera fase, en las etapas de dosificación, mezcla y envasado. El flujograma de la propuesta se muestra en la figura 4.1.

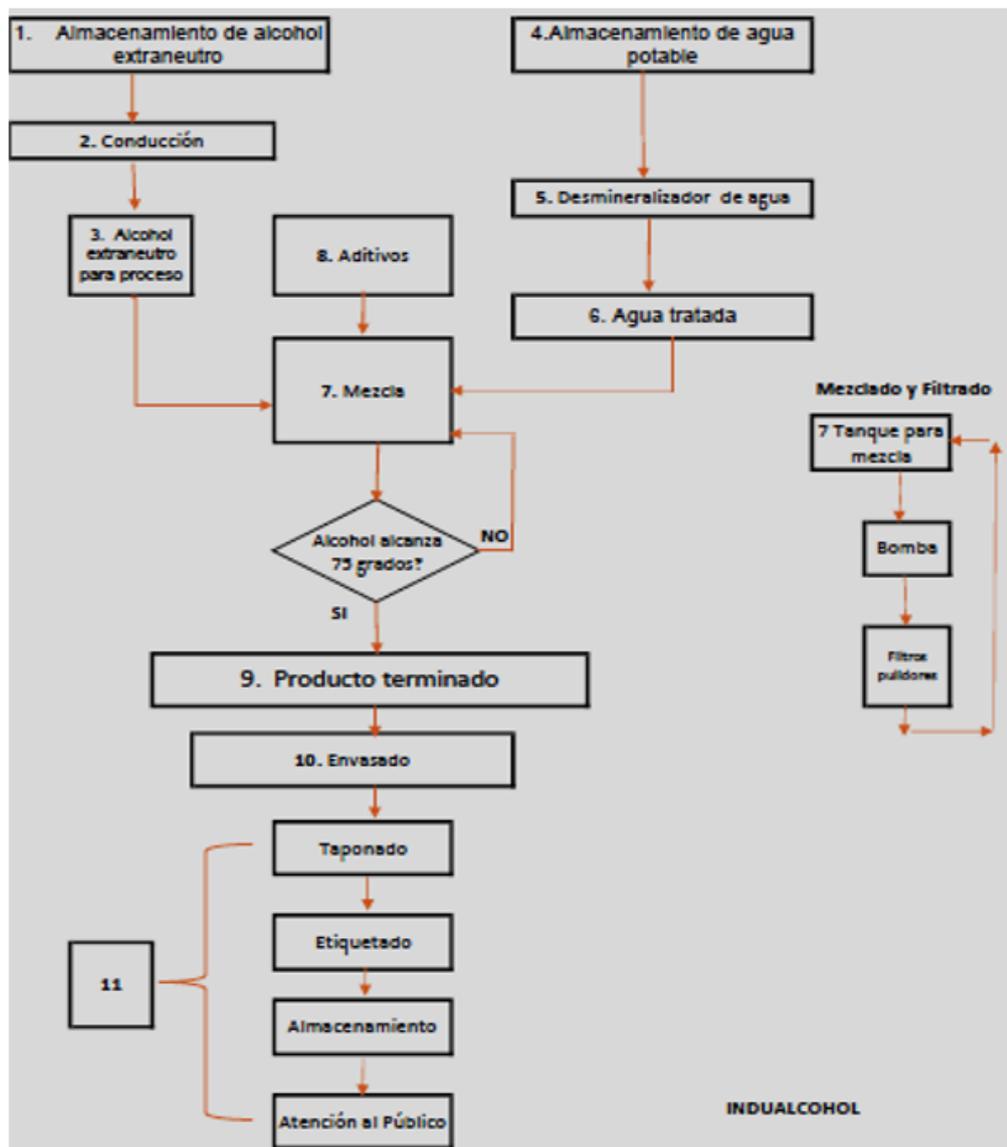


Figura 4. 1. Etapas de dosificación, mezcla y envasado

Fuente. El autor

4.2 Dispositivos de automatización utilizados para Indualcohol

Los dispositivos utilizados para la automatización de la empresa Indualcohol, son los siguientes:

Hardware

1. PLC, S7 1200, Módulos D/DQ/AI. Véase la figura 4.2.

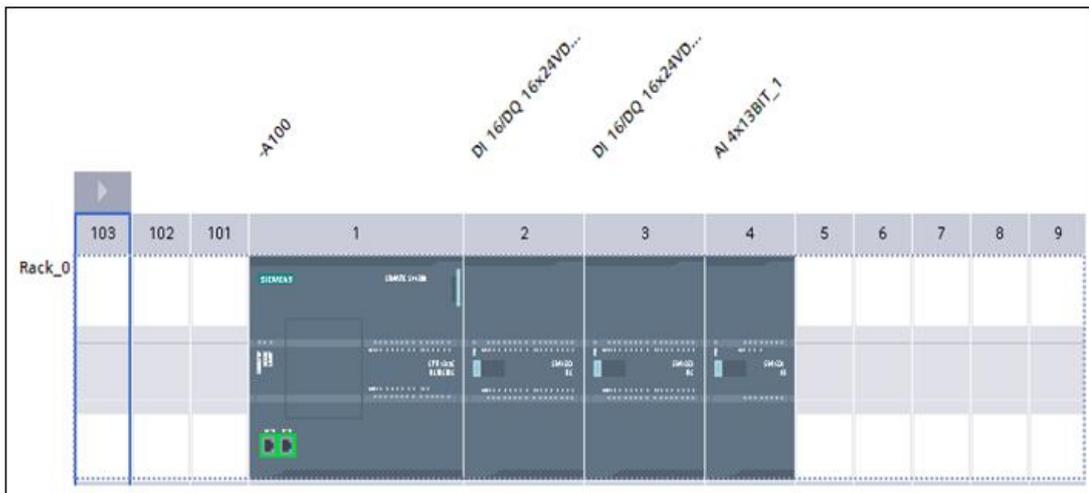


Figura 4. 2 CPU, 1215 DC/DC/DC, Referencia 6ES7 215-1AG40-0XB0

Fuente. El autor

2. Computador personal, SCADA. Véase la figura 4.3.

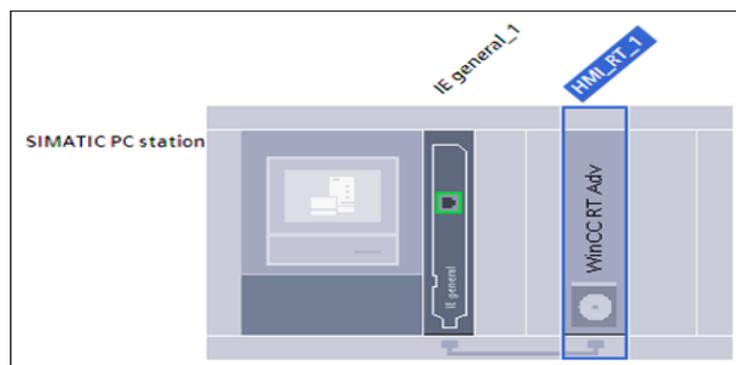


Figura 4. 3. CPU, procesador Corei7, 10ma generación, 16 RAM, SSD 500Gb

Fuente. El autor

Software

- TIA Portal profesional V15.1
- Wincc RT Advance
- Fabricante SIEMENS AG

3. Vista Topológica.

La figura 4.4 muestra los dispositivos CPU 1215C; PC Operador.

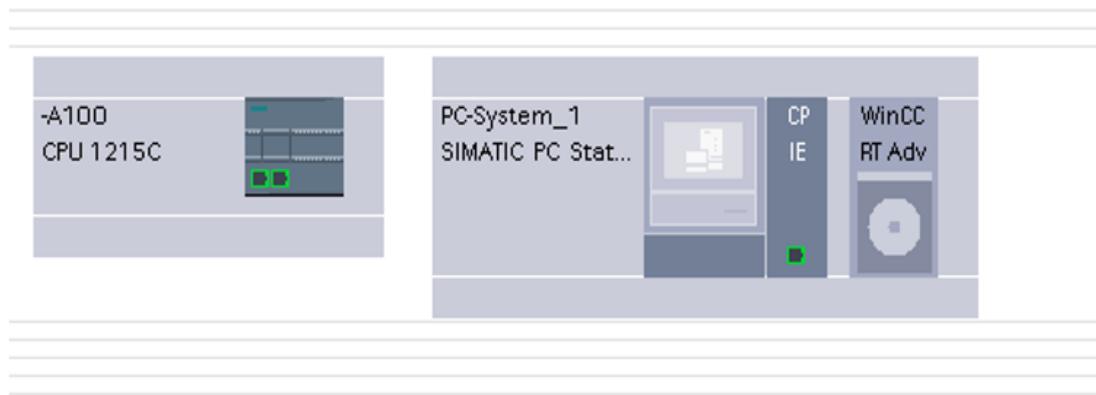


Figura 4. 4 Dispositivos CPU 1215C; PC Operador

Fuente. El autor

4.Vista de Redes

En la figura 4.5 se puede ver la red industrial Profinet (color verde) esta permite en una implementación real, la comunicación de manera remota usando puerto RJ-45 el cual es la interface física para conexión al internet..

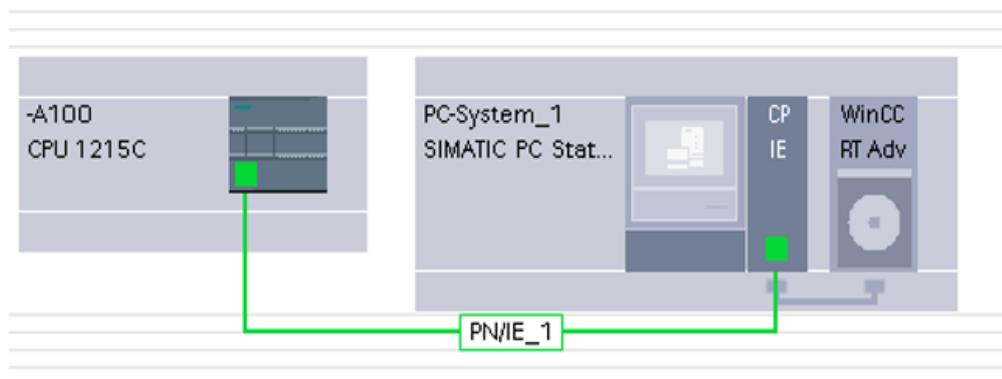


Figura 4. 5 Red industrial Profinet

Fuente. El autor

5. Variable PLC

La tabla 4.1 muestra las variables que se declaran como señales analógicas, discretas etc. Las variables declaradas forman parte del programa de control a través del PLC

Tabla 4. 1 . Variables PLCs

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo d...	Dire...	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	LSH_101	Default tag table	Bool	%I.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL ALTO TANQUE 101 ALCOHOL EXTRANEUTRO
2	LSL_101	Default tag table	Bool	%I.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL BAJO TANQUE 101 ALCOHOL EXTRANEUTRO
3	ZSO_106	Default tag table	Bool	%I.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
4	ZSC_106	Default tag table	Bool	%I.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
5	LSH_201	Default tag table	Bool	%I.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL ALTO TANQUE 201 AGUA DESMINERALIZADA
6	LSL_201	Default tag table	Bool	%I.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL BAJO TANQUE 201 AGUA DESMINERALIZADA
7	ZSO_206	Default tag table	Bool	%I.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
8	ZSC_206	Default tag table	Bool	%I.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
9	ZSO_301	Default tag table	Bool	%I.10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
10	ZSC_301	Default tag table	Bool	%I.11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
11	ZSO_302	Default tag table	Bool	%I.12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
12	ZSC_302	Default tag table	Bool	%I.13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
13	ZSO_303	Default tag table	Bool	%I.14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
14	ZSC_303	Default tag table	Bool	%I.15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
15	ZSO_304	Default tag table	Bool	%I.16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
16	ZSC_304	Default tag table	Bool	%I.17	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
17	PB301_M	Default tag table	Bool	%I.20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PULSADOR DE MARCHA BOMBA P301
18	PB301_P	Default tag table	Bool	%I.21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PULSADOR DE PARO BOMBA P301
19	RDY_301	Default tag table	Bool	%I.22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMACION BOMBA P301
20	PB401_M	Default tag table	Bool	%I.23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PULSADOR DE MARCHA BOMBA P401
21	PB401_P	Default tag table	Bool	%I.24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PULSADOR DE PARO BOMBA P401
22	RDY_401	Default tag table	Bool	%I.25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMACION BOMBA P401
23	LSH_501	Default tag table	Bool	%I.26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL ALTO TANQUE 501 ALCOHOL ANTIBACTERIAL
24	LSL_501	Default tag table	Bool	%I.27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL BAJO TANQUE 501 ALCOHOL ANTIBACTERIAL
25	ZSO_511	Default tag table	Bool	%I.30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
26	ZSC_511	Default tag table	Bool	%I.31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
27	ZSO_512	Default tag table	Bool	%I.32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo d...	Dire...	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
28	ZSC_512	Default tag table	Bool	%I.33	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
29	ZSO_513	Default tag table	Bool	%I.34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
30	ZSC_513	Default tag table	Bool	%I.35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
31	ZSO_514	Default tag table	Bool	%I.36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA ABIERTA
32	ZSC_514	Default tag table	Bool	%I.37	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMIT SWITCH VALVULA CERRADA
33	PB510_M	Default tag table	Bool	%I.40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S500 MANDO LOCAL M510
34	PB510_P	Default tag table	Bool	%I.41	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S501 MANDO LOCAL M510
35	RDY_510	Default tag table	Bool	%I.42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMACION M510
36	PB501_M	Default tag table	Bool	%I.43	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S500 MANDO MANUAL 501
37	PB501_P	Default tag table	Bool	%I.44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S501 MANDO MANUAL 501
38	PEDAL_502	Default tag table	Bool	%I.45	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PEDAL S502
39	PE_SHTDN	Default tag table	Bool	%I.46	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PARO DE EMERGENCIA
40	LIT_301	Default tag table	Int	%IW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE MEZCLA
41	PIT_301	Default tag table	Int	%IW102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE MEZCLA
42	Y_106	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE DESCARGA DE ALCOHOL EXTRANEUTRO
43	Y_206	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE DESCARGA DE AGUA DESMINERALIZA...
44	Y_301	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE DESCARGA MEZCLA
45	P_301	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BOMBA DE MEZCLA
46	Y_302	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE RECIRCULACION FILTROS PULIDORES
47	Y_304	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE RECIRCULACION
48	P_401	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BOMBA DE DOSIFICACION
49	Y_303	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VALVULA DE ALIMENTACION AL TK501 ALCOHOL A...
50	Y_511	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LINEA DOSIFICACION 1
51	Y_512	Default tag table	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LINEA DOSIFICACION 2
52	Y_513	Default tag table	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LINEA DOSIFICACION 3
53	Y_514	Default tag table	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LINEA DOSIFICACION 4
54	H_500	Default tag table	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ROJO

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo d...	Dire... ▲	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
55	H_501	Default tag table	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AMBAR
56	H_502	Default tag table	Bool	%Q1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDE
57	M_501	Default tag table	Bool	%Q1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BANDA TRANSPORTADORA
58	Clock_Byte	Default tag table	Byte	%MB0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_Byte
59	Clock_10Hz	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_10Hz
60	Clock_5Hz	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_5Hz
61	Clock_2.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_2.5Hz
62	Clock_2Hz	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_2Hz
63	Clock_1.25Hz	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_1.25Hz
64	Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_1Hz
65	Clock_0.625Hz	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_0.625Hz
66	Clock_0.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Clock_0.5Hz
67	System_Byte	Default tag table	Byte	%MB1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	System_Byte
68	FirstScan	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FirstScan
69	DiagStatusU...	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DiagStatusUpdate
70	AlwaysTRUE	Default tag table	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AlwaysTRUE
71	AlwaysFALSE	Default tag table	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AlwaysFALSE
72	DEFAULT_OU...	Default tag table	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DEFAULT_OUTPUT
73	TEMPORARY_...	Default tag table	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TEMPORARY_ON

Fuente. El autor

4.3 Desarrollo de programas

En la presente se va a describir la programación estructurada acorde a las bondades que ofrece el *software* TIA portal. Además, se va a puntualizar del porqué sirve cada una de las instrucciones del mismo.

4.3.1 Data Block (DB)

Un DB es un Bloque de Datos dentro del cual no se pueden programar instrucciones. Véase la figura 4.6. Este tipo de bloque solo sirve para almacenar datos. Los datos son de tipo lectura/escritura y se accede a ellos desde cualquier lugar del programa, ya sea por bloque o por alguna operación.

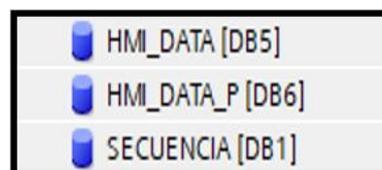


Figura 4. 6. Data Block

Fuente. El autor

No obstante, se crean los siguientes DB, con el objetivo de llevar un orden de las variables acorde a cada etapa del proceso, tanto para el PLC y SCADA.

4.3.2 HMI_DATA [DB5], HMI_DATA_P [DB6]

Estos bloques de datos almacenan variables de tipo *boolean* y *real*, tanto para lectura y escritura, netamente para el SCADA.

4.3.3 SECUENCIA[DB1]

Este bloque de datos almacena variables de tipo *boolean* y *real*, ya sea para lectura y escritura, netamente para todo el funcionamiento del proceso del PLC. Véase la figura 4.7.



Figura 4. 7. Secuencia [DB1]

Fuente. El autor

Todos los DBs que se muestran se crean automáticamente como DB de instancias para cada FB llamado, por ejemplo, un bloque de función se llama cinco veces en el programa de usuario S7, existen cinco instancias de dicho bloque. Crear un DB de instancia.

4.3.4 Function Block (FB)

Un bloque FB (Bloques de funciones) es una subrutina que contiene una secuencia u operaciones. Se le puede invocar desde otro bloque OB, FC o FB. Al ser llamado (invocado) un bloque FB, va a ejecutar su rutina y a

almacenar sus datos en el DB de instancia asociado a este FB. Véase la figura 4.8.

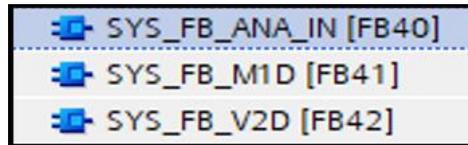


Figura 4. 8. Function Block (FB)

Fuente. El autor

4.3.5 SYS_FB_ANA_IN [FB40]

Se crea este FB con el fin de leer las “entradas análogas del sistema” y a la vez, escalarlo a una salida real. Véase la figura 4.9.

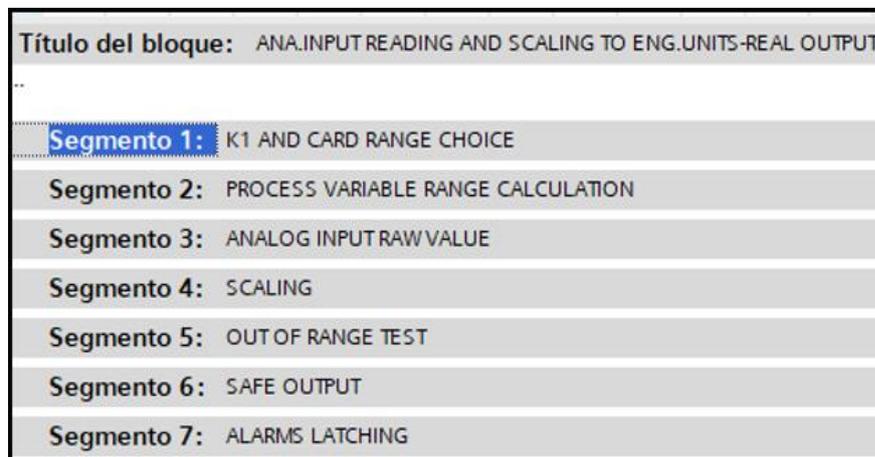


Figura 4. 9. SYS_FB_ANA_IN [FB40]

Fuente. El autor

4.3.6 SYS_FB_M1D [FB41]

Se crea este FB para el “control de encendido y apagado de motores del sistema”. Véase la figura 4.10.

CONTROL PARA ENCENDIDO APAGADO DE MOTORES	
Segmento 1:	COMANDO START STOP AUTOMATICO
Segmento 2:	LOCAL MODE
Segmento 3:	LOCAL MODE
Segmento 4:	FALLA DE CONFIRMACION
Segmento 5:	FALLA DE TERMICO
Segmento 6:	GENERAL FAULT
Segmento 7:	GENERAL FAULT

Figura 4. 10. SYS_FB_M1D [FB41]

Fuente. El autor

4.3.7 SYS_FB_V2D [FB42]

Se crea este FB para el “control de encendido y apagado de válvulas del sistema”. Véase la figura 4.11.

Título del bloque:	
Comentario	
Segmento 1:	COMMAND ON
Segmento 2:	COMMAND ON
Segmento 3:	LOCAL MODE
Segmento 4:	LOCAL MODE
Segmento 5:	FALLA DE POSICION
Segmento 6:	GENERAL FAULT
Segmento 7:	GENERAL FAULT

Figura 4. 11. SYS_FB_V2D [FB42]

Fuente. El autor

4.3.8 Function Block (FC)

Un bloque FC es una subrutina que contiene una secuencia específica. Este bloque se puede invocar (llamar) desde otro bloque, ya sea OB, FC o FB. Después de que termina la ejecución (llamada) de esta subrutina, el valor se perderá.

4.3.9 TK101 [FC10], TK201 [FC11], TK301 [FC12], TK501 [FC13]

Se crea estos FC para el proceso de dosificación de cada tanque involucrado en el proceso. Véase la figura 4.12.

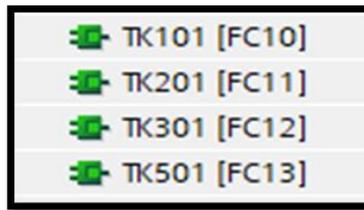


Figura 4. 12. *Function Block* (FC)

Fuente. El autor

4.3.10 **Secuencia_Mezcla [FC1]**

Se crea este FC para la secuencia del proceso de mezclado, para posteriormente finalizar el proceso de dosificación. Véase la figura 4.13.

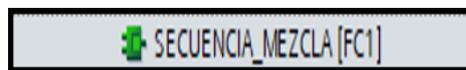


Figura 4. 13. FC para el proceso de dosificación

Fuente. El autor

4.3.11 **VLV_Manifold [FC14]**

Se crea este FC para el control de válvulas de envasado, para después finalizar el tiempo de llenado. Véase la figura 4.14



Figura 4. 14. Secuencia del proceso de mezclado

Fuente. El autor

4.3.12 **Banda_Botellas [FC15]**

Se crea este FC para el control de banda de botellas para luego finalizar la banda de envasado. Véase la figura 4.15



Figura 4. 15. Control de válvulas de envasado

Fuente. El autor

4.3.13 AUX [FC16]

Se crea este FC para el complemento de finalización del proceso. Véase la figura 4.16



Figura 4. 16. Control de banda de botellas

Fuente. El autor

4.3.14 MAIN

El **OB1** es el bloque estándar para la ejecución cíclica del programa de usuario. El OB de arranque sólo se elaboran una vez cuando el modo de servicio de la CPU pasa de STOP a RUN. El OB de alarma de tiempo interrumpen la elaboración cíclica del programa en intervalos de tiempo definidos. Véase la figura 4.17



Figura 4. 17. Complemento de finalización del proceso

Fuente. El autor

CONCLUSIONES

La propuesta facilita a la línea de dosificación, mezcla y envasado, un grado de eficiencia en cuanto a tiempo ahorrado en los procesos mencionados.

Se mejoraría la producción del alcohol antibacterial en un 200%, cabe destacar que la propuesta es un sistema semi automatizado, por lo que se requiere la presencia de un operario.

Se reducen pérdidas o desperdicio del producto por cuanto se presenta precisión en mecanismos de dosificación y envasado.

Se disminuye el tiempo de producción debido a desplazamiento que se hacían cuando este proceso de producción era manual.

Esto genera menos costos que la producción con máquina que dependía de personal con cumplimiento de tres turnos diarios.

Se optimiza el espacio de la planta, debido a la reducción de distancia entre los procesos y los materiales necesarios en cada de estos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda instalar un tanque para proceso de alcohol extra neutro con capacidad de 600 litros para dosificación.

Se recomienda instalar un tanque de acero inoxidable grado 304, con capacidad de 600 litros para producto terminado alcohol antibacterial para la línea de envasado.

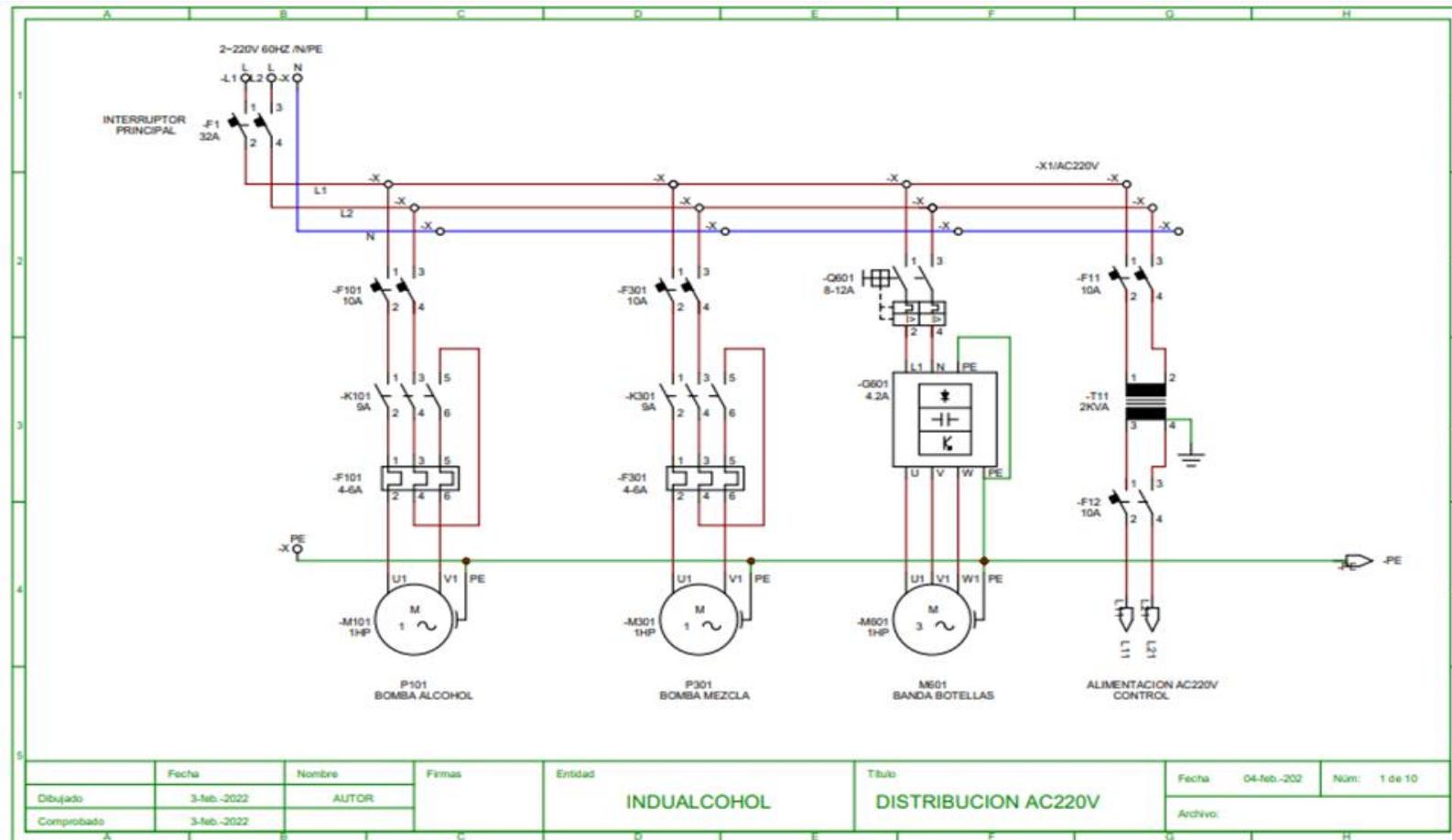
Recomiendo el uso de taponadora neumática e etiquetadora automática para darle continuidad a la línea de envasado.

Entrenamiento al personal operativo del uso del aplicativo de dosificación y envasado.

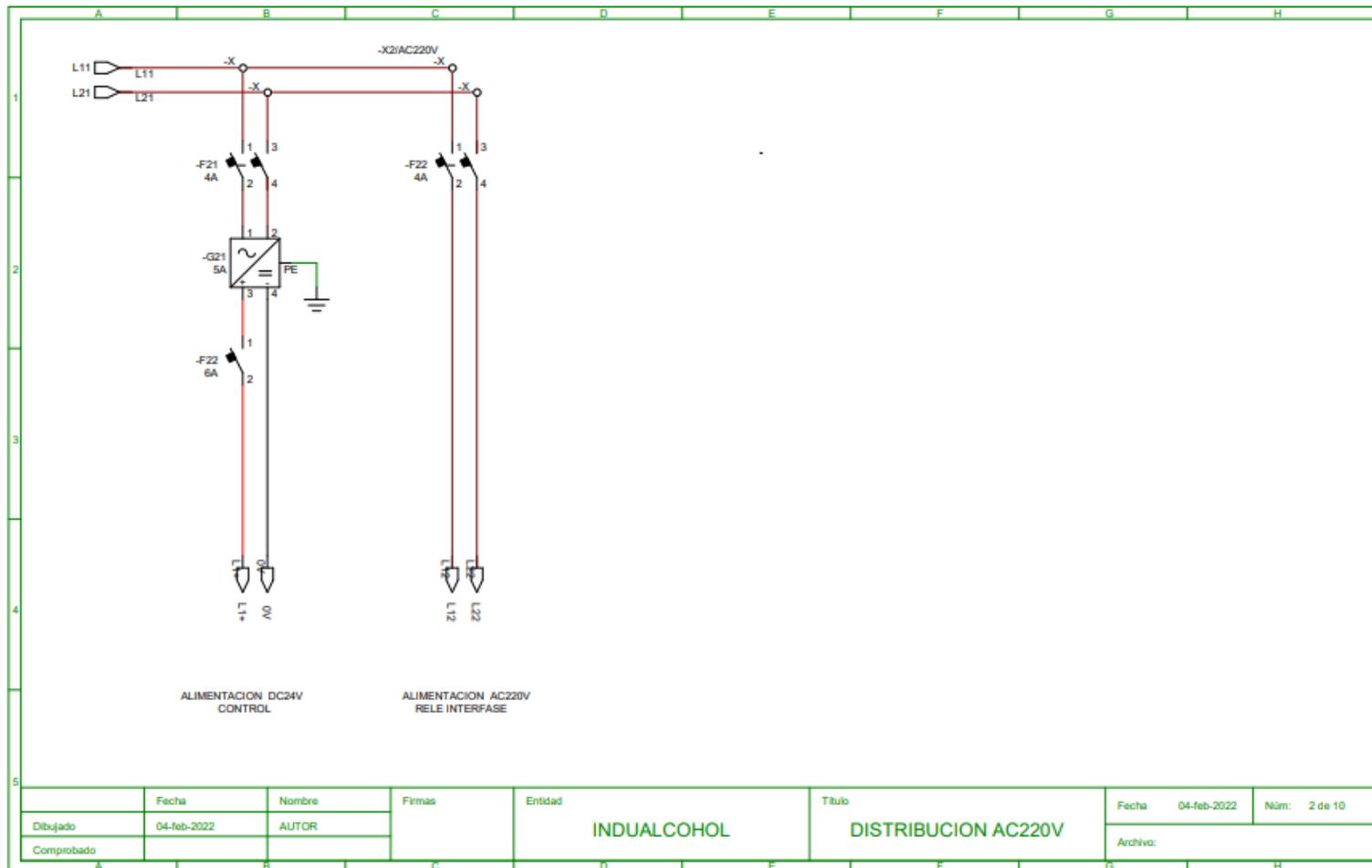
Se debe realizar las etapas de mantenimiento a las máquinas y dispositivos de la línea de dosificación y envasado cada 3000 horas de funcionamiento.

ANEXOS: PLANOS ELÉCTRICOS

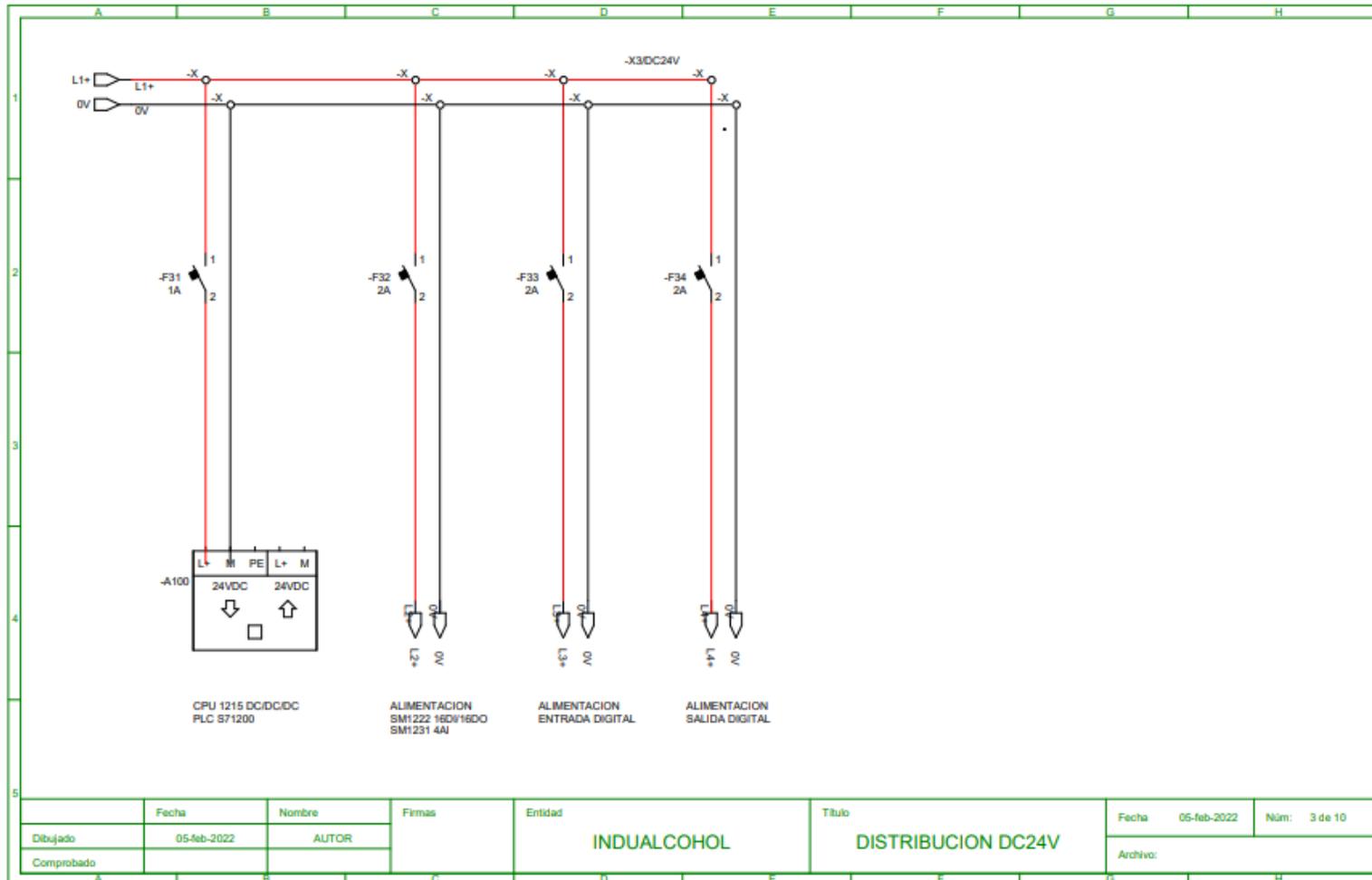
Plano 1: Distribución AC 220V



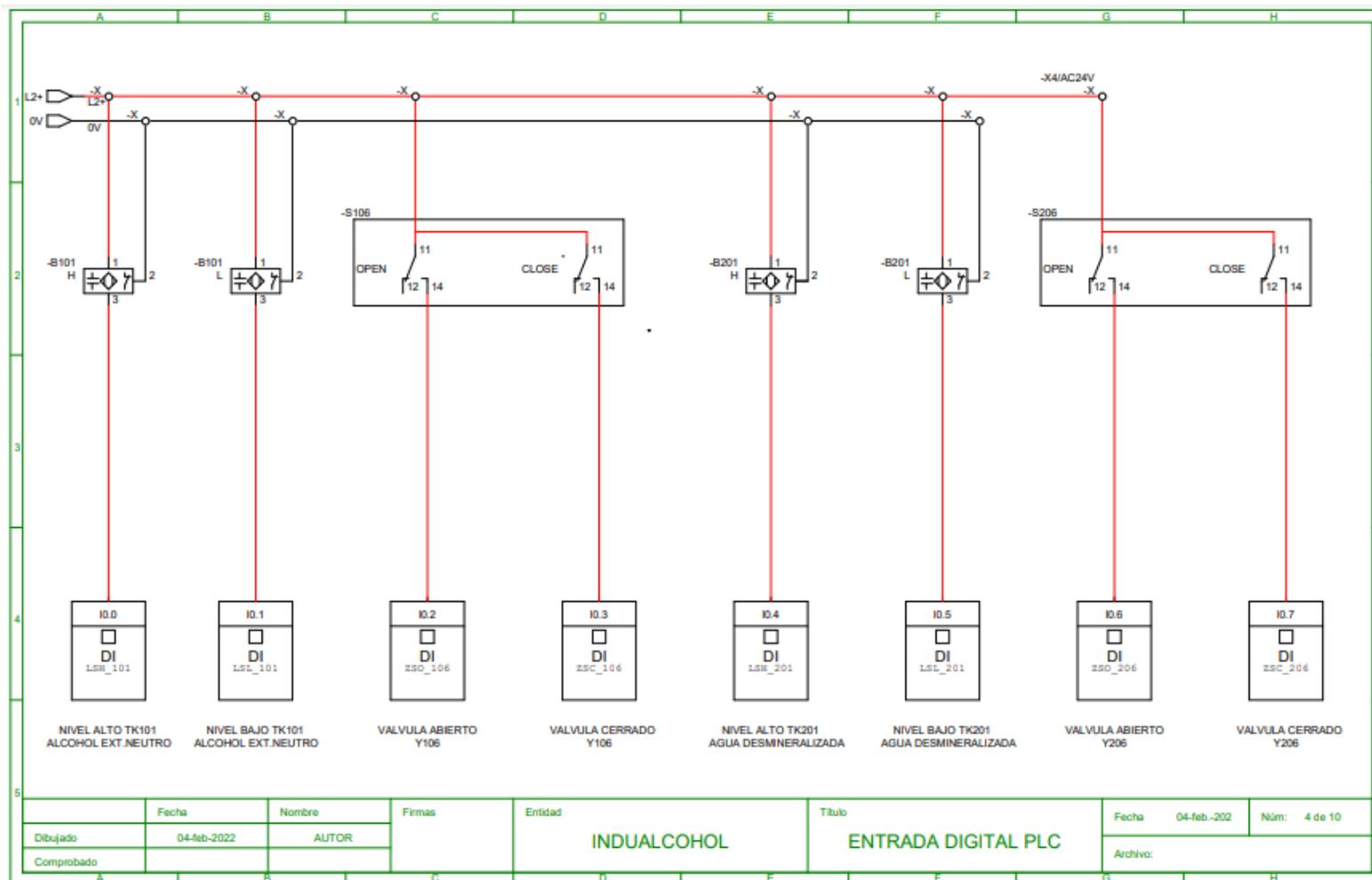
Plano 2: Distribución AC 220V



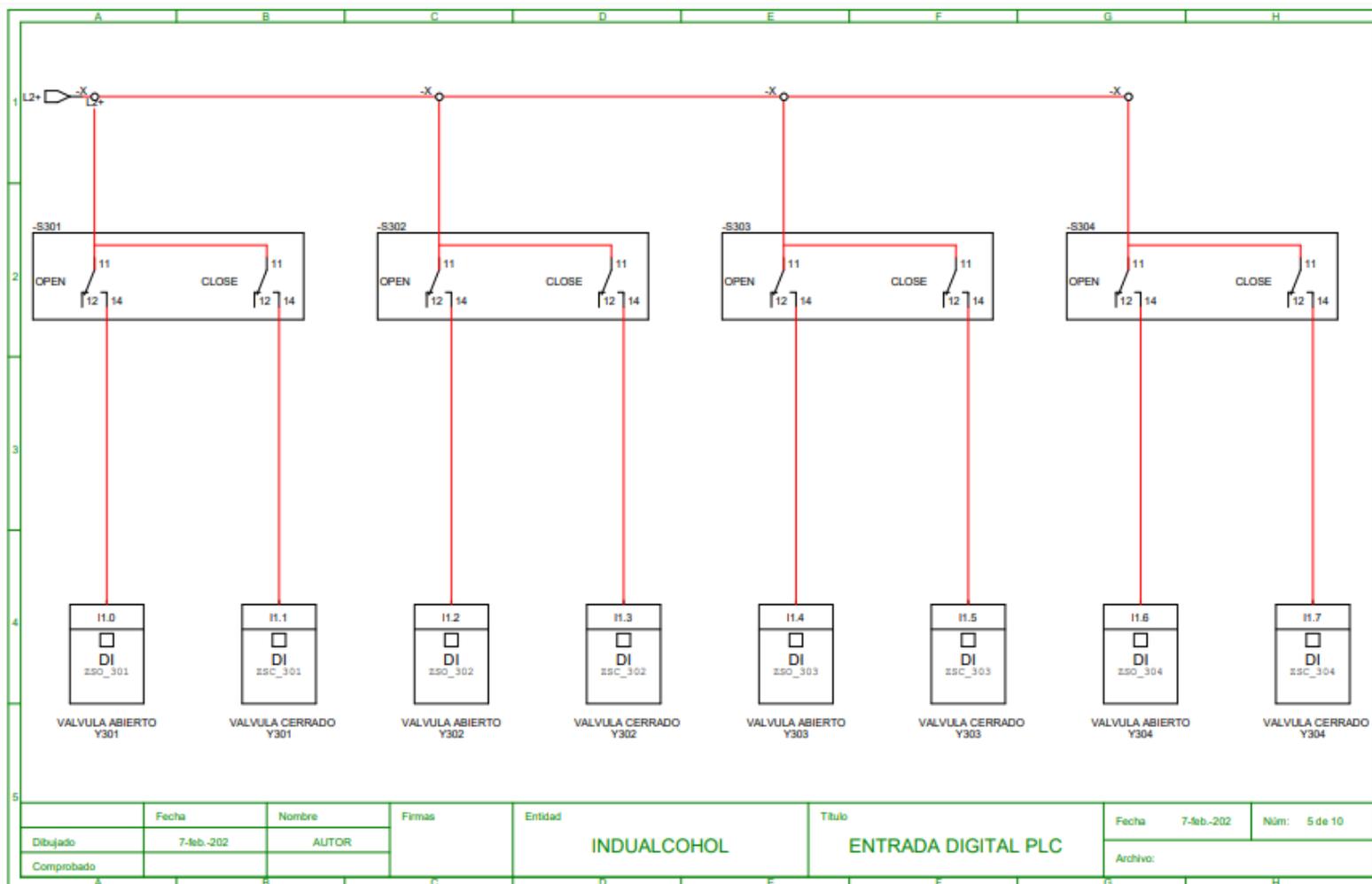
Plano 3: Distribución DC 24V



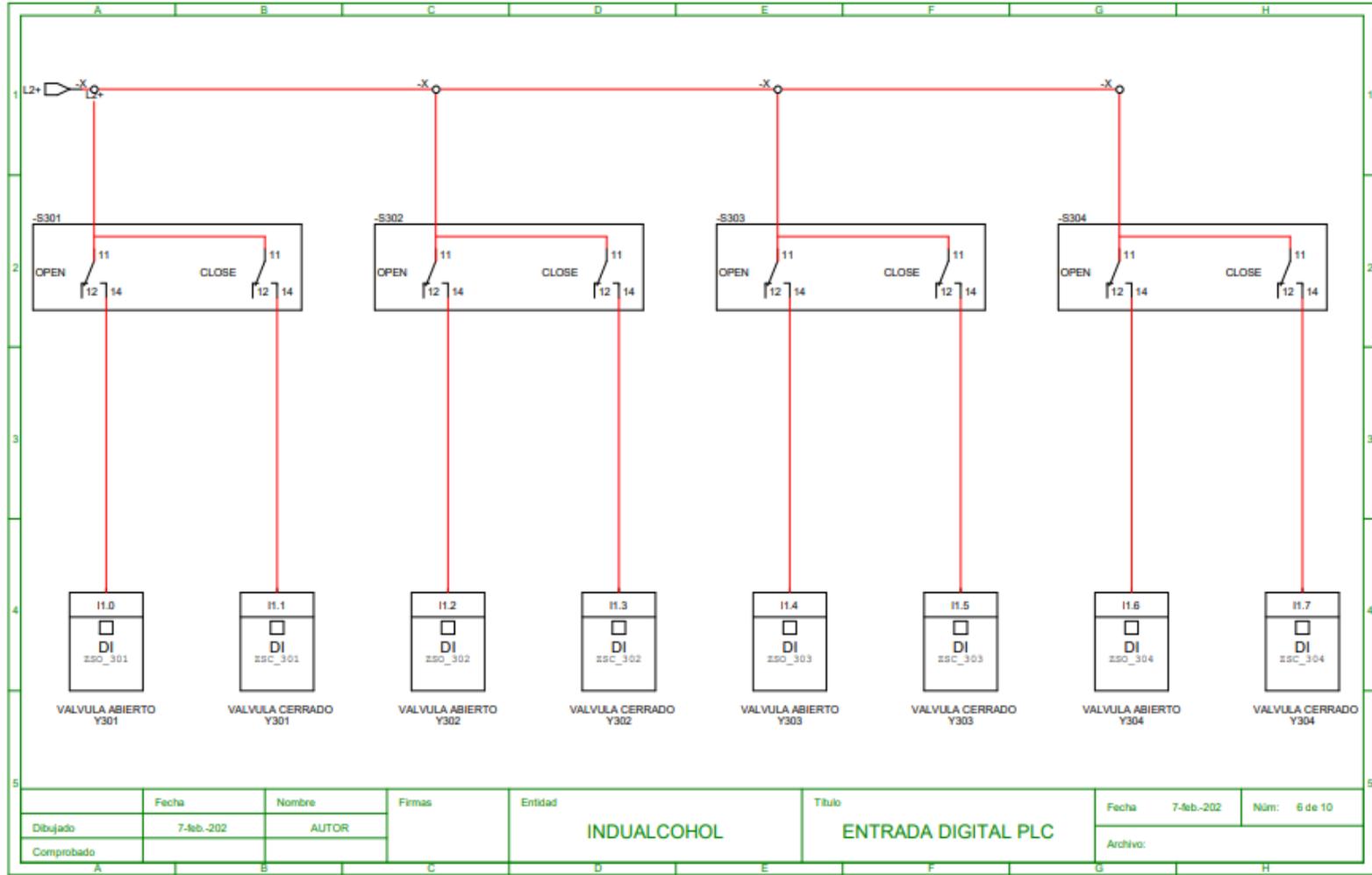
Plano 4: Entrada Digital PLC



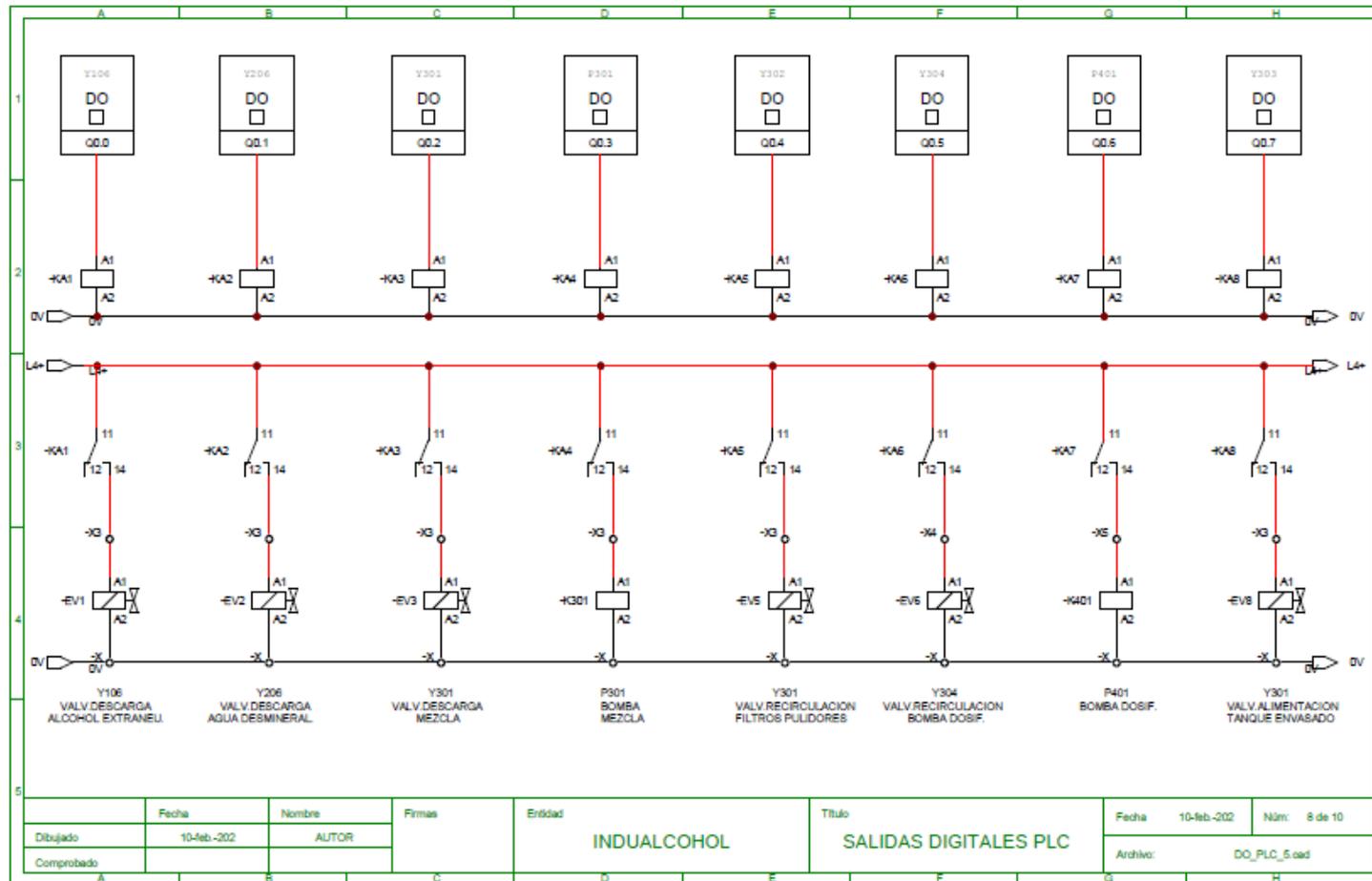
Plano 5: Entrada Digital PLC



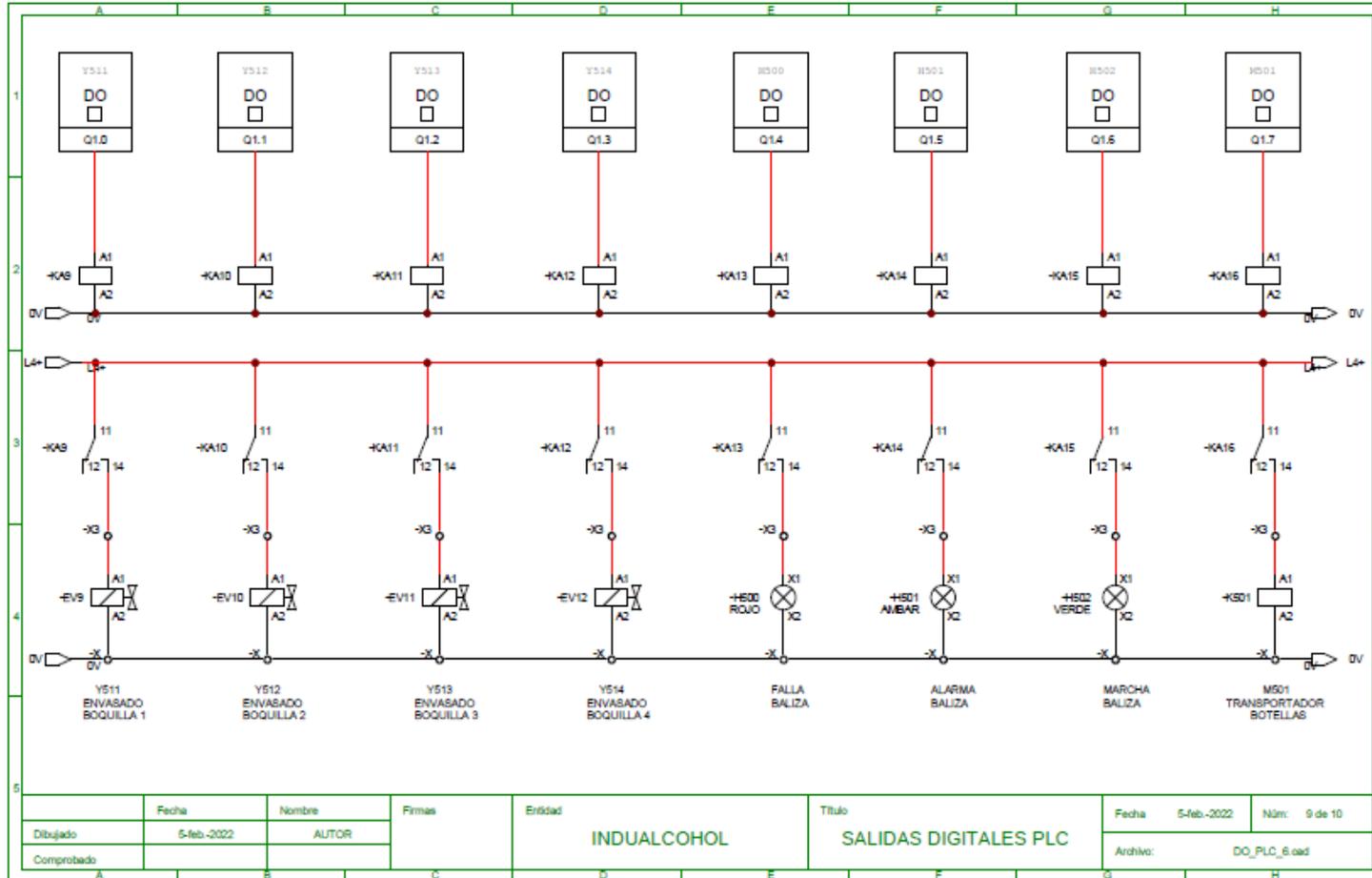
Plano 6: Entrada Digital PLC



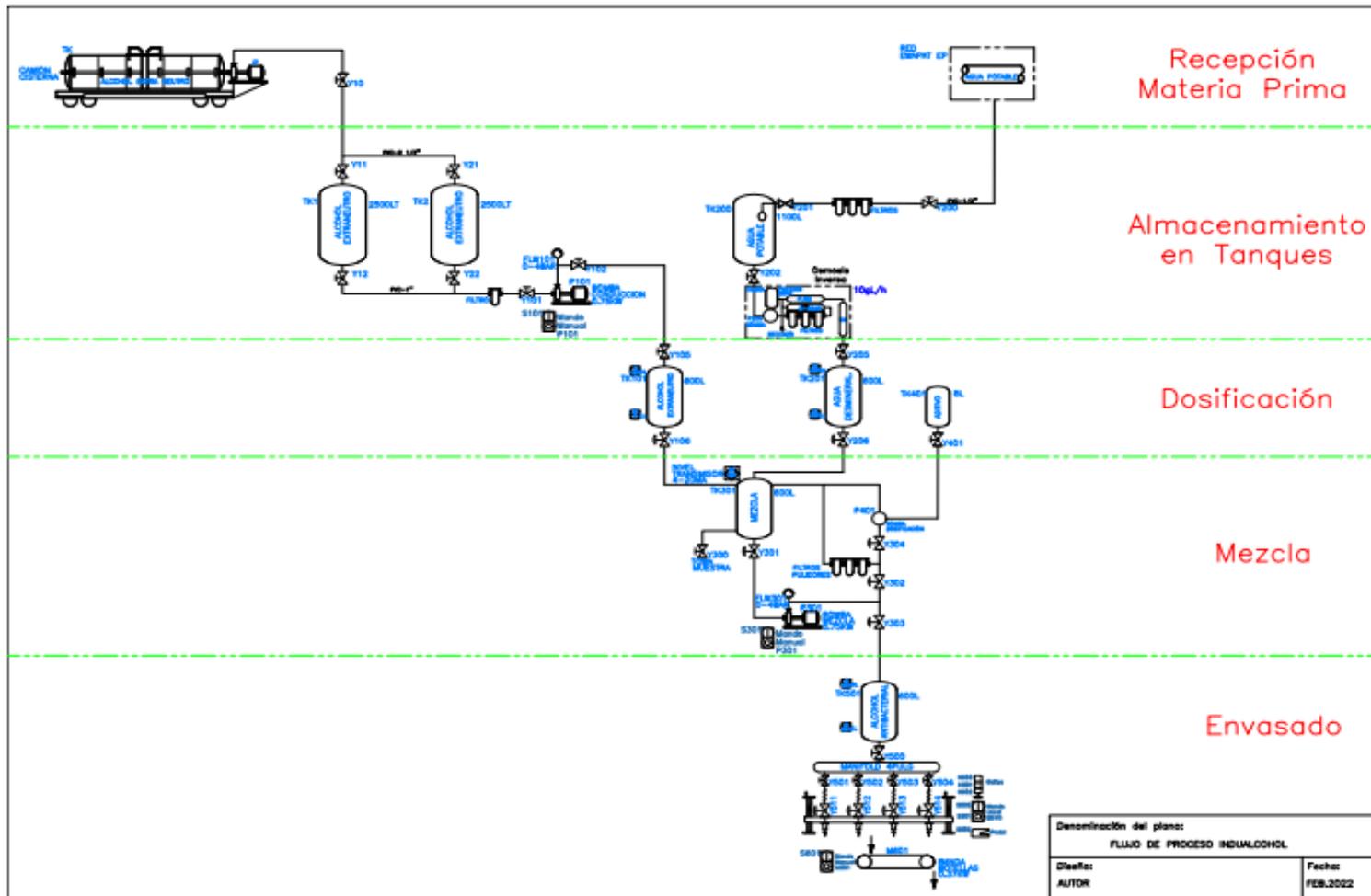
Plano 7: Salida Digital PLC



Plano 8: Salida Digital PLC



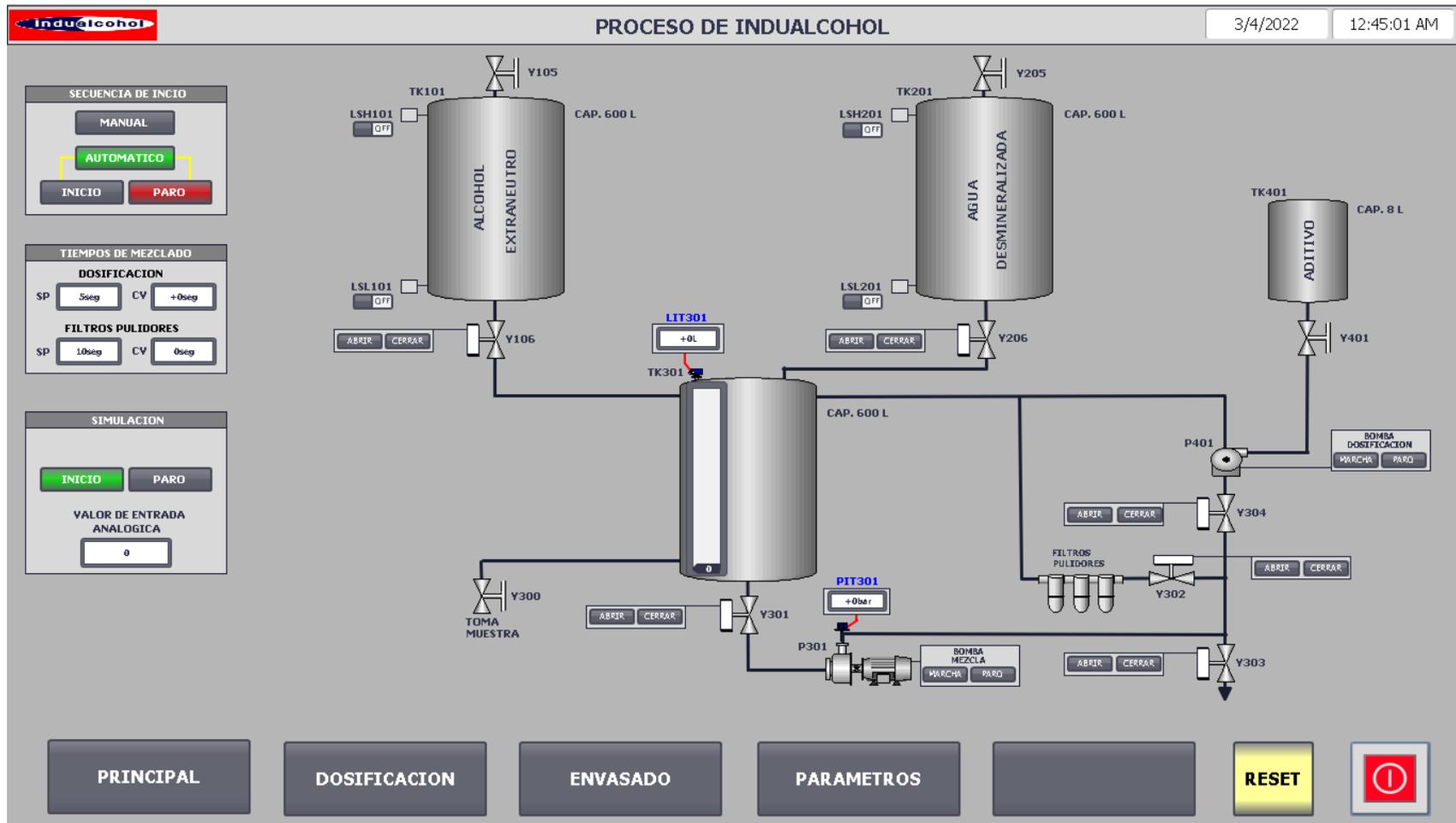
Plano 9: Flujo de proceso de Indualcohol



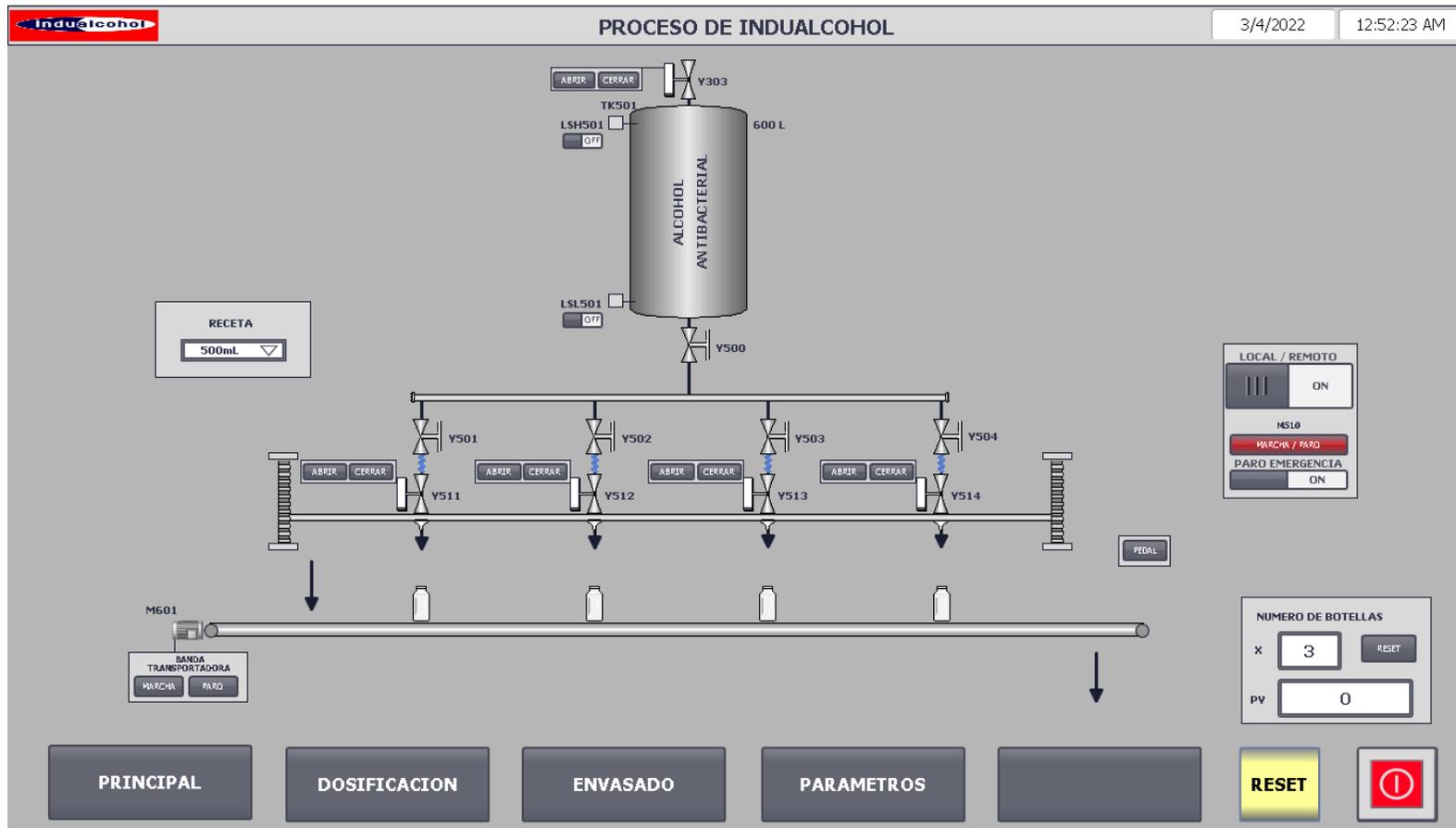
Plano 10: SCADA, de inicio Indualcohol



Plano 11: SCADA, Dosificación y Mezcla Indualcohol



Plano 12: SCADA, Envasado Indualcohol



Plano 13: SCADA, Parámetros Indualcohol

Induelcohol 3/4/2022 12:55:52 AM

PROCESO DE INDUALCOHOL

CAPACIDAD DE TANQUES DE DOSIFICACION

SP	+400.0 L	ALCOHOL EXTRANEUTRO	ESCRIBIR TK201	SP	+200.0 L
SP	+200.0 L	AGUA DESMINERALIZADA	ESCRIBIR TK101	SP	+400.0 L
TOTAL	+600.0 L			pv	+0.0 L

TK301

CICLO DE INICIO DE TANQUES

TK101

TK201

TIEMPO DE LLENADO DE LA PRESENTACION DE BOTELLAS

100 mL	2 s
500 mL	5 s
1000 mL	16 s
3750 mL	56 s

PRINCIPAL

DOSIFICACION

ENVASADO

PARAMETROS

RESET

⏻

BIBLIOGRAFÍA

- Alianza Tecnológica Intersectorial de Galicia. (2017). *Oportunidad de la Industria 4.0*. Retrieved from Estado del arte de Automatización y Robótica:
file:///C:/Users/USER/Downloads/EA_Automatizacion_y_robotica_rev.pdf
- AMBIT. (2020). *Claves y características de la reingeniería de procesos o BPR*. Retrieved from <https://www.ambit-bst.com/blog/claves-y-caracter%C3%ADsticas-de-la-reingenier%C3%ADa-de-procesos-o-bpr>
- ATIGA. (2017). *Oportunidades de la industria 4.0 en Galicia*. Retrieved from <https://www.atiga.es/web/wp-content/uploads/2017/03/Estado-del-Arte-Automatizaci%C3%B3n-y-rob%C3%B3tica.pdf>
- Barbat. (2020). *Cómo es el proceso de automatización de maquinaria industrial*. Retrieved from <https://barbatingeneria.com/como-es-el-proceso-de-automatizacion-de-maquinaria-industrial>
- CTIN. (2017). *¿Qué es un PLC?* Retrieved from <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>
- DIECC. (2018). *Industrial Systems Engineering*. Retrieved from http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE2_1_1.pdf
- Dymax. (2019). *Equipo de dosificación*. Retrieved from <https://dymax.com/products/equipment/dispensing-equipment>
- Electro Industria. (2018). *Robótica Colaborativa y Sensorica Avanzada*. Retrieved from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2672&ni=robotica-colaborativa-y-sensorica-avanzada>
- Emerson . (2020). *Válvulas proporcionales para sistemas neumáticos*. Retrieved from <https://www.asco.com/en-gb/Pages/pneumatic-valves-proportional.aspx#>

- Guevara, Verdesoto, & Castro. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Retrieved from DOI: [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- INFAIMON. (2019). *Automatización y robótica industrial: ¿Qué sistemas existen y cuál es su proceso?* Retrieved from <https://blog.infaimon.com/automatizacion-y-robotica-industrial/>
- Instrumentación y Control. (2017). *Lazos de control*. Retrieved from <https://planespecifico.blogspot.com/2011/07/instrumentos-de-medicion-y-control.html>
- INTECH. (2018). *Conceptos básicos de un sistema de control*. Retrieved from <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>
- Italian Packing Machine. (2021). *Envasadoras Monodosis*. Retrieved from <https://www.ciasrl.it/eng/products/single-dose-packing-machines/automatic-packing-machine-for-single-dose-sachets.html>
- Manrique, Q., Taco, & Morales. (2019). *Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/html/>
- OPC. (2016). *I: Introducción a la Automatización Industrial*. Retrieved from <https://sites.google.com/site/equipoopc/cpic4/seminario-eai/introduccion-a-la-automatizacion-industrial>
- Philco, O. (2019). *Electroneumática*. Retrieved from Válvulas Proporcionales: <https://ing-orlandophilco.jimdofree.com/electro-neum%C3%A1tica/>
- Real Academia Española. (2020). *Calidad. Concepto*. Retrieved from <https://dle.rae.es/calidad>
- SICMA 21. (2021). *Automatización Industrial: qué es y por qué es tan importante*. Retrieved from <https://www.sicma21.com/automatizacion-industrial-importancia-y-beneficios/>
- Tekniker. (2019). *SISTEMAS CIBER-FÍSICOS*. Retrieved from <https://www.tekniker.es/es/sistemas-ciber-fisicos>

UTN. (2018). *Sistemas de Control Aplicado*. Retrieved from Universidad Tecnológica Nacional. Argentina:
http://www.frlr.utn.edu.ar/archivos/alumnos/electronica/catedras/38-sistemas-de-control-aplicado/Notas_de_C%C3%A1tedra/02_SCA_Cap_1_V9.pdf



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Morán López, Vladimir Stalin** con C.C:0922507918 autor del Trabajo de Titulación: **Propuesta de automatización en el proceso de producción de alcohol antibacterial en la empresa Indualcohol**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de marzo del 2022

Morán López Vladimir Stalin

C.C: 0922507918



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Propuesta de automatización en el proceso de producción de alcohol antibacterial en la empresa Indualcohol		
AUTOR(ES)	Morán López, Vladimir Stalin		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de marzo del 2022	No. DE PAGINAS:	84
ÁREAS TEMÁTICAS:	Mediciones eléctricas, Máquinas Eléctricas, Industria		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Automatización, Envasado, Empacado, PLC, Eficiencia.		
<p>El presente trabajo de titulación se enfoca en la propuesta de la automatización de la línea de envasado y empaquetado en una fábrica de alcohol antibacterial. El uso de las tecnologías de la información (TI) facilita la implementación de mejoras en los procesos productivos, administrativos y de comunicación de las empresas. Las metodologías de investigación son documentales por la revisión de manuales y fuentes de información. Es descriptiva por cuanto se detalla y además se seleccionan los elementos y dispositivos para automatizar las líneas productivas antes mencionadas. Es metodología empírica por manejo de software y programación para automatizar las líneas de producción del alcohol antibacterial. El uso de sensores e instrumentos de campo más la conexión a un controlador lógico programable en las máquinas de envasado y empaquetado facilita tomar acciones de control de manera automática. Por consiguiente, el resultado de la automatización reduce costos por la fabricación del producto.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 0982329344	E-mail: vladimirmoranl@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Palacios Melendez, Edwin Fernando		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593 96 274 5157		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCION URL (tesis en la web):			