

**Automatización para Control Optimización y Verificación de Procesos de Flujo  
Continuo**

Johan Edwin Buitrago Garzón

Universidad Nacional Abierta y a Distancia  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial  
Junio de 2021

**Automatización para Control Optimización y Verificación de Procesos de Flujo  
Continuo**

Johan Edwin Buitrago Garzón

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniería Industrial

Director (a):

Victoriano García Medina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Junio de 2021

---

### **Declaración de derechos de propiedad intelectual**

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

*<< Me parece haber sido sólo un niño jugando a la orilla del mar, divirtiéndose y buscando una piedra más lisa o una concha más bonita de lo normal, mientras el gran océano de la verdad yacía ante mis ojos con todo por descubrir >>*

*Isaac Newton (1642 - 1727).*

---

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer a la vida, por permitirme dar este gran paso y poder llegar al final de esta etapa. En especial, quiero hacer una mención a mi madre, quien siempre estuvo ahí para brindarme fortaleza y las palabras de apoyo necesarias, para seguir adelante y conseguir este gran logro de convertirme en ingeniero industrial.

Al ingeniero Victoriano García Medina, por su experiencia y conocimientos, por brindarme parte de su tiempo y paciencia, que con sus consejos y constante ánimo me dio la confianza para llegar a culminar este gran proyecto.

Agradezco a la compañía Nestle Purina Pet Care de Colombia, empresa de la cual hago parte de su equipo de trabajo y que por medio de las herramientas de capacitación y participación en la ejecución de proyectos de mejora continua, pude ser parte de esta propuesta de proyecto aplicado. Toda la experiencia adquirida, me permitió mostrar y exponer los fundamentos; para la automatización y control de procesos de flujo continuo. Los cuales me han aportado crecimiento a nivel personal y profesional.

Finalmente, a la Universidad Nacional Abierta Y a Distancia, UNAD, por permitirme culminar y cumplir con mis expectativas profesionales, con la modalidad virtual.

A todos, muchas gracias...

---

### Resumen

Los sistemas de producción son cada vez más cambiantes y dinámicos y a lo largo del tiempo presentan una serie de cambios y restricciones que hacen que se modifiquen sus comportamientos, por tanto, es fundamental tener una visualización integral y amplia de todas las variables que intervienen en cada uno de los sistemas, lo cual solo se logra a través de un sistema de adquisición de información más avanzado como por ejemplo; la implementación de un sistema SCADA, utilizando un sistema de visualización InTouch y comunicación con red ethernet para visualizar eventos tendencias alarmas y flujos de proceso continuo.

En este sentido, se evidencia en los sistemas de ‘Supervisory control and data Acquisition’ (SCADA), una solución complementaria a los problemas de automatización y estandarización en lugares apartados de una forma confiable, segura y optima, ya que utiliza un software que incorpora aplicaciones innovadoras para reducir los accidentes laborales y ambientales en el sector industrial. En este sentido, el sistema de supervisión SCADA permite que la gestión de producción sea un proceso activo que puede ser controlado y monitoreado por la persona encargada durante todas las etapas de este independientemente de la fase en que se encuentre, gracias a la integración de las tecnologías y la instrumentación virtual que el sistema ofrece.

Por lo tanto, actualmente, las plantas de producción, sus equipos y maquinarias son administradas por sistemas de automatización y control que cada día están más vinculadas a interactuar con los procesos necesarios para su control y monitoreo a través de redes, herramientas y sistemas que transmiten la información necesaria de un lugar a otro sin importar la distancia entre ellos, lo que posibilita una gestión más completa, enfocada y acorde con la situación. De acuerdo con (Perez, 2015) las funciones estándar de un paquete SCADA, para el

---

monitoreo y supervisión son; la comunicación con el PLC, la gestión de alarmas, la interfaz gráfica y la recopilación de datos disponibles que sirvan como información proveniente de la planta para la toma de decisiones.

Del mismo modo, (Perez, 2015) asegura que la programación del sistema se realiza por medio de bloques en lenguaje de alto nivel, que hacen que el sistema transfiera a los dispositivos de campo, principalmente a los mecánicos, el trabajo de control directo de la planta y desarrollando por sí mismo las operaciones de supervisión, control, análisis de directrices y generación de datos históricos, entre otros.

Dicha estandarización se realiza en formatos como los RS-422, RS-232 y RS-485 que se encuentran estandarizados y a partir de los cuales, se puede conectar el sistema a un dispositivo llamado bus en configuración DMS ya existente; como Bluetooth, microondas, satélite, cable, por lo tanto, el tipo de BUS utilizado puede ser muy variado, ya que no todos los instrumentos de campo como los PLC ni los softwares pueden trabajar con todos los tipos de BUS (sistema digital que transfiere datos entre los componentes de una computadora), pues cada uno de ellos tiene una función diferente que se acopla a cada necesidad.

Aparte del tipo de bus también existen interfaces de comunicación especiales como los módems que soportan protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de modelos estandarizados y automáticos, con el fin de que se pueda realizar una mejor gestión y que el proceso productivo sea mucho más eficiente y competitivo.

Finalmente, los sistemas SCADA implementan sistemas WAN de comunicaciones, a través de diversas terminales RTU que aunque no se encuentran en la misma posición geográficamente están unidos por instrumentos de campo; que realicen la automatización o control del sistema, lo mismo que los controladores de procesos industriales y actuadores en

---

general, ya que son los encargados de captar la información de los sensores y alarmas aunque hayan sido diseñados por diferentes proveedores sin relación entre sí.

*Palabras claves:* SCADA, control, PLC, software, información, gestión, automatización, procesos, tecnologías.



---

### Abstract

Production systems have certain dynamics that change over time since there are a number of restrictions that modify their behavior, so it is necessary to have an adequate visualization of all the variables involved in the system, the consequence of this; is that you must have more advanced information acquisition systems such as; the implementation of a SCADA system, using an InTouch visualization system and communication with an ethernet network to visualize events, trends, alarms and continuous process flows.

The SCADA systems, acronym in English for 'Supervisory control and data Acquisition', are a complementary solution to automation and standardization problems in remote places in a reliable, safe, and optimal way, since it uses software that incorporates innovative applications to reduce costs. occupational and environmental accidents in the industrial sector. In this sense, the SCADA supervision system allows production management to be an active process that can be controlled and monitored by the person in charge during all its stages regardless of the phase in which it is, thanks to the integration of the technologies and virtual instrumentation that the system offers.

Therefore, currently, production plants, their equipment and machinery are managed by automation and control systems that are increasingly linked to interacting with the processes necessary for their control and monitoring through networks, tools and systems that transmit the necessary information from one place to another regardless of the distance between them, which enables a more complete management, focused and in accordance with the situation. According to (Perez, 2015) the standard functions of a SCADA package for monitoring and supervision are communication with the PLC, alarm management, graphical interface and the collection of available data that serve as information from the plant for decision making.

---

In the same way, (Perez, 2015) ensures that the programming of the system is carried out by means of blocks in high-level language, for which the SCADA system entrusts to the field devices, mainly automata, the work of direct control of the plant, reserving for itself the operations of supervision, such as process control, trend analysis, generation of historical data, etc.

Said standardization is carried out on standard formats such as RS-232, RS-422 and RS-485, from which the system can be connected to a device called bus in an existing DMS configuration; such as Bluetooth, microwave, satellite, cable, therefore, the type of BUS used can be very varied, since not all software (nor field instruments such as PLC) can work with all types of BUS (digital system that transfers data between the components of a computer), since each of them has a different function that is coupled to each need

Apart from the type of bus, there are also special communication interfaces such as modems that support SCADA communication protocols and facilitate the implementation of the application, so that better management can be carried out and the production process is much more efficient. and competitive.

Finally, another characteristic of SCADA is that most are implemented on WAN communication systems, that is; the different RTU terminals can be geographically relocated and linked by field instruments; that carry out the automation or control of the PLC system, in addition the industrial process controllers and actuators in general are those that are in charge of capturing information from the sensors and alarms system despite the fact that the system components are designed by different suppliers without coordination each.

*Keywords:* SCADA, control, PLC, software, information, management, automation, processes, technologies.

---

## Contenido

Introducción .....	17
Planteamiento del problema .....	19
Justificación .....	24
Objetivos .....	27
Objetivo General.....	27
Objetivos Específicos .....	27
Marco referencial.....	28
Automatización.....	28
<i>Conceptos de automatización</i> .....	30
<i>Tipos de automatización</i> .....	31
<i>Jerarquía de los sistemas de automatización</i> .....	31
<i>Tipos de sistema de automatización de procesos Industriales</i> .....	33
Fundamentos modernos de la automatización.....	34
Automatismo Secuencial .....	35
<i>Niveles de automatización</i> .....	37
<i>Control centralizado</i> .....	39
<i>Control multicapa</i> .....	40
<i>Control distribuido</i> .....	41
<i>Cuarto Nivel</i> .....	43
Diseño metodológico .....	44
Instrumentos de medición y técnicas.....	44
<i>La pirámide de la Automatización concepto CIM: La automatización Integrada por computador</i> .....	45
<i>Modelo para la conceptualización e implementación de sistema de automatización</i> .....	49
<i>Metodología para el modelado de negocios BMM</i> .....	49
Metodología GEMMA .....	51
<i>Clasificación de los modos de marcha y parada</i> .....	51
<i>Metodología Grafcet</i> .....	55
<i>Definición de Conceptos y elementos gráficos asociados</i> .....	55
<i>Conclusiones de las metodologías</i> .....	60
Planeación del proyecto.....	62
Estudio y diseño del sistema (Identificación de tareas del proyecto).....	63
Procedimientos .....	64

---

<i>Gestión del sistema</i> .....	64
<i>Gestión de comunicaciones</i> .....	65
Documentación .....	65
Variables .....	66
Trazabilidad en la cadena de automatización.....	68
Descripción de etapas .....	69
<i>Recepción de datos (Fabrica u oficina central):</i> .....	69
<i>Celda Concentradora:</i> .....	69
<i>Validación física de la actividad (Operador):</i> .....	70
<i>Respuesta de la actividad (Centro de distribución):</i> .....	70
<i>Plataforma de flujo continuo:</i> .....	70
Aplicación de la automatización y la interfaz hombre máquina (HMI).....	71
Diagrama de flujo del proceso productivo .....	73
Esquemas de proceso.....	74
<i>Secado.</i> 74	
<i>Cobertura o Engrase.</i> .....	75
<i>Empaque o Semielaborados</i> .....	76
Especificaciones para controles de la automatización.....	78
<i>Secuencia de inicio del sistema</i> .....	113
<i>Secuencia para el apagado del sistema</i> .....	113
<i>Secuencia de detención o parada (Stop) del sistema</i> .....	114
Requisitos fundamentales para la automatización.....	115
Configuración de direcciones IP.....	117
Puesta en marcha SCADA / HMI.....	125
<i>Apariencia general de las pantallas</i> .....	126
<i>Gráficos</i> 127	
<i>Símbolos</i> .....	128
<i>Plantilla o 'Template'</i> .....	129
Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción Secador.....	138
Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción cobertura .....	143
Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción semielaborados.....	151
Componentes de la parte de control .....	154
Resultados .....	157

---

Análisis .....	159
Conclusiones .....	163
Recomendaciones .....	164
Bibliografía .....	165

---

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Diagrama de un proceso a automatizar.....	29
<b>Figura 2.</b> Representación gráfica de un automatismo secuencial .....	36
<b>Figura 3.</b> Nivel de automatización elemental, bucle abierto .....	38
<b>Figura 4.</b> Nivel de automatización elemental, bucle cerrado .....	39
<b>Figura 5.</b> Control Centralizado.....	40
<b>Figura 6.</b> Control Multicapa .....	41
<b>Figura 7.</b> Control Distribuido .....	43
<b>Figura 8.</b> Modelo piramidal de la automatización .....	48
<b>Figura 9.</b> Esquema Simplificado de GEMMA .....	53
<b>Figura 10.</b> Esquema General de GEMMA .....	54
<b>Figura 11.</b> Elementos Gráficos del GRAFCET.....	56
<b>Figura 12.</b> Acciones y Condiciones Asociadas del GRAFCET .....	58
<b>Figura 13.</b> Acción de Condición por Arco del GRAFCET.....	59
<b>Figura 14.</b> Acción de Trazos Paralelos del GRAFCET.....	59
<b>Figura 15.</b> Detalle del flujo de los movimientos más comunes en la cadena de automatización	69
<b>Figura 16.</b> Mapa de conexión y comunicación de áreas ‘communication flow diagram’ .....	73
<b>Figura 17.</b> Descripción del proceso de secado .....	74
<b>Figura 18.</b> Descripción del proceso de Cobertura .....	75
<b>Figura 19.</b> Descripción del proceso de Empaque .....	77
<b>Figura 20.</b> Diagrama, secuencia de control y transferencia, para la posición de la válvula de control de aire y velocidad de los sopladores, para los sistemas de transporte neumático.....	108
<b>Figura 21.</b> Mapa de conexión para conexiones VLAN de interfaz de operador con líneas de producción .....	124
<b>Figura 22.</b> Descripción de apariencia típica de una pantalla con aplicación HMI .....	126
<b>Figura 23.</b> Descripción de iconos por colores.....	128
<b>Figura 24.</b> Descripción de símbolos de objetos básicos .....	129
<b>Figura 25.</b> Ejemplo de plantilla para control de una válvula.....	130
<b>Figura 26.</b> Ejemplo de plantilla para control de un motor con variador de velocidad.....	131
<b>Figura 27.</b> Descripción de Plantillas auxiliares .....	132
<b>Figura 28.</b> Descripción de Plantillas enclavamientos de seguridad ‘Interlocks’ .....	133
<b>Figura 29.</b> Descripción de Plantillas de Alarmas.....	134
<b>Figura 30.</b> Descripción de Plantillas de Tendencias .....	135
<b>Figura 31.</b> Descripción de Plantillas de Configuración .....	136
<b>Figura 32.</b> Descripción de Plantillas Información estadística de un motor .....	137
<b>Figura 33.</b> Descripción de Plantillas Información estadística de un equipo de instrumentación .....	137
<b>Figura 34.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, Proceso de Extruder_Secado .....	138
<b>Figura 35.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, parámetros proceso de Extruder_Secado .....	141

---

<b>Figura 36.</b> Visualización lógica de escalera para arranque de quemadores .....	142
<b>Figura 37.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, Proceso de Cobertura .....	143
<b>Figura 38.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, parámetros proceso Cobertura.....	148
<b>Figura 39.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, parámetros proceso Cobertura.....	149
<b>Figura 40.</b> Visualización lógica de escalera para secuencia de arranque Sistemas de Transporte Neumático .....	149
<b>Figura 41.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, Proceso de Cobertura .....	151
<b>Figura 42.</b> SCADA Interfaz Hombre_Máquina, Operación para selección de llenado .....	152
<b>Figura 43.</b> Visualización lógica de escalera para secuencia de programación de Línea a Empacadora.....	153
<b>Figura 44.</b> Celda Concentradora PLC's Extruder, Secado, Cobertura, Semielaborados.....	154
<b>Figura 45.</b> SLOT Celda Concentradora PLC's Extruder, Secado, Cobertura, Semielaborados .....	155
<b>Figura 46.</b> Tablero de control y potencia equipos proceso productivo cobertura .....	155

---

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Indicadores de Gestión</i> .....	66
<b>Tabla 2</b> <i>Resumen de secuencia de E/S para control de equipos de sistemas de transporte neumático</i> .....	79
<b>Tabla 3</b> <i>Configuración de Redes por requerimientos CIM</i> .....	116
<b>Tabla 4</b> <i>Listado de configuración para Direcciones IP Zona Extrusión</i> .....	117
<b>Tabla 5</b> <i>Listado de configuración para Direcciones IP Zona Secador</i> .....	118
<b>Tabla 6</b> <i>Listado de configuración para Direcciones IP Zona Cobertura</i> .....	120
<b>Tabla 7</b> <i>Listado de configuración para Direcciones IP Zona Semielaborados</i> .....	121
<b>Tabla 8</b> <i>Descripción de Señales de interlocks</i> .....	146



---

## Introducción

El desarrollo constante de la industria ha posibilitado la evolución y elaboración de nuevas herramientas, métodos y técnicas, para optimizar los procesos de producción, y convertirlos en esbeltos y armónicos, es así como hoy en día se habla de una nueva era industrial, también llamada la industria inteligente, que tiene como objetivo transformar a las empresas en una entidad inteligente, que pueda obtener los mayores resultados posibles del negocio (CIC Consulting Informático, 2017).

Todos estos cambios, se basan en la vinculación y articulación de los procesos industriales con las nuevas tecnologías, para que se pueda lograr una mayor estandarización y automatización de los procesos, donde lo real y lo virtual, se unen y se integran a través de la internet y las nuevas herramientas de la información y la comunicación, pues los fabricantes, los equipos y las maquinas comparten elementos claves de su cadena de suministro, sus procesos y sus etapas para poder optimizarlos automáticamente, y poder usar la inteligencia artificial para desarrollar las tareas complejas, a través de flujos de información difíciles de manejar.

Por lo tanto, en estos elementos, no solamente se tiene en cuenta el factor tecnológico, sino también la colaboración y el apoyo que existe entre los seres humanos y las máquinas, pues desde tiempos anteriores el hombre interactúe directamente con las nuevas tecnologías y logra articular procesos para un desarrollo económico y personal. (InfoPLC, 2014).

La automatización y estandarización de métodos, establece una de las metas principales de las organizaciones, con el fin de buscar competitividad, sostenibilidad, productividad y capacidad de reaccionar ante las necesidades de un entorno que no para de cambiar, buscando alinear el recurso físico con el humano y el tecnológico, anteponiéndose a los cambios estrepitosos de las tecnologías y los métodos de trabajo, los avances de la competencia y las

necesidades del mercado, todo esto obliga a las organizaciones a mantener actualizados sus factores de producción, logrando la flexibilidad y una capacidad de respuesta amplia y rápida.

Las TIC'S han permitido la adaptación a este tipo de cambios, logrando la integración de los sistemas de producción, los recursos y la dirección de las compañías, hecho que se busca ampliar y justificar con el presente trabajo, creando una propuesta de automatización, que sea viable y aplicable para el desarrollo de tecnologías de control de procesos.

---

### **Planteamiento del problema**

Actualmente las industrias manejan su estructura de procesos de manera física, muchas de sus actividades se realizan manualmente, lo cual las hace menos eficaces y productivas, lo que genera una carga operativa, hacia los costos de la compañía y no es viable su control directo por uno o varios individuos, su nivel de riesgo durante la ejecución es más alta, debido a su manipulación directa. En la medida que se van involucrando más individuos en el proceso, más complejo se vuelve el sistema, se deben aumentar el nivel de precauciones para cuidar la integridad de los participantes y del proceso y por ende se vuelve más costoso desarrollarlo.

En la estandarización y automatización industrial, los aparatos, equipos y softwares, deben realizar las tareas correspondientes para las que fueron diseñadas y no que el ser humano haga las tareas mecánicas que bien puede realizar el robot o máquina que fue dispuesto para tal fin, de esta forma las personas se pueden dedicar a realizar funciones que demandan un componente intelectual y no trabajos repetitivos que pueden ser realizados por una máquina.

Como se mencionaba al inicio, es fundamental mantener la salud y seguridad en el personal y en el lugar de trabajo, para que las tareas de las áreas de los procesos productivos se puedan desarrollar sin ningún imprevisto, por lo tanto, actualmente se han diseñado muchas herramientas que facilitan esos procesos y que permiten que sean más eficientes a través de la sistematización mediante los sistemas SCADA, y las demás fuentes de automatización actuales

Cualquier trabajo de reajuste y desarrollo tecnológico implica riesgos que se pueden mitigar a través de una organización detallada y completa de las tareas a realizar, empleando la tecnología que más se adapte a los procesos de cada organización y realizando una ingeniería detallada y exhaustiva de la información y los datos del proceso.

---

Los avances tecnológicos, la globalización y el desarrollo complejo de los nuevos procesos industriales, ha llevado a las organizaciones a investigar alternativas para integrar nuevas tecnologías y por esta razón, las empresas buscan entidades dedicadas a brindar soporte y asesoramiento que permita simplificar actividades, por medio de tecnologías de automatización estandarización que hagan los procesos más competitivos y eficientes.

En un estudio realizado por ISA (International Society of Automation) organización internacional encargada de desarrollar estándares relacionados con el control, la automatización y la instrumentación, se observa que el 45% de los trabajos que realizan los seres humanos podrían ser desarrollados por la tecnología actual, pues hoy en día se han diseñado macros multifuncionales, códigos de software y programas que sustituyen y realizan de manera más eficiente tareas repetitivas haciendo que la presencia de las personas ya no sea necesaria, debido a que las maquinas, los computadores y los equipos podrán desarrollar tareas de la vida diaria como ingresar y extraer datos, recopilar estadísticas y hacer cálculos, etc.

En este sentido, actualmente, el mercado de la automatización es cada vez más grande y a medida que aumenta, su implementación e incorporación al interior de las organizaciones es cada vez mayor principalmente en el sector manufacturero, sin embargo, también se ha evidenciado que se pueden implementar en otras áreas, como los centros de datos.

Esta adopción de tecnologías impulsara su crecimiento y harán que el sector de la automatización industrial en los próximos años, según afirman analistas de TMR por sus siglas en inglés 'Transparency Market Research' empresa global de inteligencia de mercado que brinda informes de investigación y servicios de consultoría, indica que entre los años 2016 y 2024 este sector crecerá a una tasa anual de 6,6% permitiendo un crecimiento económico de 350.000 millones de dólares a nivel global. En este sentido, dicho valor corresponde al doble de la cifra

---

registrada en el año 2015 en donde el valor correspondiente fue de 182.640 millones de dólares. (Perez, 2015)

En Europa por ejemplo durante el 2014 la automatización de procesos tuvo un 51% de participación y se espera que durante los próximos años la región siga liderando el mercado global, también se señala que “la región de Asia pacífico está mostrando importantes signos de crecimiento, que podrían alterar el ranking del mercado de automatización industrial en la próxima década” (Hayes, 2004)

Cifras de la investigación mundial ‘Deloitte Global Shared Services Survey’, firma inglesa dedica a servicios de consultoría, impuestos, asesoría jurídica, financiera y auditoría, consideran que en temas de automatización en Colombia la industria manufacturera es una de las más representativas, ya que se encuentra constantemente activa, aunque dicho proceso aún se encuentra en etapa de crecimiento.

Según Deloitte (2019): “La robótica llega en un buen momento como herramienta, porque todas las empresas están buscando de alguna manera optimizar su negocio y obviamente lograr eficiencia, es una manera tangible de lograrla”.

Del mismo modo, la seccional de ISA en Colombia, expresa que hay una serie de desafíos y retos, que muestran que actualmente el país se encuentra frente a una nueva revolución tecnológica que pone como prioridad la automatización, y por lo tanto se conoce como la industria 4.0, en el cual el precio y la productividad de las empresas se ha desarrollado bajo otros conceptos que varían dependiendo del tipo, tamaño y sector industrial, lo cual permite un ahorro entre el 8% y el 35%, pues a través de la automatización se logra una disminución de energía, una reducción de productos en mal estado o reprocesados y devoluciones, además, también se ha logrado percibir un aumento en la productividad del 4% y el 15%, gracias a la

---

producción a escala, la disminución de paradas no programadas y el progreso en el uso de activos de la empresa.

Con la implementación de herramientas de automatización se pueden crear indicadores de desempeño para medir la eficiencia de los procesos, que se centran en cómo se realiza la tarea y cómo ha cambiado su desarrollo a través del tiempo, con el fin de lograr objetivos y poder desarrollar estrategias y acciones de mejora que permitan ser más competitivo y eficiente, por lo tanto este tipo de indicador debe ser calculado por un índice en el cual se observe el progreso del proceso para poder determinar si la empresa ha alcanzado las metas definidas por la gerencia.

La automatización de los procesos ayuda a desarrollar elementos centrales sobre los índices de desempeño de los procesos, proporcionan información acerca de las etapas del proceso, se tiene mejor exactitud en la toma de decisiones, y que establece como objetivo principal, alcanzar un mayor nivel de eficacia y eficiencia en las actividades de la empresa.

Indagar y hacer un seguimiento constante a los procesos mediante la compilación de información clave, por medio de herramientas de automatización, la pone de una manera accesible para que los diferentes actores, puedan desarrollar un proceso de toma de decisiones más eficiente que los incline a seleccionar la mejor alternativa, aportando mejoras significativas a la productividad y, por tanto, obteniendo resultados positivos para toda la organización.

¿Qué soluciones simuladas por computador y basadas en herramientas de automatización industrial se pueden implementar en un sistema de monitoreo y control automático, para desarrollar procesos productivos de calidad y eficiencia?

---

Dado lo anterior, la motivación de la propuesta es ofrecer una perspectiva de todos los recursos de control e información que hay en una planta de procesos de manera integral y detallada en la cual participan en el proceso todos los integrantes de la compañía (operadores, técnicos, ingenieros, supervisores, gerentes, etc.), pueden interactuar, visualizar y disponer de la información resultado de los procesos, mediante gráficos, tablas, indicadores etc.

---

### **Justificación**

Los sistemas de control, supervisión y adquisición como los SCADA son importantes porque son un medio para llegar a un fin y no un fin por sí mismo, además a través de la automatización y estandarización de procesos es mucho más sencillo que las organizaciones lleven un control y seguimiento de sus procesos a través del análisis de conexiones, interacciones y combinaciones entre diferentes procesos integrales del sistema.

Por lo cual, dicho sistema se implementa desde el momento en que cualquier aplicación del sistema tenga información y datos de los procesos y la manera como estos operan, por ejemplo, el uso de un aplicativo InTouch, tiene como objetivo principal mostrar los registros históricos de variables de control, generación de registros, como herramienta de soporte para el procesamiento de bases de datos, manejo de herramientas gráficas y tratamiento de alarmas. Los aplicativos InTouch, permiten crear aplicaciones de interfaz hombre-máquina (HMI). La comunicación con red ETHERNET, permitirá una conexión dentro de un grupo de trabajo ya sea local o remoto, para visualizar el proceso, y obtener un seguimiento de los procesos productivos.

Este tipo de aplicaciones representan una ayuda indispensable dentro de las empresas, porque permite mantener los estándares de calidad de servicio, aumento de la productividad, al realizar tareas de control y monitorización.

Las personas interesadas en formar su profesión y/o condición académica como programadores de automatismos industriales, en base a las necesidades de la empresa desarrollaran y diseñaran la red que controla el PLC, con el fin de poder contar con un programa que ayude a controlar y poner en marcha el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.

Generalmente son personas que tienen amplios conocimientos en electricidad, neumática, hidráulica, profesionales polivalentes capaces de resolver las necesidades del cliente.



---

También hay profesiones relacionadas con el diseño de redes SCADA, ingenieros industriales especializados en automatismos y electricidad, técnicos y tecnólogos especialistas en programación industrial, diseñadores gráficos expertos en la realización de aplicaciones ‘backend’ y ‘Frontend’. Ingenieros especializados en seguridad informática, que ayudan a que toda la red informática sea segura durante todo el proceso, desde cuando se toman los datos hasta donde se proyecta en un monitor.

Ingenieros de telecomunicaciones capaces de evaluar cuales son las redes y la conectividad digital más apropiada para transmitir los datos de un punto a otro, y técnicos en mantenimiento que puedan dar soporte eficaz a las instalaciones industriales, una vez ha sido diseñada la red, para así mantener la estructura a nivel de Hardware, examinando la conexiones que dan error.

Es decir, se busca una formación académica integral para poder desarrollar un control automático y dirigido por SCADA en un proceso continuo.

La seguridad de las personas es un aspecto social, que la adquisición de este tipo de sistemas de control se ha propuesto mejorar y facilitar sus condiciones de vida y sus labores cotidianas, evitando desgastarse e incluso, hasta la medida de hacerlo por sí mismo, situación en la que muchos trabajadores han dejado de realizar trabajos manuales arduos y peligrosos, gracias al incremento de la mecanización y de sistemas mecánicos, que han reducido las labores por manipulación.

A pesar de que la automatización y control de los sistemas trae este tipo de beneficios, al mismo tiempo también perjudica a la sociedad, las tareas autómatas se realizan con mayor precisión, situación que le conviene a las industrias, por su rapidez y respuesta, lo que traería un índice de desempleo, pues estos sistemas ocupan el trabajo de las personas. Sin embargo, aun

con este tipo de consecuencias, la sociedad tendría la oportunidad de capacitarse y las empresas se verían en la necesidad de tener y exigir profesionales más competentes, para operar, reparar y/o programar dichos sistemas, esto implica que las futuras generaciones deban integrar más áreas de conocimiento.

Es un pensamiento muy normal, pensar que la automatización, es una fuente directa de desempleo, pero parte de este desempleo es causado por políticas económicas de las industrias en general, un ejemplo claro es despedir a un trabajador de un área específica, en lugar de cambiar sus actividades operativas y cambiarlas por actividades de supervisión y control de procesos.

La implementación de las nuevas tecnologías en las industrias, debería ser un parte de inicio para mejorar las habilidades de las personas, ya que sin lugar a duda la automatización en la vida de las personas busca elevar considerablemente su calidad de vida, y aumentar su tiempo libre.

## Objetivos

### Objetivo General

Proponer un sistema de control, supervisión y adquisición de datos, enfocado en instrumentos de automatización industrial, con el propósito de mejorar la eficiencia productiva de los procesos de flujo continuo.

### Objetivos Específicos

- 1) Analizar y definir los requerimientos para el diseño de un sistema de automatización, para un proceso de flujo continuo
- 2) Definir las variables críticas de los procesos de flujo continuo, para mejorarlos con el uso de tecnologías de la automatización.
- 3) Determinar alternativas de solución de procesos de flujo continuo, basadas en herramientas de automatización industrial
- 4) Exponer un sistema de distribución de procesos, en el cual se tengan en cuenta las herramientas de automatización industrial, con el propósito de incrementar la efectividad y eficacia productiva del sistema de flujo continuo.

### **Marco referencial**

En la prehistoria, los hombres inventaron sistemas para disminuir los esfuerzos al realizar sus tareas, como transportar cargas pesadas, ayudándose de poleas y sistemas de elevación asistida, apareciendo así, las primeras formas de máquinas en su forma más simple, y con la ayuda de la implementación de energías naturales como el viento, el agua, etc.

A partir de allí, y con el paso del tiempo, el hombre ha buscado mejorar sus sistemas de trabajo, buscando facilitar los procesos en cuanto a cargas, tiempos, métodos, incorporando tecnologías como la robótica, donde se implementaron la repetitividad, controles de calidad más precisos, y la más notable, la reducción de los trabajos manuales.

Ya en el siglo XX, se produce la segunda revolución industrial, centrada especialmente en la automatización industrial, llevándola de pequeña a gran escala, con la ayuda de tecnologías emergentes como la computadora, aportando velocidad, practicidad y flexibilidad, desde entonces las computadoras digitales se han convertido en el principal mecanismo para la automatización industrial.

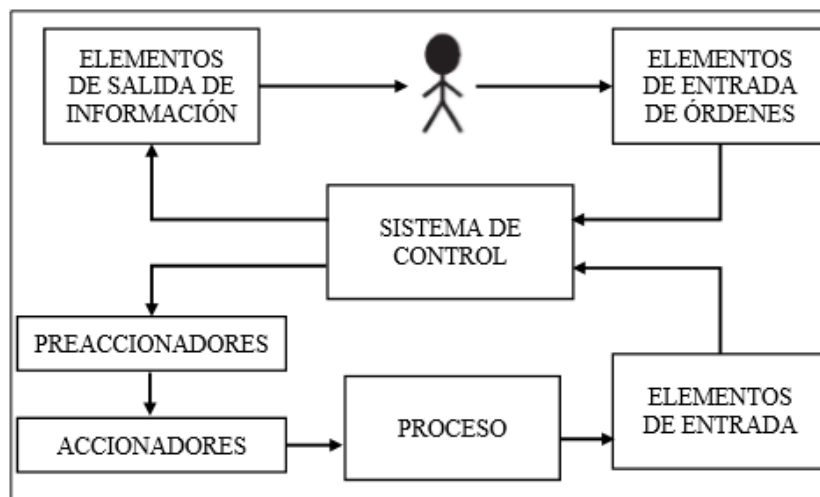
### **Automatización**

La automatización define un concepto de elementos computarizados y electromecánicos con fines industriales, para la recolección de datos en tiempo real. Además, también busca la disminución o eliminación de la participación humana en los diferentes procesos productivos, principalmente aquellos que implican una serie de acciones repetitivas, y que implementan en el desarrollo de sus procesos sistemas electrónicos, eléctricos, mecanizados, computarizados y automatizados, con el fin de poder controlar y operar los sistemas de producción con mayor eficiencia y eficacia de manera que sean mucho más competitivos y productivos.

Del mismo modo el concepto automatización, ‘significa la integración, con fines estratégicos, para ampliar la información y mejorar los sistemas productivos (GAITHER). Por lo cual es posible afirmar que la automatización se compone de 2 partes una operativa encargada de la ejecución de las actividades del proceso, y otra de control encargada de coordinar todo el proceso, dentro de estas se encuentran, el control, la gestión y la supervisión de la calidad, de las herramientas y de las operaciones.

En este sentido, resulta importante conocer el esquema de un sistema automatizado con cada una de las partes que lo integran. Tal como se muestra a continuación:

**Figura 1.** Diagrama de un proceso a automatizar



*Nota.* Fuente: Aragonéz et al. (1998)

De acuerdo con la Figura 1, el modelo estructural, muestra la secuencia de los diferentes elementos que intervienen dentro de un sistema automatizado. Inicialmente los pre-accionadores y accionadores son elementos que permiten ejecutar movimientos dentro de un sistema, que pueden ser: neumáticos, hidráulicos o eléctricos y el tratamiento de la información y todo el proceso de control se lleva a cabo a través del sistema de manera óptima y confiable. En este sentido, algunas herramientas que se pueden implementar para facilitar el proceso son:

---

microcontroladores, PLC (Programadores lógicos programables), PC's Industriales y PAC's (Controladores de Automatización Programables) y algún otro sistema de embebido.

### *Conceptos de automatización*

Implementación de diversos métodos y herramientas tecnológicas, para controlar, y monitorear un equipo, una máquina, un proceso o cualquier otro dispositivo que realice funciones repetitivas de manera que pueda operar automáticamente y reducir así la intervención humana.

Uso de tecnologías y sistemas que de manera automática permiten llevar un control de la operación y de los procesos productivos a través de dispositivos como los PLC's, los PC's, los PAC's y las herramientas tecnológicas de los sistemas de comunicación.

Sistemas que se encargan de transferir tareas de producción, desarrolladas frecuentemente por personas a un conjunto de factores, herramientas y métodos tecnológicos, estos sistemas constan de dos partes:

**Parte operativa:** Trabaja directamente sobre la máquina, hace que se mueva y que lleve a cabo sus tareas por medio de actuadores, motores, compresores, finales de carrera, etc....

**Parte de mando:** comúnmente es el autómata programable (tecnología programable), el cual es el centro del sistema ya que por medio de este es posible llevar un diálogo con los demás elementos que intervienen en el sistema automatizado.

---

### *Tipos de automatización*

**Automatización fija.** Implementa sistemas lógicos para poder operar y gracias a la programación y a la flexibilidad durante su uso ha sido posible incorporar elementos como los PLC's.

**Control automático de procesos.** Se caracteriza por controlar los procesos que presentan algún cambio ya sea físico, químico o de cualquier otro tipo.

**Control numérico computarizado.** Este es aplicado a equipos o técnicas de control numérico (MHCN), como las máquinas de corte; fresadoras, tornos, electroerosionadoras.

**Proceso electrónico de datos.** Se asocia con los sistemas cómputo y centros de información, centros de cómputo, que ayudan a obtener y analizar datos y registros almacenados en computadores.

### *Jerarquía de los sistemas de automatización*

Los sistemas de automatización pueden ser muy complicados y difíciles de manejar dado que involucran e incorporan una gran cantidad de equipos que trabajan en sintonía con las tecnologías de estandarización y automatización. En este sentido disponen de diferentes niveles de acuerdo con sus características que según (Exsol, 2017) se describen de la siguiente manera:

**Nivel de campo.** Es la etapa inferior, incluye los sensores y actuadores. Su tarea central es transferir información del proceso y los equipos al siguiente nivel para su respectivo análisis y seguimiento. El sensor convierte los parámetros en tiempo real en señales eléctricas ya que la información se transmite de acuerdo con cómo se va analizando. Actuadores; convierten las señales eléctricas del controlador en dispositivos mecánicos para controlar el proceso.

---

**Nivel de control.** Está compuesto por varios equipos automatizados, que toman los parámetros del proceso y través de la información que obtienen activan los actuadores. El controlador está compuesto por CPU, entrada y salida analógica, entrada y salida digital y un módulo de comunicación y otros módulos

**Nivel de supervisión y control.** Se encuentran todos los equipos automáticos y sistemas de monitoreo, por ejemplo, la interfaz hombre-máquina (HMI) que proporciona tareas de seguimiento, análisis y control. Las funciones incluyen monitoreo de parámetros de producción, archivos históricos y arranque y parada de la máquina. El equipo más utilizado en este nivel es: HMI de control.

**Nivel de información o Empresarial.** Constituye la etapa más alta de la automatización, allí las personas y los equipos gestionan todo el sistema de automatización, se organiza la producción, se observa a los clientes y los mercados, y se gestionan adquisiciones y ventas, que involucran más actividades comerciales y menos aspectos técnicos.

**Redes de comunicación Industrial.** Aquí los datos se transfieren de un nivel a otro. Estas redes existen en todos los niveles para proporcionar un flujo continuo de información y utilizan protocolos como RS485, CAN, redes de dispositivos, Foundation Fieldbus, Profibus, etc. Para comunicarse

De la jerarquía anterior se puede concluir que existe una comunicación de los niveles altos a los bajos y viceversa, es como una pirámide de información que se agrupa según algunas características y a medida que incrementa se obtienen datos más detallados sobre el proceso.



---

### ***Tipos de sistema de automatización de procesos Industriales***

De acuerdo con (Exsol, 2017) existen varios tipos de sistemas de automatización de los procesos industriales tal como se define a continuación:

**Automatización Fija.** Se utiliza para realizar operaciones fijas y repetitivas que permita lograr una alta productividad, en el proceso emplea equipos especiales que ayudan a automatizar los ensamblajes o procesos de secuencia fija. Una vez establecido, es complejo alterar el diseño del producto y por lo tanto es difícil que se pueda proporcionar varios productos con características diferentes, pero ayuda a mejorar la eficiencia aumentando la productividad y reduciendo los costos

**Automatización programable.** Puede modificar el programa de control en el equipo de automatización con el fin de realizar cambios específicos en el producto y en las operaciones de ensamblaje o proceso. Este tipo de automatización es más adecuado para el proceso de producción en masa o por lotes, ya que, en este proceso, el volumen de producto es de medio a alto y por lo tanto es difícil reconfigurar el sistema para la nueva secuencia de operación, por lo que se necesita mucho tiempo de configuración para cambiar la secuencia de operación y adoptar nuevos productos.

**Automatización flexible.** El sistema proporciona una gran flexibilidad para los equipos de control automático, lo que les permite realizar cambios durante el proceso de diseño del producto. Los operadores pueden realizar cambios en forma de código a través de comandos. Este tipo de automatización permite a los fabricantes producir una variedad de productos por medio de un proceso combinado en lugar de separados. Un ejemplo de este sistema son los procesos de CNC, el vehículo guiado automatizado y el automóvil

---

### **Fundamentos modernos de la automatización**

Los procesos automáticos han sido observados y desarrollados desde tiempos anteriores cuando no existía tanta tecnología y herramientas como hoy en día. Allí se intentaba simular los movimientos de los seres vivos y minimizar esfuerzos físicos utilizando maquinaria para mejorar la eficiencia en sus actividades, por lo cual es posible asegurar que la era moderna de la automatización, inicio con la era de la revolución industrial, y con ella la aparición de las máquinas de vapor, máquina que tuvo dos versiones, de simple efecto inventada por James Watt en el año 1775, y mejorada en 1785 para convertirse en máquina de vapor de doble efecto, que permitía llegar un mejor seguimiento y control de la distribución de vapor y desde ese entonces el proceso de automatización ha ido evolucionando, cambiando y reinventándose hasta lo que se conoce actualmente.

Según Córdoba Nieto (2006) “la automatización se podría definir como la agrupación de disciplinas tanto teóricas como tecnológicas que permiten la concepción, construcción y el empleo”, por lo cual agrupa una serie de actividades y estudios matemáticos, que estudian los sistemas automáticos y los elementos que lo componen, en los cuales a través de la puesta en marcha del sistema es posible encontrar soluciones a los problemas que constantemente se presentan al interior de un ambiente automático y controlado, como fallas en los ordenadores, los equipos, los detectores y los sensores (García Moreno, 1999).

La automatización ha ido creciendo y evolucionando con el desarrollo de la tecnología y el mejoramiento de los procesos industriales, de hecho, cada vez más procesos industriales son autónomos y fáciles de realizar, ya que la manipulación por parte de los operadores es casi nula, pues con la introducción de la robótica industrial, cada vez es más común ver como por medio de ordenadores se puede llevar un mejor control (Festo, 2008).

---

En este sentido, la industria actual tiene una gran demanda de sistemas de control económicos, confiables, flexibles y expandibles que puedan resistir de manera fácil y segura fuertes corrientes y voltajes, desarrollando así robots industriales programables, también conocidos como PLC (Balcells y Romeral, 2000).

Del mismo modo, los autómatas están compuestos por reglas que definen el cambio de estado, ya que la información se almacena en códigos binarios que luego permiten el análisis de la información de manera lógico y segura. Dichos elementos son muy usados en procesos secuenciales, los cuales constan de una serie de operaciones que están vinculadas entre sí bajo un conjunto de reglas lógicas y por lo tanto, este tipo de sistemas son los que se encuentran en la mayoría de la automatización industrial, pues son procesos dedicados a la fabricación de bienes y servicios (García Moreno, 1999; Balcells y Romeral, 2000; Love, 2007).

No obstante, es importante tener en cuenta que también existen otros sistemas de automatización que brindan la posibilidad de tratar y analizar datos por otros medios, como los sistemas autodidácticos, adaptativos y de autoaprendizaje (García Moreno, 1999).

### **Automatismo Secuencial**

Se define como automatismo secuencial; todo sistema, cuya operación se lleve a cabo a través de secuencias claramente establecidas y distinguibles regidas por una serie de reglas ya definidas, en las cuales las transiciones que se llevan a cabo dentro de los sistemas utilizan condiciones lógicas, que en algunos casos son complejas, para provocar cambios en el estado del sistema controlado.

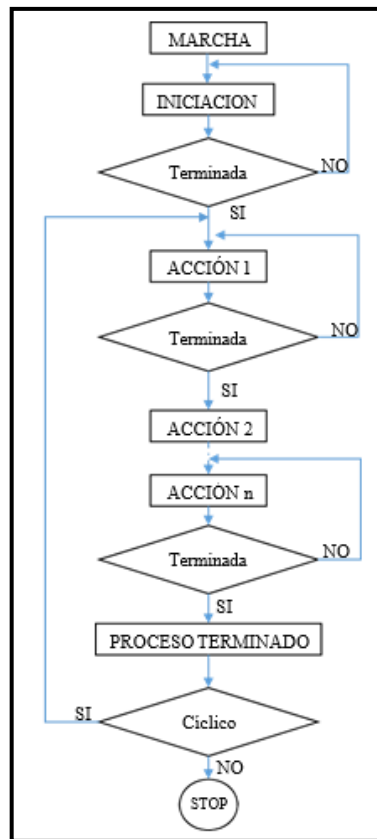
Por lo cual es posible afirmar según Balcells y Romeral (2000) que “un automatismo secuencial depende en gran medida de las variables de entrada y del estado inicial del sistema, ya

que todas las transiciones de los procesos pueden ser memorizadas por el sistema originando así las variables de estado”

Del mismo modo, dentro del proceso de automatización y estandarización también se pueden encontrar sistemas lógicos como los automatismos combinacionales en los cuales a diferencia de los secuenciales las salidas al sistema controlado dependerán del estado de sus entradas directamente, sin importar el estado inicial en que se encuentren (Balcells y Romeral, 2000).

La Figura 2 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo en el cual el comportamiento del proceso ocurre bajo un automatismo secuencial.

**Figura 2.** Representación gráfica de un automatismo secuencial



Nota. Fuente: Balcells y Romeral (2000)

---

De hecho, hay una gran cantidad de procesos que usan las secuencias de operaciones, pues estas actividades pueden tener diferentes propiedades, que incluyen una gran cantidad de procesos y etapas enfocadas en la lógica y la simulación, los cálculos aritméticos y la gestión de datos, debido a que el proceso en sí sigue una serie de condiciones lógicas de control a través de una operación en cadena, que permitirá controlar la secuencia lógica de funcionamiento del proceso y cada una de sus etapas.

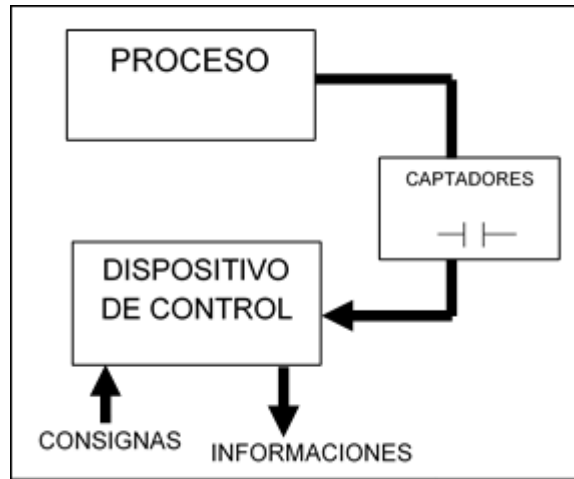
Vale la pena señalar que el autómata secuencial también combina las partes combinadas para formar un sistema híbrido, lo que muestra que los sistemas secuenciales puros no existen porque están compuestos por bloques combinados y bloques de almacenamiento interconectados. Por tanto, una de las herramientas utilizadas para el diseño de automatización secuencial es el álgebra lógica, aunque cabe mencionar que los métodos algebraicos por sí solos no son suficientes para desarrollar tales sistemas.

### *Niveles de automatización*

La automatización de un proceso y el nivel en que es implementado se define principalmente por factores económicos y tecnológicos, por lo cual dentro de esta se puede encontrar una gran variedad que depende de las metas de cada organización o proceso (García Moreno, 1999).

**Nivel elemental.** Es la automatización que se le asigna a un equipo sencillo o a una parte de él. Dentro de sus funciones se encuentra la vigilancia de tiempos muertos, posicionamiento de piezas y funciones de seguridad, por lo cual los grados de automatización son mando, guía operador y vigilancia

**Figura 3.** Nivel de automatización elemental, bucle abierto

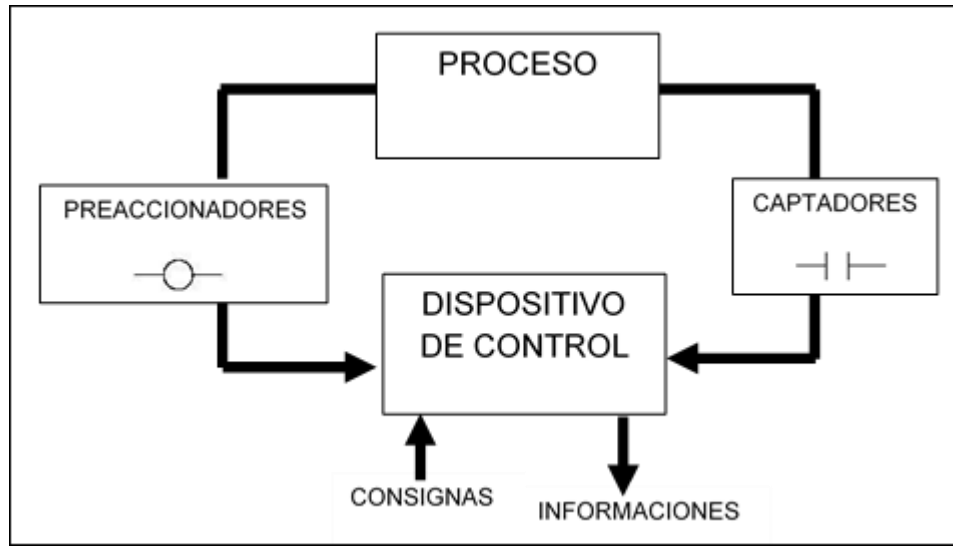


Nota. Fuente: García Moreno (1999)

El modo modelo de *Vigilancia* se desarrolla en bucle abierto y hace referencia a un dispositivo automático que mide una serie de variables, procesa la información y emite reportes y balances de servicio diarios.

El modo operación *Guía operador* corresponde a una variación de la versión anterior, con un mayor nivel de detalle, y según estándares predeterminados, mediante sugerencias al operador, incluidas tareas auxiliares.

El modo operación de *Mando* incluye adquisición, procesamiento, toma de decisiones y ejecución de información durante las operaciones de control. Esta acción corresponde a la estructura clásica de circuito cerrado, donde, la intervención humana no es necesaria excepto para las tareas de supervisión'

**Figura 4.** Nivel de automatización elemental, bucle cerrado

*Nota.* Fuente: García Moreno (1999)

**Nivel intermedio.** Corresponde al desarrollo y explotación de un conjunto de máquinas básicas o máquinas complejas, que se ha convertido en un campo clásico de la automatización industrial.

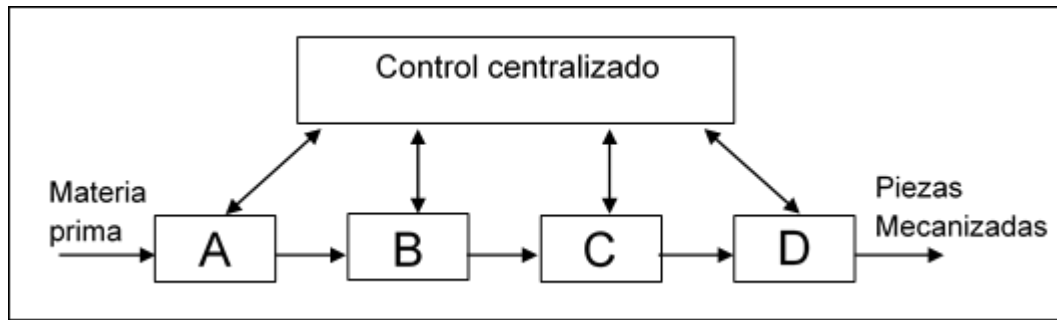
**Tercer Nivel.** Se caracterizan por ser el más completo de todos, en el cual no solo se lleva a cabo las tareas de control del proceso sino también los procesos de supervisión, optimización, gestión de mantenimiento, control de calidad y seguimiento de la producción, ya que, para lograr los objetivos esperados, es necesario una evolución constante a partir de diferentes estructuras de automatización y control.

### **Control centralizado**

Consiste en una computadora, una interfaz de proceso y una estación de operador que es aplicado a las estructuras de los procesos de variables continuas y secuenciales, cuya arquitectura permite la combinación de variables para la aplicación e implementación en procesos industriales.

De su arquitectura se pueden derivar características estructurales, por ejemplo: Una de sus ventajas es la concentración, ya que su arquitectura es propicia para el flujo de información y es posible lograr una optimización global del proceso. No obstante, una de sus principales desventajas es que la confiabilidad del sistema centralizado depende de la confiabilidad de la computadora, por lo que, si la computadora falla, todo el sistema estará fuera de control.

*Figura 5. Control Centralizado*

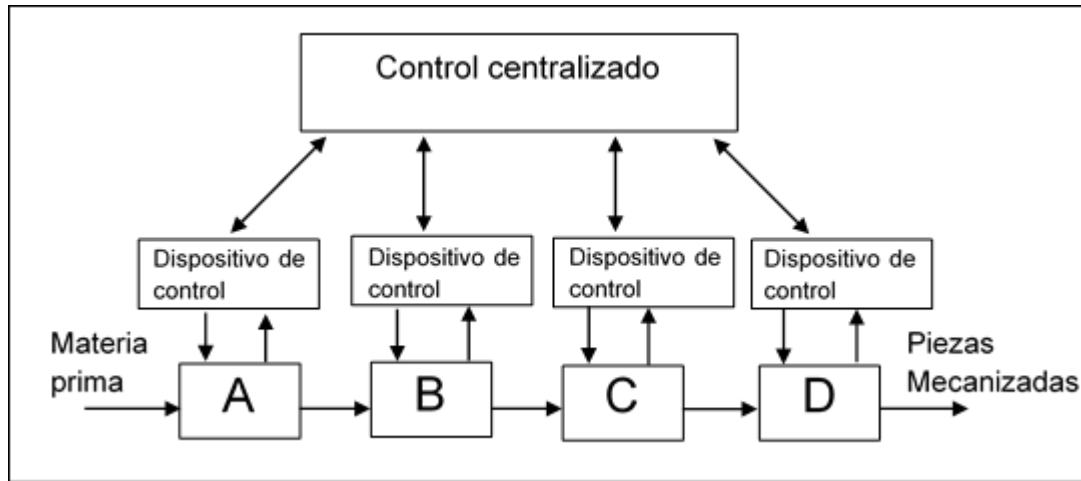


*Nota.* Fuente: García Moreno (1999)

### ***Control multicapa***

Se pueden establecer una serie de compromisos entre los beneficios y perjuicios de una arquitectura totalmente centralizada, formando así un control jerárquico de dos etapas. La etapa más baja consta de controladores locales, que se utilizan para controlar lazos o subprocesos específicos del sistema, y estos controladores son responsables de manejar las funciones que permiten el control de tiempo crítico. La etapa superior está compuesta por una computadora central, en esta computadora se supervisa al controlador local y se establece la carta de porte, participando en tareas de optimización remota, procesamiento de información global y monitoreo del sistema. Si la computadora falla, se puede garantizar el control de las variables del proceso, por lo cual se considera un proceso seguro.



**Figura 6. Control Multicapa**

Nota. Fuente: García Moreno (1999)

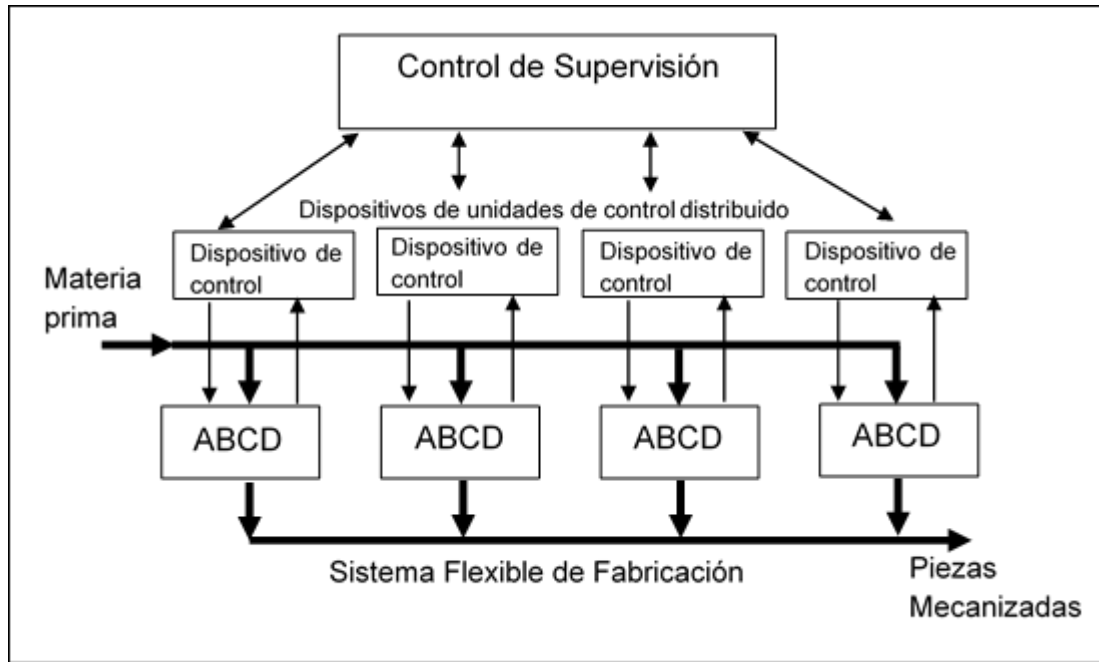
**Control jerárquico.** Parece ser el desarrollo del concepto de control multinivel, una secuencia de tareas de control extendidas a los elementos de organización y planificación empresarial y las asignaciones correspondientes a los niveles más altos de la jerarquía de control.

### **Control distribuido**

El control distribuido a diferencia del control jerárquico tiene en cuenta otras consideraciones y características:

- 1) Hay varias unidades de control y fabricación que realizan la misma tarea.
- 2) Si ocurre una falla, es posible enviar todo o parte de la actividad a otra unidad.
- 3) Esta estructura trae ventajas y desventajas. Cómo 'pasar por alto' la unidad problemática para evitar la congestión innecesaria del sistema. Sin embargo, requiere que diferentes unidades de producción puedan asignar tareas dinámicamente, por lo que se requerirá mucha potencia de procesamiento para acceder al tratamiento de la comunicación y la información, además del desarrollo de algoritmos inteligentes que permitan la detección y el diagnóstico de fallas.

- 4) Ambas categorías aportan características importantes, por lo que en los sistemas de automatización existe una tendencia de control híbrido, distribuido y estructura jerárquica, lo que conduce a tipos mixtos de soluciones. La característica distribuida ayuda a mejorar la confiabilidad y mantenibilidad del sistema, porque los cambios locales del proceso o equipo solo tendrán un impacto local en el sistema de control y el proceso de datos centralizado, de modo que se pueda llevar a cabo la optimización y el monitoreo global.
- 5) Las interfaces hombre máquina a través del computador permiten una mayor comunicación entre el sistema de control y los operarios.
- 6) Este sistema, no está excluido de algunas fallas e incidentes inesperados tales como; la pérdida de velocidad de la comunicación por retardos, posibles incrementos en el procesamiento de datos de cada nivel y falta de flujo de información directa entre controladores.

**Figura 7. Control Distribuido**

*Nota.* Fuente: García Moreno (1999)

#### **Cuarto Nivel**

Es la etapa en la cual se lleva a cabo la Fabricación Integrada y por lo tanto incluye conceptos tales como la Gestión Empresarial, Planificación, Programación, ya que su implementación requiere de tiempo y consta de una serie de etapas:

- 1) Células: Organizar el área de fabricación.
- 2) Islas de automatización: incorporar la automatización a los procesos
- 3) Integración de planta: coordinar los sistemas y métodos a implementar.
- 4) Unión del CAD/CAM y la planta.
- 5) Integración de los MPCS (Manufacturing Planning & Control System).

---

### **Diseño metodológico**

Existen diversas técnicas y métodos de automatización, aplicables a cada tipo de proceso, siendo la automatización electrónica y computarizada la que ha supuesto una revolución y avance gigantesco para la industria.

Este tipo de tecnología lo que busca es integrar un proceso de control a través de dispositivos que tengan la capacidad de tomar decisiones, cobrando importancia la programación y sistematización de las tecnologías utilizadas.

### **Instrumentos de medición y técnicas**

Dado el crecimiento, la globalización y la segmentación de los mercados, se plantea la automatización como una estrategia para enfrentar estos retos, la automatización de los procesos de flujo continuo significa un aumento en la productividad y rentabilidad de las empresas.

Muchas compañías invierten en la investigación de automatización de procesos, ya que manejan variados y bastantes datos en sus sistemas y al contar con tanta información, hace que la obtención de estos sea más compleja.

La implementación de un sistema de control se evita que se generen tareas en cola mejorando el flujo del proceso, ya que se minimiza el tiempo de espera en la toma de decisiones y las tareas se puedan realizar con sistemas de listas 'WorkFlow', estas herramientas permiten que las tareas puedan ser manipuladas, sin detener el flujo del proceso. Con la automatización de los procesos, se realiza una trazabilidad a las tareas, donde queda un registro de los eventos y se puede conocer el estado real del proceso.

---

La metodología de la automatización es centralizar un conjunto de actividades, que se pueden llevar a cabo con una misma herramienta, contribuyendo a la integración de los sistemas de gestión basado en procesos.

***La pirámide de la Automatización concepto CIM: La automatización Integrada por computador***

Según Rodríguez Penin (2007): la automatización es una integración de tecnologías tanto clásicas como la mecánica y electricidad como modernas, es decir electrónica, informática y de telecomunicación, que se agrupan en una representación gráfica la llamada pirámide de la automatización o CIM.

De acuerdo con Rodríguez Penin (2007) la pirámide es una estructura jerarquizada, de 5 niveles, en la cual se puede observar que en la parte más alta se toman decisiones como la política empresarial y en la parte baja se encuentran todos los procesos y sistemas operativos como los sensores, captadores de señal de los procesos, autómatas programables y máquinas de control numérico, por lo cual cuando todos los niveles se unen se logran hechos concretos, es decir que lo que se busca es que las políticas empresariales se conviertan en operaciones de control de bajo nivel. En la Figura 8, se muestra los niveles de la pirámide de la automatización los cuales tienen como objetivos los siguientes:

- 1) Disminuir los niveles de inventario y aumentar la rotación
- 2) Reducir los costos directos y de material
- 3) Realizar un seguimiento y control de los niveles de inventario en tiempo real.
- 4) Mejorar la disponibilidad de la máquina reduciendo el tiempo de mantenimiento y configuración.

- 5) Aumentar la productividad y competitividad de la empresa.
- 6) Incrementar el control de calidad.
- 7) Introducir rápidamente los productos.
- 8) Mejorar los niveles de servicio.

Según las instrucciones de la Oficina Nacional de Normas (NBS), la información y los procesos relacionados con cada nivel se detallan a continuación

**Nivel 0:** Representa la base de la pirámide de automatización, aquí están los subprocesos, generalmente la maquinaria del proceso de producción. También en este nivel se encuentran, todos los componentes del instrumento, como sensores, detectores, actuadores, inversores, válvulas, etc. En esta etapa se y revive las señales de los demás niveles

**Nivel 1:** Se conoce como el nivel de control de la unidad. En esta etapa, todos los equipos de control, como PLC, PAC, computadoras industriales, son responsables del ajuste y los controladores de seguridad que se emplean en el funcionamiento del proceso. La señal llega desde la capa inferior a través de un cable separado o, en algunos casos, a través de una red de comunicación dedicada.

**Nivel 2:** En esta etapa la inspección y la recopilación de datos se llevan a cabo manualmente o por computadora. En este nivel, se trata de monitorear autómatas, PC y equipos. Por lo cual su función principal es la supervisión global de todo el proceso, el mantenimiento correctivo y preventivo, la optimización de operaciones, la gestión y el control de alarmas y de elementos de calidad.

De acuerdo con la filosofía de la empresa, este nivel permite cargar pedidos, consignas y recibir el estado del proceso. También puede recibir procedimientos de producción y mantenimiento del tercer nivel de planificación y realimentación, con el fin de obtener

---

información sobre dicho nivel, incluido el estado del proceso, como órdenes de trabajo, estado de la máquina, etc. Finalmente, en esta etapa se llevan a cabo los sistemas SCADA.

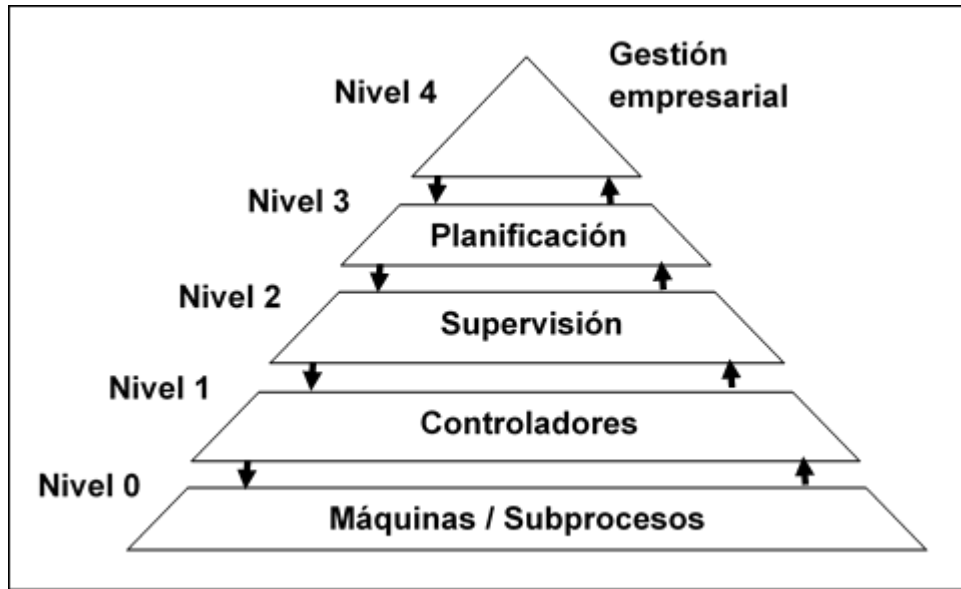
**Nivel 3:** Constituye la etapa de planificación allí se encuentra el sistema de ejecución de producción (MES) y del mismo modo se desarrollan funciones como: planificación de producción, gestión de compras y de materiales, análisis de costes de fabricación, control de inventario y gestión de calidad y mantenimiento. Este nivel lleva una comunica constante con los niveles 2 y 4 para poder recibir los datos necesarios para poder operar

**Nivel 4:** Representan la etapa más alta de la pirámide, responsable de la gestión y del sistema de gestión integrado (ERP) de la empresa. En él se llevan a cabo funciones como: gestión comercial y de marketing, planificación financiera y administrativa, gestión del talento humano, ingeniería de productos y procesos, gestión tecnológica, informática y de sistemas de información, investigación y desarrollo.

Esta etapa emite información para el nivel 3 y recibe nuevamente datos que le ayudan a desarrollar sus tareas.

En el nivel más bajo de la pirámide de automatización, existen varias limitaciones en las características del entorno industrial. Por un lado, estas requieren que el tiempo de respuesta del sistema que constituye la parte de control sea rápido y definido; por otro lado, deben ser lo suficientemente fuertes para sobrevivir a interferencias y entornos industriales y ambientales que continúan jugando un papel importante en el proceso, es decir, se debe asegurar la confiabilidad y disponibilidad del proceso controlado.

*Figura 8. Modelo piramidal de la automatización*



*Nota.* Fuente: García Moreno (1999)

Las redes y protocolos de comunicación son aspectos importantes para que se pueda dar el flujo de datos entre las diferentes capas de la pirámide. La red de comunicación se puede ubicar entre distintos equipos de campo que se comunican desde el nivel 0 hasta el nivel de supervisión después con el nivel MES y finalmente con el nivel ERP.

Los cuales permiten la integración de algunas funciones de la empresa como la logística, los inventarios, las finanzas y los envíos a través de sistemas de información.

El tipo de red de comunicación utilizada depende del nivel de la pirámide. En el nivel más bajo, existen problemas específicos como ruido, ambientes húmedos y con alto nivel de polvo, etc. y, por lo tanto, la comunicación debe ser sólida y segura para apoyar a la industria y soportar todas las características del entorno.



---

***Modelo para la conceptualización e implementación de sistema de automatización***

En el entorno actual se evidencia una serie de metodologías de introducción al diseño de sistemas automáticos que ayudan a desarrollar una idea más completa y clara del proceso, los elementos que lo componen y sus requerimientos, con las siguientes dos metodologías se puede analizar; en la primera se analiza el modo de arranque y parada y en la segunda como se conducen al diseño del sistema de control.

***Metodología para el modelado de negocios BMM***

Según Moreno, E. G. (2009). “La metodología de modelado de negocios BMM, por sus siglas en ingles de ‘Business Modeling Method’, se utiliza principalmente para desarrollar sistemas de información de procesos de negocios”, que pueden abstraer el modelado a través de múltiples niveles de procesos y actividades. El nivel de descomposición requerido dependerá de la complejidad del proceso. Se recomienda tener como máximo 7 niveles o al menos 3 niveles, y las actividades del proceso se explican en detalle en el último nivel.

Los procesos comerciales son ejecutados por recursos humanos, de modo que los objetivos del negocio se pueden lograr, desencadenando eventos, supervisados por reglas comerciales que requieren de información para su ejecución. De acuerdo con el BMM, la estructura del proceso debe permitir la identificación de las características y aportes de cada proceso a la cadena de valor.

Por lo cual se deben incluir aspectos como:

- 1) Actores: Estos pueden ser; personal, máquinas, equipos, sistemas electrónicos y / o mecánicos, etc. De manera que algunos participantes pueden controlar el sistema, mientras que otros pueden realizar el proceso.

- 
- 2) Las reglas del negocio, que ayudan en el proceso de control, ya que pueden ajustar y controlar las etapas, regulaciones, leyes, etc.
  - 3) Entradas o insumos necesarios para el desarrollo del proceso, pues son los objetos e información que permiten su ejecución.
  - 4) Salida, es el elemento final del proceso que resulta de cada una de las etapas, puede ser información o el producto final de todo el proceso o una parte de él.
  - 5) Objetivo, representa la razón de ser del proceso.
  - 6) Recursos, representan todo el contenido involucrado en el proceso comercial, incluidos los participantes, los objetos y la información requerida para ejecutar el proceso.

Estos procesos se desencadenan por eventos internos o externos. Desde la perspectiva de la automatización industrial integrada, muchos métodos de BMM se pueden utilizar para contextualizar a las personas sobre el sistema en el proceso industrial y definir aspectos funcionales. que luego permitirán definir los requisitos de automatización.

En el libro de Montilva et al. (2000), se propone un método para la automatización general de los sistemas de producción continua, llamado 'METAS'. En este método, las acciones de desarrollo pueden dirigirse al proceso y se ajusta para producir y elaborar productos y bienes por lo cual es un sistema que se aplica principalmente al proceso de manufactura. La base de la aplicación de este método es la arquitectura de referencia de procesamiento, que tiene en cuenta los elementos técnicos (hardware, software, comunicación) y de gestión se requieren para definir la automatización e integración del proceso de producción en los cuales se centra la automatización de la pirámide CIM

---

### **Metodología GEMMA**

GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts), es un punto de referencia para el estudio de posibles situaciones de arranque y parada en el proceso productivo, que representan la transición de un estado a otro. “GEMMA maneja un enfoque de diseño estructurado con el fin de modelar las tareas de forma parcial” (Balcells y Romeral, 2000).

Teniendo en cuenta los diferentes macroestados, el uso de GEMMA ayuda a que se sistematice el diseño del sistema de producción para que sean automatizados y puedan llegar a un mayor nivel de abstracción. Por lo cual, dicho proceso es una lista detallada de los estados que son necesarios durante la operación de la planta y las posibles relaciones entre estos estados.

El proceso de automatización incluye dos elementos: La producción y el control. El sistema de producción se presenta en cuatro estados: en funcionamiento, detenido, defectuoso o sin suministro de energía. Cada estado operativo está representado gráficamente por rectángulos y líneas rectas conectadas al estado operativo según GEMMA. De esta forma, la aplicación real de GEMMA dará como resultado gráfico que contengan los siguientes elementos: estado, familia de estados, línea de orientación y condiciones de evolución.

### ***Clasificación de los modos de marcha y parada***

**Grupo F: procedimientos de funcionamiento.** En este grupo se colocan todos los estados requeridos para la producción. El método de operación (F) especifica el modo requerido para obtener el producto del sistema. Para esta producción no todos los métodos son suficientes, principalmente cuando involucran la fase de preparación o el final del ciclo, o bien la fase de prueba o ajuste de los equipos.

---

**Grupo A: procedimientos de parada.** Este grupo contiene instrucciones de apagado que ayudaran a apagar el sistema automático por razones externas al sistema cuando sea necesario. Por ejemplo, cuando se presente una falta de insumos, se requieren paros laborales al final del ciclo o al final de la jornada laboral. El modo "paro o parada" (A) identifica el "proceso de detención del proceso" y se activa por motivos relacionados con la operación normal del proceso.

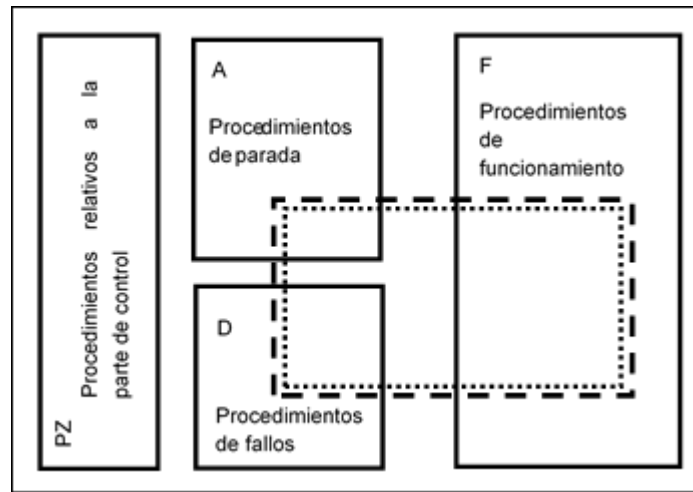
**Grupo D: procedimientos de fallo.** Se comprenden todos los métodos de intervención, que ayudan a mediar un estado o parada por motivos internos del sistema, básicamente para controlar los fallos de la operación.

El *modo interrupción (D)* Recombina aquellas fallas causadas por elementos endógenas, es decir, aplicables al proceso de operación, de manera complementaria al Modo A. Una interrupción no significa necesariamente que la producción se detenga. Por el contrario, debe identificar "incidentes" más o menos graves y deben tomarse medidas correctivas.

Las pautas de GEMMA brindan soporte a los diseñadores de automatización y recomiendan seguir un método de implementación que recopile la información necesaria para definir cada estado operativo. La propuesta de implementar el método BMM permite incluir en el diagrama de actividades toda la información del proceso, lo que ayuda a desarrollar la guía GEMMA de una manera más sencilla, ya que se puede obtener la información necesaria para el proceso productivo.

En este sentido, el paso a seguir es la implementación del programa en el PLC, haciendo uso de los beneficios y las características de las dos metodologías, BMM y GEMMA.

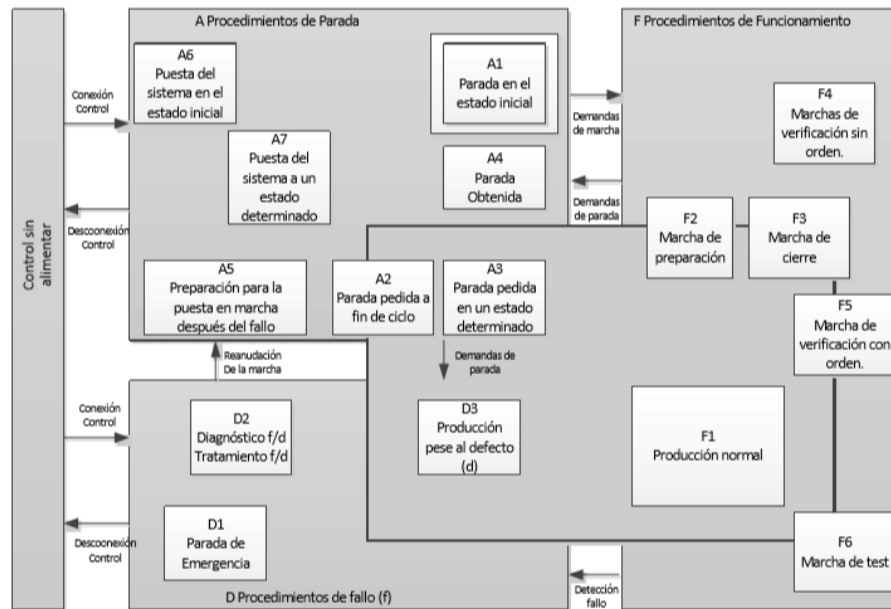
**Figura 9.** Esquema Simplificado de GEMMA



*Nota.* Fuente: García Moreno, 1999

En cada uno de los enunciados F, A y D, las directrices determinan la descripción completa del sistema y todos los modos de unión necesarios y suficientes que pueden considerarse, en cada etapa está representada por un estado rectangular. La guía reagrupa las condiciones estándar para mover sitios operativos y todo lo que no esté en producción dentro del rectángulo ha dejado de producirse.

**Figura 10. Esquema General de GEMMA**



*Nota.* Fuente: García Moreno, 1999

La figura 10, representa el procedimiento de trabajo del diseñador, a partir del esquema general de la GEMMA. De esta, se obtendrá el Graficet de nivel superior correspondiente y posteriormente, a cada rectángulo de estado, le corresponderá un Graficet habitual, que permita la descripción exhaustiva del funcionamiento del sistema automatizado

F1 representa la etapa de producción normal, F2, da inicio al proceso de preparación, F3 se presenta cuando finaliza la operación, F4 y F5 permite la verificación sin orden y con orden respectivamente y por último F6 tiene en cuenta la prueba de todo el proceso.

A1 representa la situación inicial, A2 alguna parada o punto final del ciclo, A3 una detención en un estado específico, A4 una detención en un estado intermedio, A5 representa la puesta en marcha del proceso después de un fallo, A6 el restablecimiento del proceso a su estado inicial y A7 la vinculación del sistema a un estado determinado.

D1 representa parada de emergencia, D2 análisis de las fallas, defectos y tratamiento de estas y D3 es producción, aunque exista un defecto.

---

### *Metodología Grafcet*

El Grafcet es una herramienta que implementa la automatización a través de modelos secuenciales que permiten que esta sea clara, legible y sintética. Surge como consecuencia de unificar y racionalizar los lenguajes de descripción relativos a los sistemas lógicos en general, y de los automatismos de carácter secuencial en particular.

Las características del Grafcet como herramienta de sistemas de eventos según García, E. (2002). son:

- 1) Proporciona un método de programación estructurado "top-down" (orden descendente), que permite el desarrollo de conceptos desde lo general a lo específico, hasta una descripción muy precisa y un nivel de descomposición (granularidad) en las distintas tareas a realizar. La automatización se encuentra en diferentes etapas de ejecución y operación.
- 2) Permite la introducción del concepto de diseño estructurado obligando a los eventos del Grafcet superior a construir varias "tareas" automatizadas de manera jerárquica.

### *Definición de Conceptos y elementos gráficos asociados*

**Etapas:** Es el escenario del sistema en el cual todo o un parte del órgano de mando es invariante con respecto a las entradas – salidas del sistema automatizado. La característica fundamental de la etapa es la inclusión intrínseca del concepto de activación (marcado binario) y la de acción o acciones asociadas. La etapa puede estar activada o no activada (marcada o no marcada). Gráficamente la etapa se representa por un rectángulo que se enumera en su interior y en la parte superior, brindándole un sentido de secuencialidad a las etapas representadas.

Las etapas se pueden representar en:

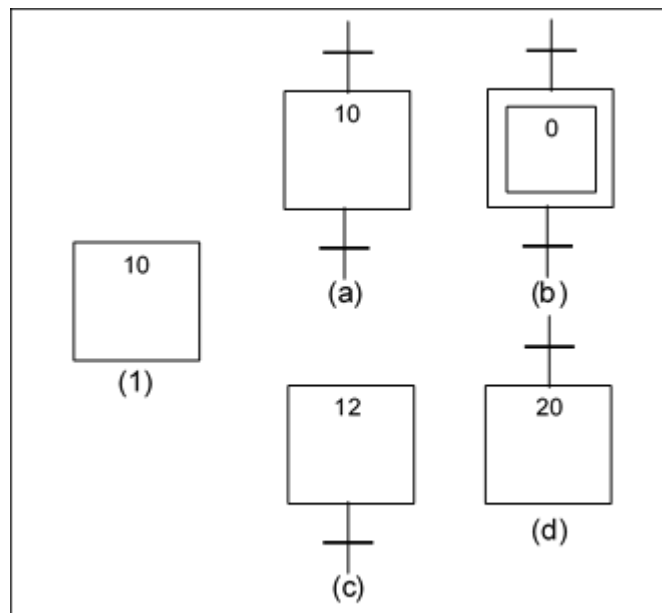
**Etapa normal (a):** ligadas a una transición de entrada y otra de salida. El concepto de transición se definirá posteriormente.

**Etapa de inicialización (b):** Son aquellas que deberán quedar activadas al comienzo de la ejecución del algoritmo de control.

**Etapa fuente (c):** son etapas que no poseen transición de entrada.

**Etapa sumidero (d):** etapa que no poseen transición de salida y, por tanto, no está conectada con ningún elemento de salida.

**Figura 11.** Elementos Gráficos del GRAFCET



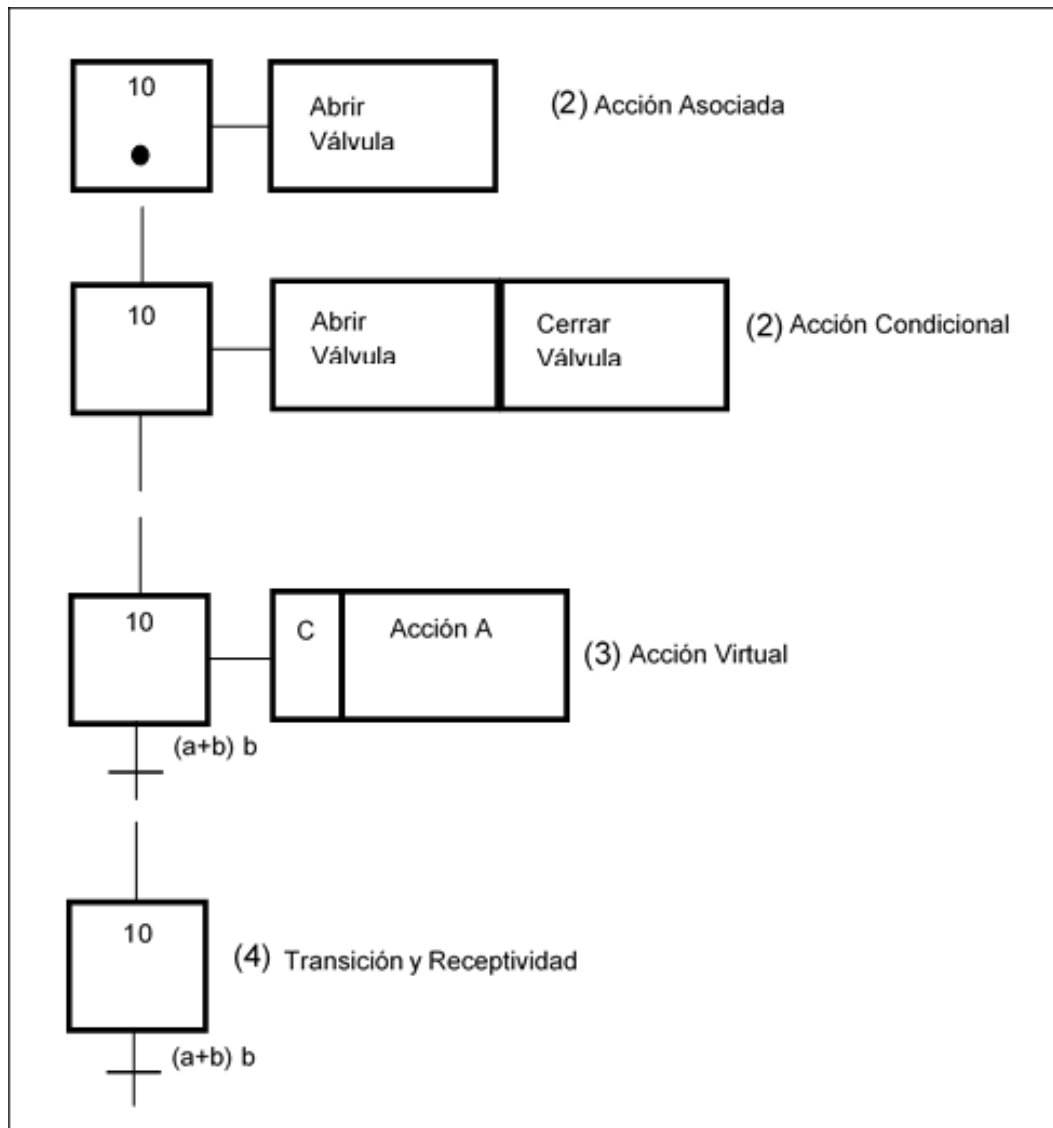
*Nota.* Fuente: Balcells y Romeral (1997)

**Acción Asociada:** Cuando se active la etapa de la que dependen estas operaciones, se realizarán una o más operaciones posibles. El estado de la fase activada se indica con una marca, y la fase activa se ejecuta durante la acción básica referenciada (operación). Las acciones se pueden clasificar como; Reales, Internas, Externas, Incondicionales, Condicionales.



**Virtuales:** No realizan ninguna actividad en el sistema, generalmente se utilizan para que actúen en casos y eventos específicos permitiendo la evolución del proceso. En esta etapa, la etiqueta es vacía o no tiene etiqueta.

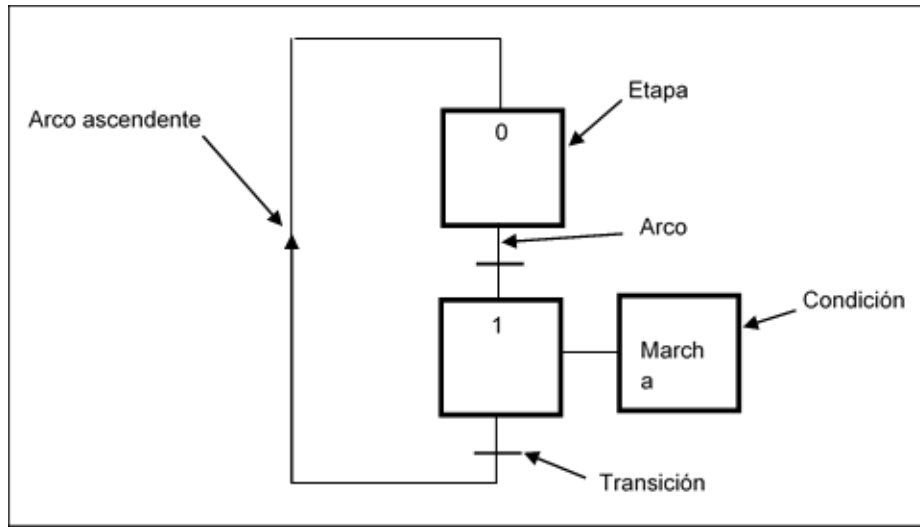
**Transición y receptividad:** El concepto de transición está relacionado con los obstáculos existentes entre dos fases sucesivas, y la intersección hace posible el desarrollo del sistema. A toda transición, le corresponde una condición de receptividad, que puede ser verdadera o falsa. La receptividad puede ser literal o simbólica y se ubica siempre a la derecha del símbolo que representa la transición.

**Figura 12.** Acciones y Condiciones Asociadas del GRAFCET

*Nota.* Fuente: Balcells y Romeral (1997)

**Arco:** Es un segmento de línea que conecta la transición y la fase, y viceversa, pero no hay ningún elemento homofónico entre sí. Los arcos se pueden representar en sentido vertical y horizontal para lograr mejores representaciones, se deben orientar con una flecha, en el caso que su sentido sea ascendente.

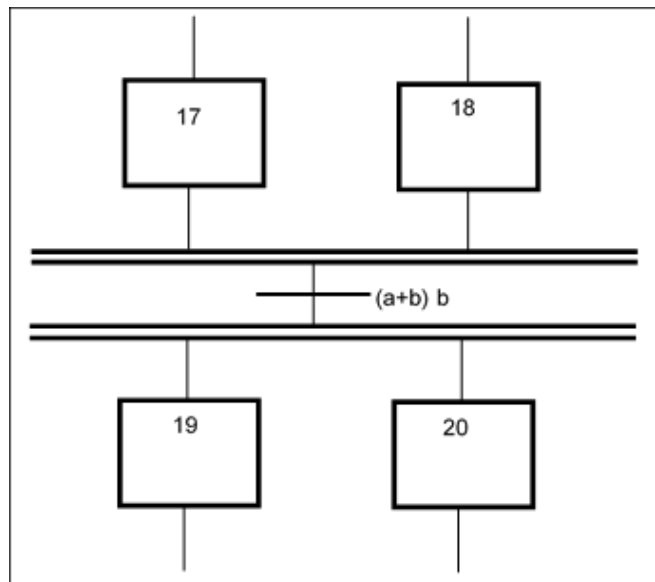
**Figura 13.** Acción de Condición por Arco del GRAFCET



Nota. Fuente: Balcells y Romeral (1997)

**Trazos paralelos:** Grafica diversas etapas en las cuales su evolución está sujeta a las mismas condiciones de transición. Los trazos paralelos se utilizan para llevar a cabo el concepto de concurrencia entre subprocesos.

**Figura 14.** Acción de Trazos Paralelos del GRAFCET



Nota. Fuente: Balcells y Romeral (1997)

---

El Grafcet, como se ha dicho, representa de manera gráfica la operación de los sistemas automático, que se establecen por los elementos gráficos base y las reglas de evolución, que se definen en cinco condiciones evolutivas, para la dinámica en los sistemas modelados mediante esta herramienta.

La primera regla, habla de la situación inicial del Grafcet, en la cual se muestra el comportamiento inicial de la etapa de control frente a la etapa operativa. La segunda regla; indica que una transición es válida cuando todas las etapas están activadas.

En la tercera regla, si alguna transición falla se activan las etapas siguientes, y se desactivan los inmediatos precedentes.

La regla de franqueamiento simultáneo, cuarta regla de transiciones conectadas en paralelo franqueables permite la descomposición de un Grafcet, en segmentos que ayudan a que estos se sincronicen nuevamente.

El funcionamiento de una misma etapa, quinta regla, si esta es simultáneamente activada y desactivada, deberá mantenerse activada.

El Grafcet permite representar cualquier estructura lógica secuencial, pueden obtenerse diferentes bucles y saltos, ya que se puede representar una sucesión de tareas que se ejecutan secuencialmente.

### ***Conclusiones de las metodologías***

Por un lado, los métodos descritos anteriormente pueden conceptualizar aspectos funcionales a nivel del proceso de producción, que son necesarios para lograr la automatización, y, por otro lado, pueden describir las acciones de control que se pueden lograr en diferentes

---

modos de operación, con el fin de programar el PLC de forma más eficiente al obtener información sobre cómo se está ejecutando el proceso.

Además, se recomienda seguir un método que pueda implementar sistemáticamente procesos o sistemas de automatización de máquinas bajo el siguiente orden:

- 1) Utilizar el método BMM para recopilar información sobre los requisitos del proceso a través de sus modelos de proceso y actividad.
- 2) Hacer un plan o gráfico basado en el diagrama de actividades para visualizar mejor lo que quiere hacer.
- 3) Definir los accionadores necesarios, para el proyecto, además de los sensores que se van a utilizar.
- 4) Definir los elementos que entran al proceso.
- 5) De acuerdo con el rendimiento de entrada y salida digital y analógica requerido en el proceso, determine si el sistema de control que se utilizará es PLC, PC o PAC.
- 6) Definir las medidas de seguridad que se deben tomar durante el proceso, en el cual se incluya la protección de sensores y componentes eléctricos.
- 7) Realizar el diseño de la guía GEMMA.
- 8) De acuerdo con estándares como IEC (International Electrotechnical Commission), implementar la versión de diseño eléctrico que permite controlar el proceso para que cualquier técnico pueda comprenderlo
- 9) Al enumerar la lista de materiales, tener en cuenta el ambiente en el que se está trabajando para que se pueda obtener el máximo rendimiento de los mismo.

- 
- 10) A la hora de diseñar y montar un cuadro de control, además de marcar correctamente los cables y componentes según el plano eléctrico, también es necesario tener en cuenta el calor que pueden generar los componentes eléctricos y electrónicos dentro del cuadro
  - 11) Registrar las modificaciones que se han llevado a cabo durante el establecimiento de los planos eléctricos.
  - 12) Reflexionar sobre incrementos futuros.
  - 13) Instalar y conectar el sensor y el actuador en el drenaje.
  - 14) Desarrollar pruebas de control en los elementos, en las entradas y en las salidas del sistema.
  - 15) Llevar a cabo el proceso y la automatización del controlador del sistema (PLC, PC), para poder intervenir las fallas.
  - 16) Proyectar la HMI y poner avisos de alarmas en caso de ser necesario.
  - 17) Desarrollar los exámenes del sistema y la instalación del programa con el fin de poder realizar la corrección de fallas.
  - 18) Finalmente, se debe llevar toda la información al responsable del mantenimiento y proceso de la documentación, para que la comprenda y guarde adecuadamente.

### **Planeación del proyecto.**

La automatización o la implementación de un sistema que ya se encuentra desarrollado, es una tarea difícil, por lo cual una adecuada planificación y un buen asesoramiento, permitirán llevar a cabo la sistematización de manera eficiente. Es importante insistir en la planificación de este tipo de procesos, ya que los resultados pueden no cumplir con las expectativas del cliente, si no se desarrolla y gestiona una planificación detallada de los elementos que componen la

---

necesidad del usuario, de un examen profundo de las opciones disponibles y una organización adecuada del trabajo. La utilización de una metodología apropiadas es tan importante para el resultado como también para la calidad del sistema.

Existen diferentes métodos para abordar el proceso de automatización, pero se pueden considerar las siguientes etapas, valorar cual es el mejor sistema para implantar no es tarea fácil. Por eso es indispensable realizar un profundo análisis, partiendo del conocimiento exhaustivo del sistema de trabajo actual, identificando las necesidades a satisfacer y evaluando los productos con relación a las necesidades detectadas.

### **Estudio y diseño del sistema (Identificación de tareas del proyecto)**

El estudio suele se realizado por un consultor exterior quien se encargará de suministrar la información a detalle de la biblioteca '*Datos del sistema*', este informe contiene una biblioteca con un centro de documentación, donde se analizan detalladamente los elementos y funciones e identificando las operaciones esenciales, aquí se constituye el punto de partida de cualquier proceso de automatización.

Para la realización del proyecto, se requiere un periodo de adaptación al entorno de programación de Rockwell Automation, se realizarán varios tutoriales de programas de contacto para trabajar con el Software Wonderware, para interactuar con los procesos y equipos, este software de gestión ayudara a comprender las operaciones para mejorarlas y optimizarlas.

Los ejemplos de programación que se van a realizar tienen relación con las especificaciones requeridas por el proyecto, de modo que; una vez terminado el periodo de adaptación, se podrán definir funcionalidades y características para cumplir con los aplicativos del proyecto.

---

En este punto es conveniente preguntar al personal implicado y recopilar todos los datos en la biblioteca, entre los datos analizados también se encuentra:

- 1) Edificios e Instalaciones, distribución del espacio, sucursales, materiales, etcétera
- 2) Usuarios; número de usuarios que tendrán acceso a los procesos, funciones que realizarán ‘Operador, Técnico, Administrador’.

La mayoría de estos datos son esenciales para calcular las necesidades de los equipos disponibles y poder adaptar el sistema de automatización al proceso.

## **Procedimientos**

### *Gestión del sistema*

**Asignación y cambios de dirección IP**, necesarios para habilitar el direccionamiento del PLC, con pruebas desde aplicativo PLC.

**Gestión de usuarios**, asignación de administradores con privilegios y gestión para los diferentes usuarios

**Medición y calibración**, programación de parámetros con los equipos de instrumentación, que se van a adaptar dentro del sistema de control, tiempo de medidas y control.

**Medidas de energía**, con el uso de un medidor de armónicos, se pretende analizar las redes, por los cuales se van a realizar el tratamiento de datos, para facilitar su legibilidad, realizadas las mediciones se adapta una preparación de datos, para su posterior visualización.

**Controladores de temperatura análogos**, es la adquisición de datos de trabajo que implica lectura de parámetros técnicos.

**Captación de pulsos**, Se requiere traer la lectura de datos de contadores, confirmación de señales, para la administración de datos del proceso.



**M-Bus**, programación correspondiente para la lectura de datos, desde los dispositivos que se comunican a través de este protocolo, contadores, medidores, controladores, etc.

### *Gestión de comunicaciones*

**Protocolo FTP (File Control Protocol)**, tarea relacionada con la transferencia y envío de archivos a través de una red TCP con sistemas conectados y cuyo almacenamiento se puede desarrollar de manera local o por medio de un servidor, basado en una estructura de cliente-servidor.

**E-mail**, habilita la posibilidad del envío de correos electrónicos con los datos adquiridos.

**BBDD o BBDS (Base de Datos Deductivas)**, Configuración para la exportación de una base de datos con las características de la aplicación.

**Protocolo ModBus**, configuración de las comunicaciones bien sea TCP (Cliente/servidor) o RTU(Maestro/Esclavo).

### **Documentación**

Se realiza toda la documentación pertinente para la capacitación y entrenamiento de los usuarios, que van a adquirir los aplicativos y van a intervenir en los procesos productivos automatizados.

La documentación aplicable para un proceso de capacitación, tales como:

- 1) manuales de funcionamiento
- 2) manuales de procedimientos
- 3) manuales de mantenimiento
- 4) Manuales de Identificación y control de puntos críticos

- 
- 5) Biblioteca de conceptos de automatización
  - 6) Actas y evaluaciones de capacitación

### Variables

**Tabla 1**

*Indicadores de Gestión*

---

#### RESULTADO/PRODUCTO

#### ESPERADO

#### INDICADOR

---

#### Indicador de productividad

Incremento de la productividad.

$$\frac{\textit{Produccion total}}{\textit{Cantidad de empleados}}$$

Reducción de costos operativos

$$\frac{\textit{Costo de producción}}{\textit{Tiempo empleado}} \textit{ y}$$

*Costo unitario de producción*

#### Indicador de Rentabilidad:

Aumento en la rentabilidad

$$\frac{\textit{Ganancia}}{\textit{Inversión}}$$

#### Indicadores de gestión de fábrica

Mejorar la situación actual de la  
empresa.

Análisis FODA

---

FACTORES INTERNOS	<b>Lista de Fortalezas</b> F1 F2 ... Fn.	<b>Lista de Debilidades</b> D1. D2. ... Dr.
FACTORES EXTERNOS		
<b>Lista de Oportunidades</b> O1. O2. ... Op.	<b>FO (Maxi-Maxi)</b> <i>Estrategia para maximizar tanto las F como las O.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (O1, O2, F1, F3 ...)	<b>DO (Mini-Maxi)</b> <i>Estrategia para minimizar las D y maximizar las O.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (O1, O2, D1, D3, ...)
<b>Lista de Amenazas</b> A1. A2. ... Aq.	<b>FA (Maxi-Mini)</b> <i>Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (F1, F3, A2, A3, ...)	<b>DA (Mini-Mini)</b> <i>Estrategia para minimizar tanto las A como las D.</i> 1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (D1, D3, A1, A2, A3, ...)

**Indicadores de beneficio:**

Disminución cuellos de botella en procesos.

$$\frac{\textit{Capacidad de procesar productos}}{\textit{Cantidad de producto en proceso}}$$

**Indicadores de eficiencia:**

Anticipación de resultados y acciones de contingencia

$$\frac{\textit{Contingencias presentadas}}{\textit{Acciones de control predictivas exitosas}}$$

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

---

### **Trazabilidad en la cadena de automatización**

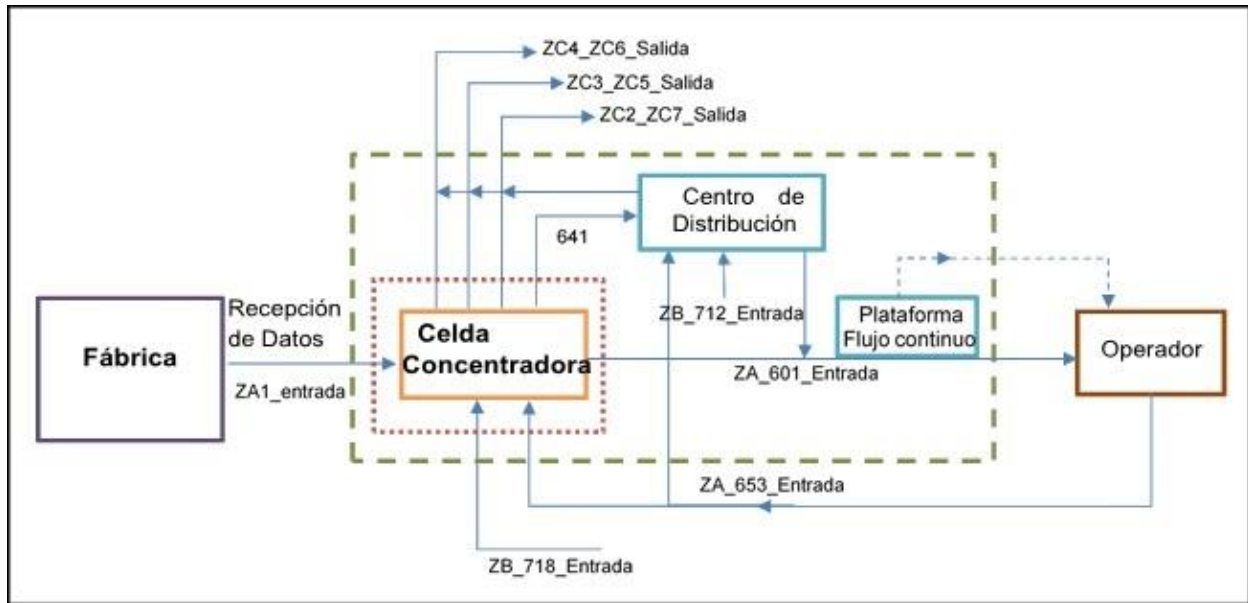
Establecer un procedimiento que asegure la trazabilidad de la cadena de automatización de un proceso industrial, garantiza que la información de los procesos de fabricación, se puedan visualizar de manera clara, desde el inicio del proceso hasta su terminación.

Entendemos por trazabilidad, como la habilidad para determinar el seguimiento a cada unidad de consumo con el objetivo de identificar:

- 1) El fabricante y la fabrica
- 2) Los procesos más relevantes y los registros de eventos
- 3) Información de etapas del proceso automatizado
- 4) Localización de las unidades, estaciones y/o equipos, que se encuentran en la cadena de automatización
- 5) Identificación de la información de ingreso y salida de los procesos.

La trazabilidad es una medida preventiva y de precaución, que permite a través de los procedimientos autómatas, retirar o recoger información, ya sea por seguridad o por otras razones que pueden ser de incumplimiento del proceso, ya que con ello es posible identificar, evaluar y realizar una toma de decisiones.

**Figura 15.** Detalle del flujo de los movimientos más comunes en la cadena de automatización



Nota. Fuente: Elaboración Propia

### Descripción de etapas

Las actividades de trazabilidad de la automatización que vienen desde fábrica y/o oficina central, describen las siguientes etapas:

#### **Recepción de datos (Fabrica u oficina central):**

Considera el tiempo desde que fábrica, envía información, para que la cadena de automatización pueda ejecutar el proceso productivo.

#### **Celda Concentradora:**

Recibe la información del proceso productivo (PLC's), para que pueda ejecutarse en los sistemas de producción (Máquinas, Sensores, Actuadores, Relés, etc...)

***Validación física de la actividad (Operador):***

El operador visualiza, supervisa y valida que la información recibida, físicamente se esté ejecutando, durante su validación realiza toma de muestreos y en los puntos críticos o en donde se halle un requisito preoperacional.

***Respuesta de la actividad (Centro de distribución):***

Después de la ejecución del proceso productivo, y por medio de la trazabilidad de la automatización, se da una respuesta final de la actividad, donde el centro de distribución recibe la información final sobre lo producido, para poder realizar la recepción de datos. El centro de distribución; también puede recibir y/o solicitar la información más relevante directamente desde el operador, para poder brindar una retroalimentación, ya sea directamente a este o brindar ajustes a la celda concentradora (PLC's), para mejorar la trazabilidad de la automatización.

***Plataforma de flujo continuo:***

Se realiza una validación continua de la automatización, se verifican movimientos, paradas de equipos, fallas, errores, control de operaciones, también se realiza un control de las cantidades de producto producido, para poder totalizar materias primas, la plataforma de flujo continuo maneja el histórico de movimientos del proceso productivo.

---

### **Aplicación de la automatización y la interfaz hombre máquina (HMI)**

El propósito de exponer y aplicar un sistema de control, supervisión y adquisición de datos, en un sistema de distribución de procesos, en el cual se tengan en cuenta las herramientas de automatización industrial, con el propósito de incrementar la efectividad y eficacia productiva del sistema de flujo continuo. Es desarrollar un paquete de control integrado, que se podrá utilizar, en la operación de equipos, para incorporar un sistema, que busca estandarizar; la configuración de la operación, de los procesos y también promover:

- 1) Estabilidad y seguridad del personal
- 2) Disminución del impacto ambiental
- 3) Desarrollo de la producción de manera ininterrumpida y obtener productos de calidad
- 4) Disminución de los costos de los equipos (Compra y funcionamiento)
- 5) Confiabilidad y mantenimiento de los equipos
- 6) Ergonomía
- 7) Ahorro y conservación de energía
- 8) Diagnósticos
- 9) Aplicación e implementación de nuevas tecnologías que sean más rentables para los procesos.

Para la compañía Nestle Purina Pet Care de Colombia, empresa dedicada a la producción y comercialización de alimento seco para mascotas (Perros y Gatos), era indispensable mejorar la calidad de fabricación de sus productos, no solo por el renombre de su marca, sino también; para asegurar la trazabilidad, la seguridad de las personas, de sus procesos, y junto con ello; la necesidad de aumentar su confiabilidad, y poder disminuir las desviaciones del producto y mejorar sus especificaciones.

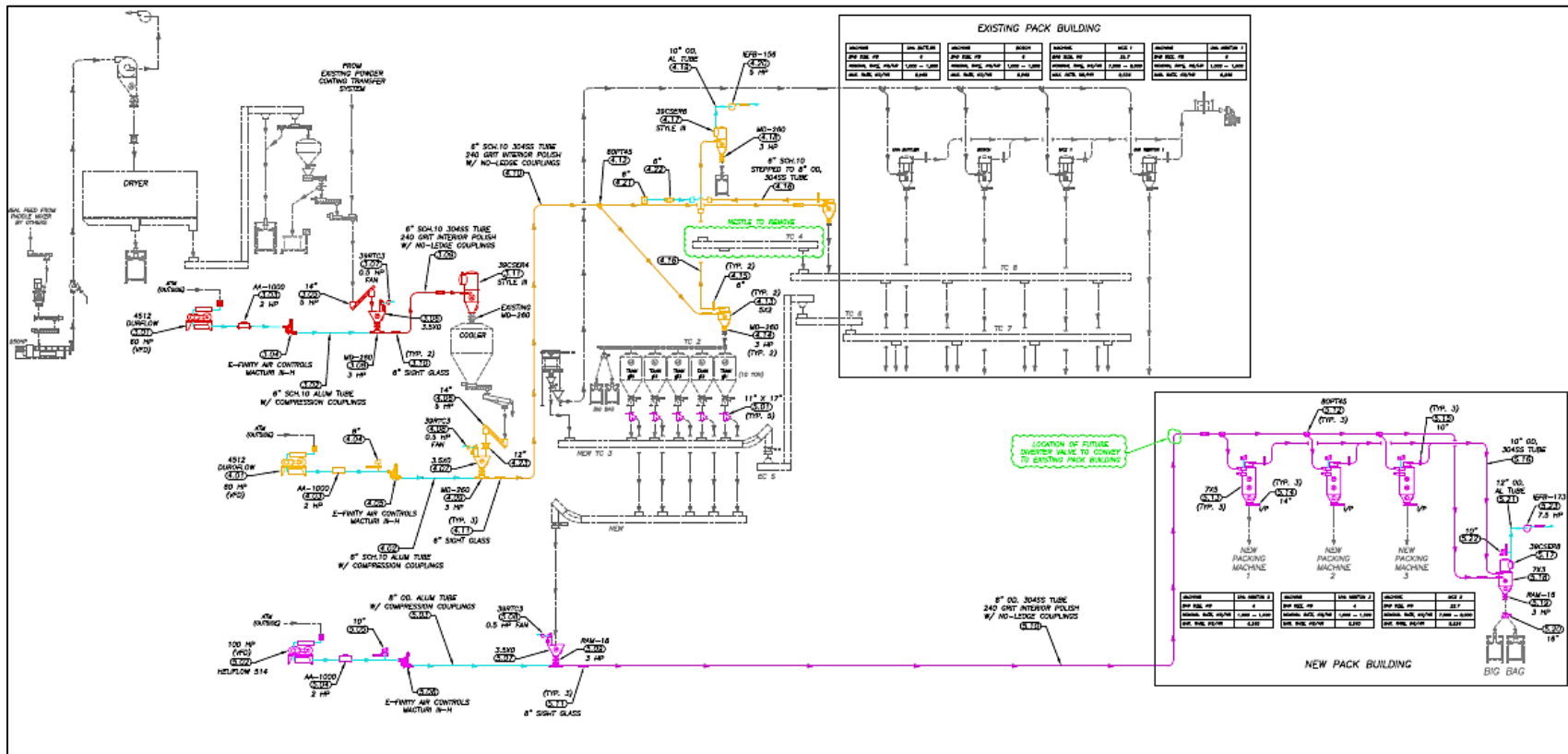
A través del tiempo, y con la demanda en aumento de sus productos, se pone en marcha el proceso de mejora, para la automatización del área de producción, donde se verá en práctica, toda la teoría expuesta anteriormente.

En la figura 16, se presenta el diagrama de flujo de proceso, del área de producción, donde se aplicaron las técnicas, normas y procedimientos para llevar a cabo, el estudio, diseño y puesta en marcha, del sistema integrado de automatización.



Diagrama de flujo del proceso productivo

Figura 16. Mapa de conexión y comunicación de áreas 'communication flow diagram'



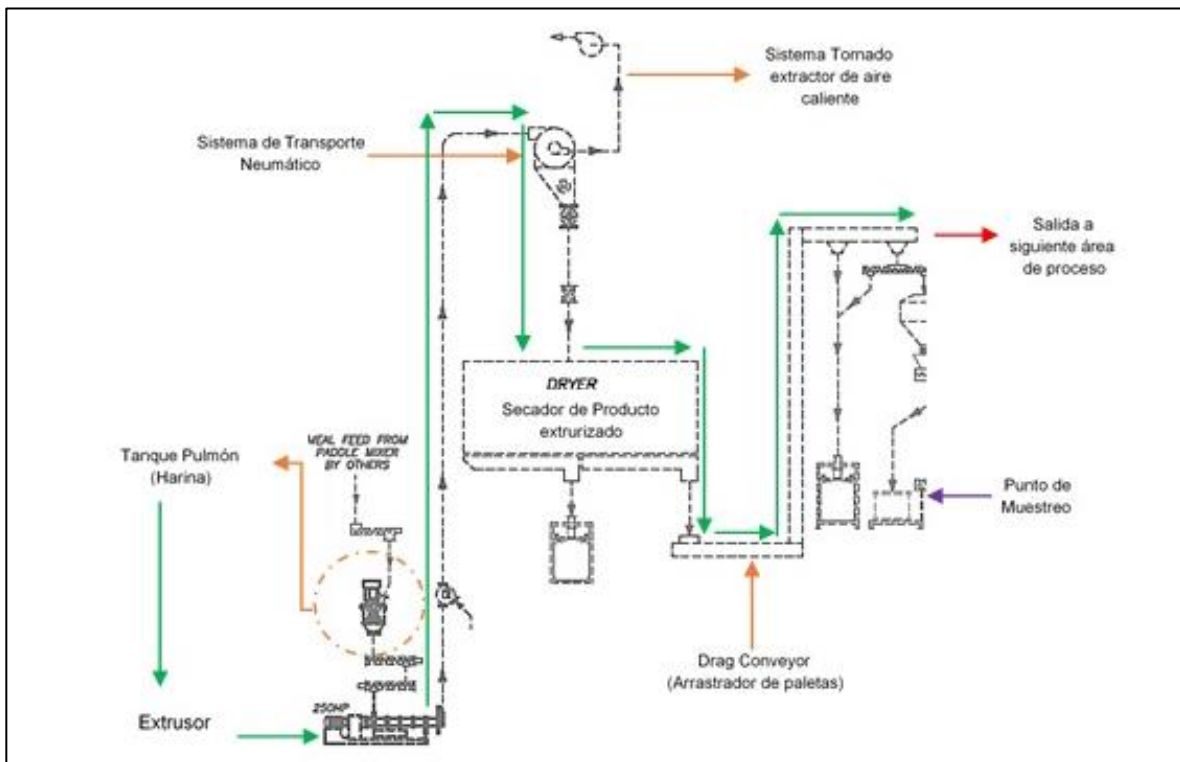
Nota. Fuente: Elaboración Propia

## Esquemas de proceso

### *Secado.*

Área donde se realiza el proceso de extracción de humedad del producto extrudado, según la temperatura especificada y aplicada en el producto, se determina la humedad, densidad, textura y características generales, que solicita el proceso.

*Figura 17. Descripción del proceso de secado*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

En la descripción del proceso se puede ver, que se establecen una serie de secuencias, para poder formar una arquitectura centralizada, donde un grupo de subprocessos, se convierten en un proceso centralizado, según las instrucciones de cada uno de los equipos, se va procesando la trazabilidad del sistema a automatizar.

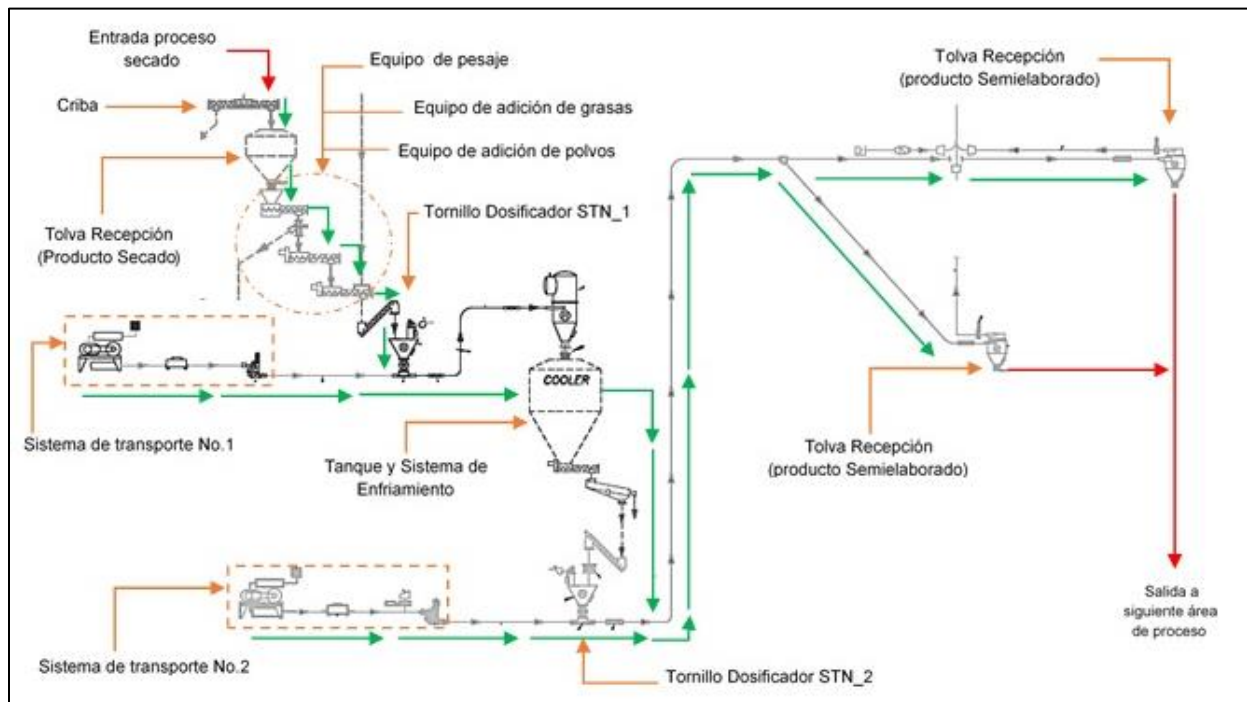
También se pueden dar limitaciones dentro del entorno, debido a que el área donde se expone el automatismo requiere un tiempo de respuesta, para que las demás áreas puedan iniciar

o ejecutar sus funciones productivas. En este punto hablamos de una parte del modelo piramidal para la automatización, '*Nivel 0*', detalle de máquinas subprocesos y los aspectos importantes, para poder establecer la comunicación de datos entre áreas.

### *Cobertura o Engrase.*

En el proceso de cobertura, se toma el producto ya formado desde el área de secado y se pasa por una serie de tratamientos, como los son; la adición de grasas, adición de polvos, y posterior enfriamiento, para poder llevar el producto al área de semielaborados.

**Figura 18.** Descripción del proceso de Cobertura



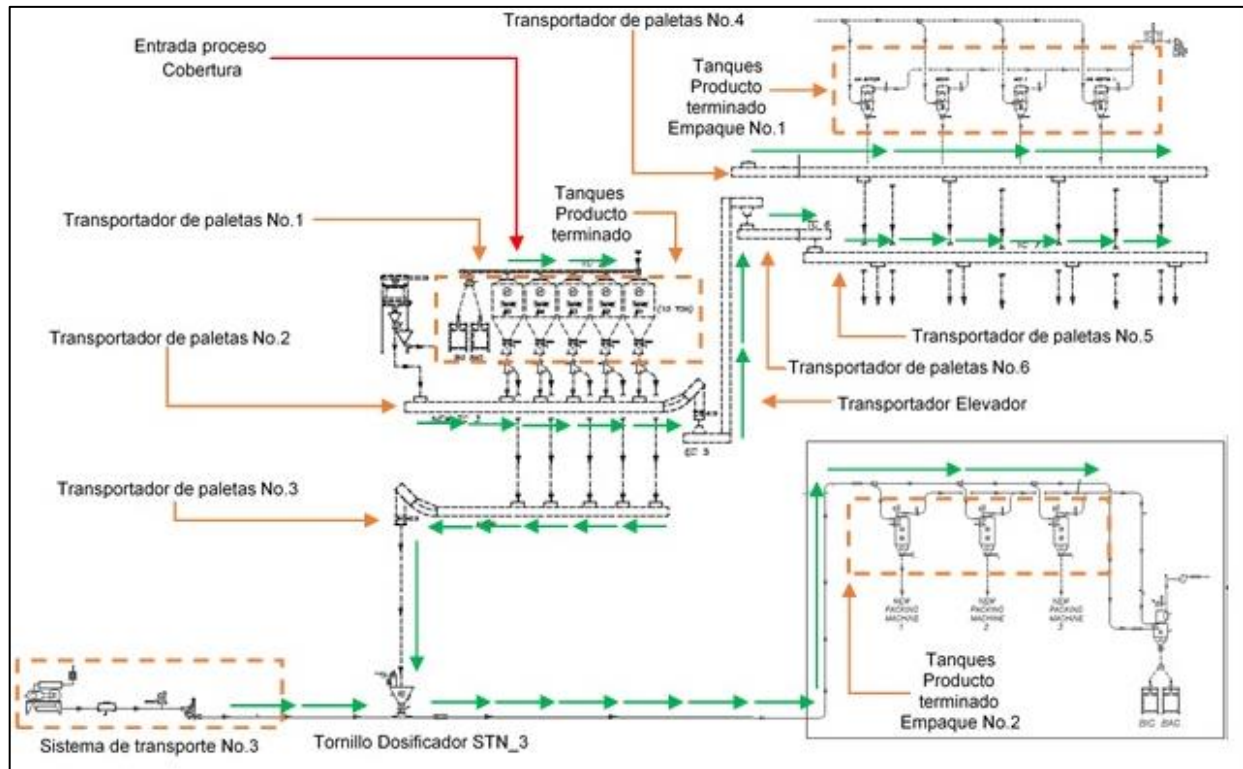
*Nota.* Fuente: Elaboración propia

La figura, muestra la secuencia de flujo de proceso, para el inicio de operación de los equipos que intervienen en el área de cobertura, los subprocesos dan una indicación de pre-arranque a los subprocesos siguientes, en los niveles de automatización, se conoce como '*control multicapa*', donde se establecen una serie de instrucciones de secuencia de inicio y parada, que

puede tener beneficios o perjuicios para las diferentes etapas, el control multicapa, busca formar un mando centralizado, para poder dirigir los lazos de los sistemas de los subprocesos, la idea es poder formar la etapa superior, para optimizar el control y monitoreo del sistema, y con eso garantizar las condiciones del proceso centralizado.

### ***Empaque o Semielaborados***

La producción de semielaborados es el paso final de proceso, donde se realiza la elaboración de empaque terminado, en el área se generan las diferentes referencias de peso a empacar. Los productos se listan por referencia y se apilan por estibas para ser enviados al centro de distribución, encargado de dar salida, de acuerdo con las solicitudes logísticas y de necesidades del producto producido.

**Figura 19.** Descripción del proceso de Empaque

Nota. Fuente: Elaboración Propia

La finalización del proceso muestra como las secuencias de automatización, pueden dividir las operaciones, de acuerdo con las solicitudes de los equipos y/o de los operadores del área, dentro del concepto '*CIM*', uno de los objetivos de la pirámide de automatización; es mejorar la disponibilidad de la máquina, para reducir el tiempo de configuración y de mantenimiento, con esto se pueden introducir, rápidamente los productos y mejorar el nivel de servicio del área.

El diseño de los esquemas hace parte del procedimiento de trabajo, en estos; se puede empezar a detallar los niveles superiores, para ir trazando los esquemas '*Grafset*', cuando nos referimos a la metodología '*GEMMA*', vemos como su guía por medio del diseño de esquemas de proceso, nos va mostrando una descripción del funcionamiento, del sistema que se desea automatizar.

---

La representación de las etapas, (Secado, Cobertura, Empaque), donde se puede ver el inicio de preparación del proceso y la finalización de marcha del proceso, permite validar las posibles fallas que se generen en la ruta de operación, para poderlas vincular al sistema de automatización.

### **Especificaciones para controles de la automatización**

El proyecto de automatización consta de tres sistemas de procesos:

- 1) Proceso de Extrurización y Secado para descarga a Cobertura
- 2) Proceso de Cobertura, para descarga a contenedor de Enfriamiento y posterior descarga a transportadores de Semi-acabado y descarga a tanques de producto terminado
- 3) Proceso de Semi-acabados a Tanques receptores y Descarga a máquinas de Embalaje

La intención de los diagramas de lógica de control, de los bloques con instrucciones y secuencias, y las listas de E/S (Entradas / Salidas), es poder visualizar una determinada sección del proceso productivo, con el fin de orientar la programación de esa sección, para ello, se tuvo en cuenta el respectivo diagrama de flujo o P&ID (Piping and instrumentation diagram/drawing), también conocido como diagrama de tuberías e instrumentación, para poder completar la secuencia y la programación del área.

Con estas especificaciones ya claras, se pudo alinear la automatización, con los estándares que exige la empresa, para la aplicación de procesos automatizados, que consisten:

- 1) Determinar la construcción de los procesos
- 2) Ayudar de base, para el control y programación
- 3) Mejorar los estándares, para el buen funcionamiento de las áreas
- 4) Elaborar la documentación, donde explique el funcionamiento de los procesos

- 5) Presentar un lenguaje común, de las operaciones de la planta
- 6) Desarrollar filosofías, de buenas prácticas y seguridad en la planta
- 7) Recomendar estimaciones de costos

En esta sección del proceso de automatización, se realiza un resumen primario de las E/S, (Tabla 2) para cada sección de las áreas, (Sistemas de transporte, motores, elevadores, transportadores, entradas / Salidas analógicas).

**Tabla 2**

*Resumen de secuencia de E/S para control de equipos de sistemas de transporte neumático*

---

LISTADO DE SEÑALES TABLERO FLEX I/O SISTEMA 3 Y 4

---

TAG	DESCRIPCION	Canal	Tipo de señal	Signal Range		
				Max	Min	Unit
SLOT	1794-AENT					
MOT_BLOW_S3	System 3 - Convey Blower - RUN	Convey_Blower :O.	DI	24	0	VD C
MOT_SCRW_S3	System 3 - Infeed - Infeed Screw Conveyor - RUN	Convey_Screw: O.	DI	24	0	VD C

---

---

	System 4 -					
MOT_BLOW_S4	Convey Blower	Convey_Blower	DI	24	0	VD
	- RUN	:O.				C
	System 4 -					
MOT_SCRW_S4	Infeed - Infeed	Convey_Screw:	DI	24	0	VD
	Screw Conveyor	O.				C
	- RUN					
SLOT:0	1794-IB32					
	System 3 -					
HS_BLOW_S3	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	- Local	0:I.0				C
	Disconnect					
	System 3 -					
PSH_BLOW_S3	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	- Pressure	0:I.1				C
	Switch					
	System 3 -					
TIS_BLOW_S3	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	- Temperature	0:I.2				C
	Switch					
	System 3 -					
MCY_HX_S3	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
		0:I.3				C

---



---

	- Heat					
	Exchanger Fan -					
	Aux / Running					
	System 3 -					
	Convey Blower					
HS_HX_S3	- Heat	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Exchanger Fan -	0:I.4				C
	Local					
	Disconnect					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
	Management					
ZSO_ACT_S3	System -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Macturi Purge	0:I.5				C
	Bypass valve -					
	Open Position					
	switch					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
ZSC_ACT_S3	Management	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	System -	0:I.6				C
	Macturi Purge					

---

---

	Bypass valve -					
	Closed Position					
	switch					
	System 3 -					
	Infeed - Infeed					
HS_SCRW_S3	Screw Conveyor	FXIO_SYS3_4: 0:I.8	DI	24	0	VD C
	- Local					
	Disconnect					
	System 3 -					
	Infeed - Infeed					
LSH_SCRW_S3	Screw Conveyor	FXIO_SYS3_4: 0:I.10	DI	24	0	VD C
	- Plug switch					
	(Discharge High					
	Level Indicator)					
	System 3 -					
	Infeed - Infeed					
ZSC_SCRW_S3	Screw Conveyor	FXIO_SYS3_4: 0:I.11	DI	24	0	VD C
	- SensaGuard					
	Safety Switch -					
	Closed position					
	System 3 -					
LSH_HPR_S3	Infeed - Surge	FXIO_SYS3_4: 0:I.12	DI	24	0	VD C

---

---

	Hopper High					
	Level Indicator					
	System 3 -					
MCY_FLTR_S3	Infeed - Filter	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Exhaust Fan -	0:I.13				C
	Aux / Running					
	System 3 -					
HS_FLTR_S3	Infeed - Filter	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Exhaust Fan -	0:I.14				C
	Local					
	Disconnect					
	System 3 -					
MCY_RTBL_S3	Infeed - Rotary	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Airlock valve -	0:I.15				C
	Aux / Running					
	System 3 -					
HS_RTBL_S3	Infeed - Rotary	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Airlock valve -	0:I.16				C
	Local					
	Disconnect					
SSL_RTBL_S3	System 3 -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Infeed - Rotary	0:I.17				C

---

---

	Airlock valve -					
	Zero Speed					
	Motion Switch -					
	Running					
	System 3 -					
	Infeed - Blow-					
LSH_RTBL_S3	Thru Adapter -	FXIO_SYS3_4: 0:I.18	DI	24	0	VD C
	High Level					
	Indicator					
	System 3 - Filter					
LSH_FLTR_S3	Receiver - High	FXIO_SYS3_4: 0:I.19	DI	24	0	VD C
	Level Indicator					
	System 4 -					
	Convey Blower					
HS_BLOW_S4	- Local	FXIO_SYS3_4: 0:I.20	DI	24	0	VD C
	Disconnect					
	System 4 -					
	Convey Blower					
PSH_BLOW_S4	- Pressure	FXIO_SYS3_4: 0:I.21	DI	24	0	VD C
	Switch					
	System 4 -					
TIS_BLOW_S4	Convey Blower	FXIO_SYS3_4: 0:I.22	DI	24	0	VD C

---

---

	- Temperature					
	Switch					
	System 4 -					
	Convey Blower					
MCY_HX_S4	- Heat	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Exchanger Fan -	0:I.23				C
	Aux / Running					
	System 4 -					
	Convey Blower					
HS_HX_S4	- Heat	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Exchanger Fan -	0:I.24				C
	Local					
	Disconnect					
	System 4 -					
	Convey Blower					
ZSO_BFV_S4	- Vent valve -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Open Position	0:I.25				C
	switch					
	System 4 -					
ZSC_BFV_S4	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	- Vent valve -	0:I.26				C

---

---

	Closed Position					
	switch					
	System 4 - E-					
	Finity Air					
	Management					
ZSO-ACT_S4	System -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Macturi Purge	0:I.27				C
	Bypass valve -					
	Open Position					
	switch					
	System 4 - E-					
	Finity Air					
	Management					
ZSC_ACT_S4	System -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Macturi Purge	0:I.28				C
	Bypass valve -					
	Closed Position					
	switch					
	System 4 -					
HS_SCRW_S4	Infeed - Screw	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Conveyor -	0:I.30				C

---

---

	Local					
	Disconnect					
SLOT:1	1794-IB32					
	System 4 -					
	Infeed - Screw					
LSH_SCRW_S4	Conveyor - Plug switch	FXIO_SYS3_4: 1:I.0	DI	24	0	VD C
	(Discharge High Level Indicator)					
	System 4 -					
	Infeed - Screw					
ZSC_SCRW_S4	Conveyor - SensaGuard	FXIO_SYS3_4: 1:I.1	DI	24	0	VD C
	Safety Switch - Closed position					
	System 4 -					
ZSCB_SCRW_S 4	Infeed - Safety Switch - Drawer	FXIO_SYS3_4: 1:I.2	DI	24	0	VD C
	Closed position					
	System 4 -					
LSL_SCRW_S4	Infeed - Safety Switch - Rear	FXIO_SYS3_4: 1:I.3	DI	24	0	VD C

---

---

	Door Closed					
	position					
	System 4 -					
	Infeed - Infeed					
LSH_HPR_S4	Surge Hopper -	FXIO_SYS3_4: 1:I.4	DI	24	0	VD C
	High Level					
	Indicator					
	System 4 -					
	Infeed - Filter	FXIO_SYS3_4:				VD
MCY_FLTR_S4	Exhaust Fan -	1:I.5	DI	24	0	C
	Aux / Running					
	System 4 -					
	Infeed - Filter	FXIO_SYS3_4:				VD
HS_FLTR_S4	Exhaust Fan -	1:I.6	DI	24	0	C
	Local					
	Disconnect					
	System 4 -					
	Infeed - Rotary	FXIO_SYS3_4:				VD
MCY_RTBL_S4	Airlock valve -	1:I.7	DI	24	0	C
	Aux / Running					
	System 4 -	FXIO_SYS3_4:				VD
HS_RTBL_S4	Infeed - Rotary	1:I.8	DI	24	0	C

---



---

	Airlock valve -					
	Local					
	Disconnect					
	System 4 -					
	Infeed - Rotary					
SSL_RTBL_S4	Airlock valve -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Zero Speed	1:I.9				C
	Motion Switch -					
	Running					
	System 4 -					
	Infeed - Blow-					
LSH_RTBL_S4	Thru Adapter -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	High Level	1:I.10				C
	Indicator					
	System 4 -					
	Diverter valve -					
ZSD_DIV_S4	Divert Position	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	to Cyclone for	1:I.11				C
	Semi-Finish					
	Tanks					
ZST_DIV_S4	System 4 -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Diverter valve -	1:I.12				C

---

---

	Thru Position to					
	Cyclone for					
	Conveyor					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
LSH_HPR2_S4	TC2 Conveyor	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	to Semi-Finish	1:I.13				C
	Tanks - High					
	Level Indicator					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
	to Semi-Finish					
ZSO_BFV2_S4	Tanks -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
	Receiver Bin -	1:I.14				C
	Exhaust valve -					
	Open Position					
	switch					
	System 4 -					
	Receiver Bin for	FXIO_SYS3_4:				VD
ZSC_BFV2_S4	TC2 Conveyor	1:I.15	DI	24	0	C
	to Semi-Finish					

---

---

	Tanks -					
	Receiver Bin -					
	Exhaust valve -					
	Closed Position					
	switch					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
	to Semi-Finish					
MCY_RTBL2_S	Tanks -	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
4	Discharge to	1:I.16				C
	TC2 - Rotary					
	Airlock valve -					
	Aux / Running					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
	to Semi-Finish	FXIO_SYS3_4:	DI	24	0	VD
HS_RTBL2_S4	Tanks -	1:I.17				C
	Discharge to					
	TC2 - Rotary					
	Airlock valve -					

---

---

	Local					
	Disconnect					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
	to Semi-Finish					
	Tanks -					
SSL-RTBL2_S4	Discharge to	FXIO_SYS3_4: 1:I.18	DI	24	0	VD C
	TC2 - Rotary					
	Airlock valve -					
	Zero Speed					
	Motion Switch -					
	Running					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
LSH-HPR8_S4	TC8 Conveyor -	FXIO_SYS3_4: 1:I.19	DI	24	0	VD C
	High Level					
	Indicator					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
ZSO-BFV8_S4	TC8 Conveyor -	FXIO_SYS3_4: 1:I.20	DI	24	0	VD C
	Receiver Bin -					

---

---

	Exhaust valve -					
	Open Position					
	switch					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC8 Conveyor -					
ZSC-BFV8_S4	Receiver Bin -	FXIO_SYS3_4: 1:I.21	DI	24	0	VD C
	Exhaust valve -					
	Closed Position					
	switch					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC8 Conveyor -					
MCY_RTBL8_S 4	Discharge to	FXIO_SYS3_4: 1:I.22	DI	24	0	VD C
	TC8 - Rotary					
	Airlock valve -					
	Aux / Running					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC8 Conveyor -					
HS_RTBL8_S4	Discharge to	FXIO_SYS3_4: 1:I.23	DI	24	0	VD C
	TC8 - Rotary					

---

---

	Airlock valve -					
	Local					
	Disconnect					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC8 Conveyor -					
	Discharge to					
SSL-RTBL8_S4	TC8 - Rotary	FXIO_SYS3_4: 1:I.24	DI	24	0	VD C
	Airlock valve -					
	Zero Speed					
	Motion Switch -					
	Running					
	System 4 - Dust					
	Collection -					
LSH-DFLTR_S4	Sentry Air Vent	FXIO_SYS3_4: 1:I.25	DI	24	0	VD C
	Filter - High					
	Level Indicator					
	System 4 - Dust					
MCY_DFLTR_S 4	Collection Fan -	FXIO_SYS3_4: 1:I.26	DI	24	0	VD C
	Aux / Running					
	System 4 - Dust					
HS_DFLTR_S4	Collection Fan -	FXIO_SYS3_4: 1:I.27	DI	24	0	VD C

---

---

	Local					
	Disconnect					
	System 4 - Dust					
	Collection -					
MCY_DRTBL_S	Discharge to Big	FXIO_SYS3_4:				VD
4	Bag - Rotary	1:I.28	DI	24	0	C
	Airlock valve -					
	Aux / Running					
	System 4 - Dust					
	Collection -					
	Discharge to Big					
HS_DRTBL_S4	Bag - Rotary	FXIO_SYS3_4:				VD
	Airlock valve -	1:I.29	DI	24	0	C
	Local					
	Disconnect					
	System 4 - Dust					
	Collection -					
	Discharge to Big	FXIO_SYS3_4:				VD
SSL-DRTBL_S4	Bag - Rotary	1:I.30	DI	24	0	C
	Airlock valve -					
	Zero Speed					

---

---

	Motion Switch -					
	Running					
	Shaker 1 Aux /					
MCY_SHK1_1	Running motor	FXIO_SYS3_4: 1:I.31	DI	24	0	VD C
	1					
SLOT:2	1794-IB32					
	Shaker 2 Aux /					
MCY_SHK2_1	Running motor	FXIO_SYS3_4: 2:I.1	DI	24	0	VD C
	1					
	Shaker 1 Local	FXIO_SYS3_4:				
HS_SHK1_1	Disconnect	2:I.3	DI	24	0	VD C
	Shaker 2 Local	FXIO_SYS3_4:				
HS_SHK2_1	Disconnect	2:I.4	DI	24	0	VD C
	Emergency Push					
EPB-SIST	Button System	FXIO_SYS3_4: 2:I.7	DI	24	0	VD C
	Total Schenck					
	Sensor nivel alto					
LSH_TMAG_S4	trampa	FXIO_SYS3_4: 2:I.8	DI	24	0	VD C
	magnetica					
	Sensor nivel alto					
LSH_SHK2_S4	salida Zaranda 2	FXIO_SYS3_4: 2:I.9	DI	24	0	VD C
	S4					

---



---

SLOT:3	1794-OB32P					
	System 3 -					
	Convey Blower					
MOT_HX_S3	- Heat	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Exchanger Fan -	3:O.0				C
	RUN					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
	Management					
ZVO_ACT_S3	System -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Macturi Purge	3:O.1				C
	Bypass valve -					
	OPEN					
	System 3 -					
TIMER_FLTRT_	Infeed - Filter-	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
S3	Timer - CLEAN	3:O.4				C
	Filter					
	System 3 -					
	Infeed - Filter					
MOT_FLTR_S3	Exhaust Fan -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	RUN (Motor	3:O.5				C
	Starter)					

---

---

	System 3 -					
	Infeed - Rotary					
MOT_RTBL_S3	Airlock valve -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	RUN (Motor	3:O.6				C
	Starter)					
	System 3 - Filter					
	Receiver -					
YY_FLTRR_S3	Filter-Timer -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	CLEAN Filter	3:O.7				C
	System 4 -					
	Convey Blower					
	- Heat					
MOT_HX_S4	Exchanger Fan -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	RUN (Motor	3:O.9				C
	Starter)					
	System 4 -					
	Convey Blower					
ZVO_BFV_S4	- Vent valve -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	OPEN	3:O.10				C
	System 4 -					
ZVC_BFV_S4	Convey Blower	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
		3:O.11				C

---

---

	- Vent valve -					
	CLOSE					
	System 4 - E-					
	Finity Air					
	Management					
ZVO_ACT_S4	System -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Macturi Purge	3:O.12				C
	Bypass valve -					
	OPEN					
	System 4 -					
YY-FLTRT_S4	Infeed - Filter-	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Timer - CLEAN	3:O.15				C
	Filter					
	System 4 -					
	Infeed - Filter					
MOT_FLTR_S4	Exhaust Fan -	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	RUN (Motor	3:O.16				C
	Starter)					
	System 4 -					
MOT_RTBL_S4	Infeed - Rotary	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Airlock valve -	3:O.17				C

---

---

	RUN (Motor					
	Starter)					
	System 4 -					
	Diverter valve -					
ZVD_DIV_S4	DIVERT to	FXIO_SYS3_4:				VD
	Cyclone for	3:O.18	DO	24	0	C
	Semi-Finish					
	Tanks					
	System 4 -					
	Diverter valve -					
ZVT_DIV_S4	THRU to	FXIO_SYS3_4:				VD
	Cyclone for	3:O.19	DO	24	0	C
	Conveyor					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
ZVO_BFV2_S4	to Semi-Finish	FXIO_SYS3_4:				VD
	Tanks -	3:O.21	DO	24	0	C
	Receiver Bin -					
	Exhaust valve -					
	OPEN					

---

---

	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
ZVC_BFV2_S4	to Semi-Finish	FXIO_SYS3_4:				VD
	Tanks -	3:O.22	DO	24	0	C
	Receiver Bin -					
	Exhaust valve -					
	CLOSE					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC2 Conveyor					
	to Semi-Finish					
MOT_RTBL2_S4	Tanks -	FXIO_SYS3_4:				VD
	Discharge to	3:O.23	DO	24	0	C
	TC2 - Rotary					
	Airlock valve -					
	RUN (Motor					
	Starter)					
	System 4 -					
ZVO_BFV8_S4	Receiver Bin for	FXIO_SYS3_4:				VD
	TC8 Conveyor -	3:O.25	DO	24	0	C
	Receiver Bin -					

---

---

	Exhaust valve -					
	OPEN					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
ZVC_BFV8_S4	TC8 Conveyor -	FXIO_SYS3_4:				VD
	Receiver Bin -	3:O.26	DO	24	0	C
	Exhaust valve -					
	CLOSE					
	System 4 -					
	Receiver Bin for					
	TC8 Conveyor -					
MOT_RTBL8_S4	Discharge to	FXIO_SYS3_4:				VD
	TC8 - Rotary	3:O.27	DO	24	0	C
	Airlock valve -					
	RUN (Motor					
	Starter)					
	System 4 - Dust					
	Collection -	FXIO_SYS3_4:				VD
YY-DFLTR_S4	Filter-Timer -	3:O.28	DO	24	0	C
	CLEAN Filter					
MOT_DFLTR_S	System 4 - Dust	FXIO_SYS3_4:				VD
4	Collection Fan -	3:O.30	DO	24	0	C

---

---

	RUN (Motor Starter)					
	System 4 - Dust Collection - Discharge to Big Bag - Rotary Airlock valve -					
MOT_DRTBL_S	FXIO_SYS3_4:					VD
4	3:O.31	DO	24	0		C
	RUN (Motor Starter)					
SLOT:4	1794-OB16					
	Shaker 1 RUN					
MOT_SHK1_1	FXIO_SYS3_4:					VD
	4:O.0	DO	24	0		C
	Shaker 2 RUN					
MOT_SHK2_1	FXIO_SYS3_4:					VD
	4:O.2	DO	24	0		C
	Control Tower Stack Light, Green Steady Incandescent					
H1_GN	FXIO_SYS3_4:					VD
	4:O.4	DO	24	0		C
	System SCHENCK					

---

---

	Control Tower					
	Stack Light, Red					
H2_RD	Steady	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Incandescent	4:O.5				C
	System					
	SCHENCK					
	Control Tower					
	Stack Light,					
H3_AM	Amber Steady	FXIO_SYS3_4:	DO	24	0	VD
	Incandescent	4:O.6				C
	System					
	SCHENCK					
SLOT:5	1794-IE8					
	System 3 -					
	Convey Blower					
PIT_BLOW_S3	- Pressure	FXIO_SYS3_4:	AI	20	4	mA
	Transmitter (4-	5:I.Ch0Data				
	20 mA)					
	System 3 - E-					
PIT_ACT_UPS_	Finity Air	FXIO_SYS3_4:	AI	20	4	mA
S3	Management	5:I.Ch1Data				
	System -					

---



---

	Pressure					
	Transmitter -					
	Upstream of					
	Macturi valve					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
	Management					
PIT_ACT_DOW	System -	FXIO_SYS3_4:	AI	20	4	mA
_S3	Pressure	5:I.Ch2Data				
	Transmitter -					
	Downstream of					
	Macturi valve					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
	Management	FXIO_SYS3_4:	AI	20	4	mA
TIT_ACT_S3	System -	5:I.Ch3Data				
	Temperature					
	Transmitter					
	System 4 -	FXIO_SYS3_4:	AI	20	4	mA
PIT_BLOW_S4	Convey Blower	5:I.Ch4Data				
	- Pressure					

---

---

	Transmitter (4- 20 mA) System 4 - E- Finity Air Management					
PIT_ACT_UPS_ S4	System - Pressure Transmitter - Upstream of Macturi valve System 4 - E- Finity Air Management	FXIO_SYS3_4: 5:I.Ch5Data	AI	20	4	mA
PIT_ACT_DOW _S4	System - Pressure Transmitter - Downstream of Macturi valve System 4 - E- Finity Air	FXIO_SYS3_4: 5:I.Ch6Data	AI	20	4	mA
TIT_ACT_S4	Management System -	FXIO_SYS3_4: 5:I.Ch7Data	AI	20	4	mA

---

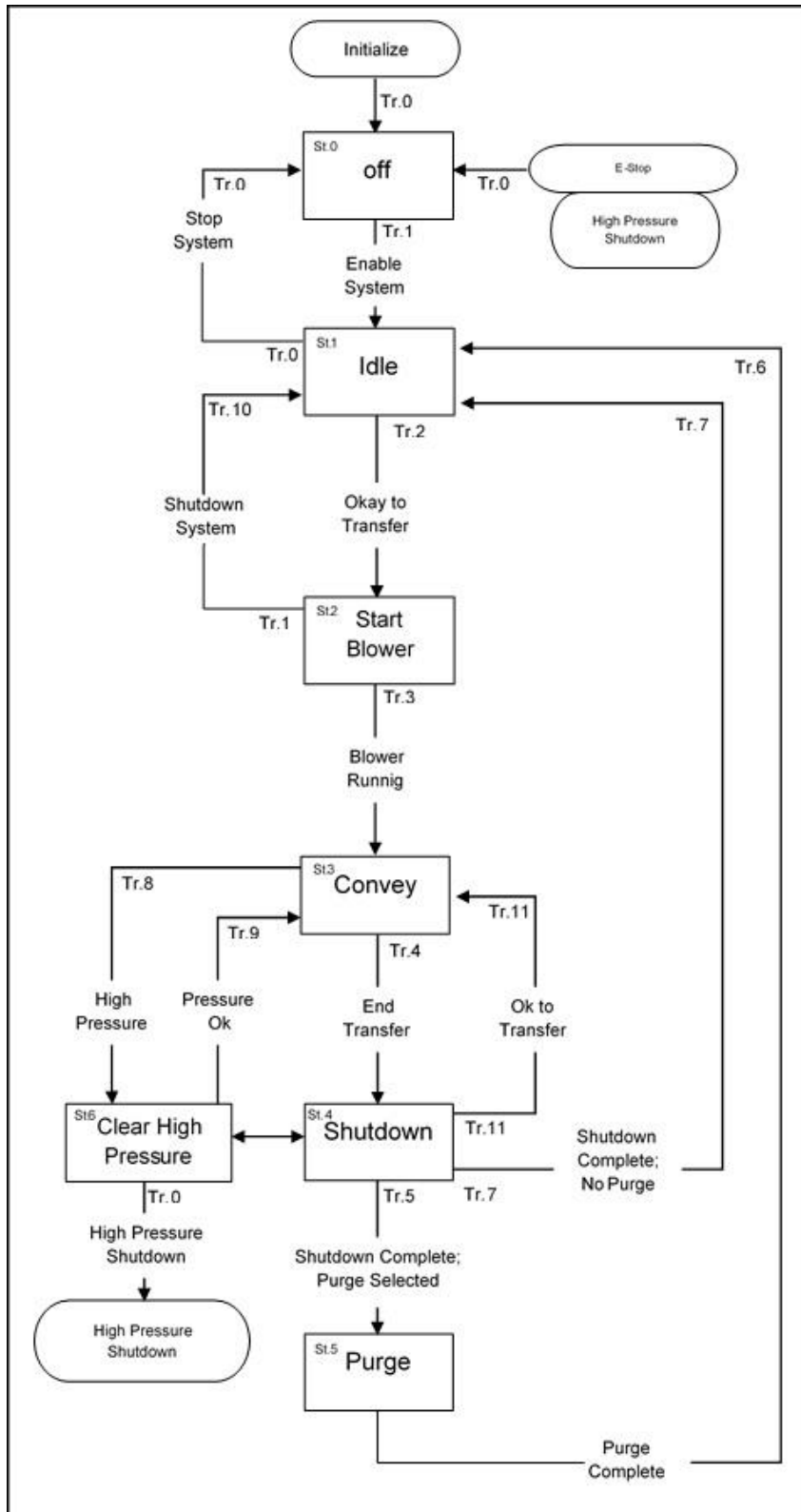
---

	Temperature					
	Transmitter					
SLOT:6	1794-OF4I					
	System 3 - E-					
	Finity Air					
	Management					
FCV_ACT_S3	System -	FXIO_SYS3_4: 6:O.Ch0Data	AO	20	4	mA
	Macturi					
	Convey-Air					
	Control valve					
	System 4 - E-					
	Finity Air					
	Management					
FCV_ACT_S4	System -	FXIO_SYS3_4: 6:O.Ch1Data	AO	20	4	mA
	Macturi					
	Convey-Air					
	Control valve					
RESERVA	RESERVA	FXIO_SYS3_4: 6:O.Ch2Data	AO	20	4	mA
RESERVA	RESERVA	FXIO_SYS3_4: 6:O.Ch3Data	AO	20	4	mA

---

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

*Figura 20. Diagrama, secuencia de control y transferencia, para la posición de la válvula de control de aire y velocidad de los sopladores, para los sistemas de trasporte neumático*



Nota. Fuente: Elaboración Propia

---

Para vincular la lógica de control del proceso, se proporcionan una serie de instrucciones, para poderlas llevar a una arquitectura estructurada e incorporarlas al programa autómatas, como ejemplo; se muestra la lista de secuencia de control y transferencia, para los sistemas de transporte neumático, donde se suministra la información con instrucciones, para realizar las funciones específicas que se requieren y poner el equipo en marcha.

### **Condiciones Iniciales**

**Ic1.** Controlar el encendido y verificar todas las paradas de emergencia y reiniciar.

**Ic2.** El equipo se encuentra listo (Automático; Sin Alarmas)

**Ic3.** La configuración del sistema está completa.

### ***INICIO – HABILITAR el sistema de transferencia para su funcionamiento***

#### **Inactivo – Fijar Válvulas; Esperando para transferir**

Configure válvulas y rutas para el soplador, la fuente y el destino solo en los estados **AOI (Add-On Instruction)** ‘información adicional’, apagado o inactivo.

1. Válvula de ventilación de presión del soplador de transporte (Si corresponde) \_

**ABIERTA.**

2. Convey Blower \_ Salida AOI Blower Run \_ OFF, al arrancar el Sistema.

**Nota:** El soplador puede estar funcionando desde el ciclo de transporte anterior. Esto permite cambiar las rutas de origen y destino sin ciclar el soplador. (Velocidad inicial SP; Tiempo de retardo a la desconexión SP).

3. **Válvula Macturi Convey-Air - ABIERTA** al punto de ajuste Macturi Stroke desde AOI.
4. **Válvulas de desvío (si corresponde):** coloque en la posición deseada.
5. **Sistema encendido:** el AOI espera a que se apruebe la transferencia.

---

**Sistema desactivado:** el AOI pasa al estado desactivado si el operador lo ha seleccionado como desactivado.

**Está bien transferir - Transferir permisos**

Está bien transferir la señal a AOI - ON. (AOI - Okay\_to\_Transfer - ON.) Sistema - Seleccionado como ON por el operador.

**Iniciar / ejecutar soplador**

6. Ventilador del intercambiador de calor (si corresponde) - **EJECUTAR.**

7. Convey Blower - AOI Blower\_Run Salida ON - RUN blower.

**Blower:** utilice Blower\_Speed de AOI. (AOI usa el punto de ajuste de velocidad inicial).

**AOI:** verifica el funcionamiento del ventilador (presión del ventilador > 0) durante varios segundos y el tiempo > el punto de ajuste de la alarma del ventilador.

8. Válvula Convey-Air Macturi - Modular abierta. (AOI - Macturi\_Stroke)

Verifica la presión del soplador < los respectivos puntos de ajuste de disparo **Alto-Alto o Alto-Alto.**

9. Ventilador de transporte - Válvula de ventilación de presión (si corresponde) - **CERRAR.**

10. **Presión de suministro:** verifique la presión a la válvula Convey-Air Macturi. (AOI - Supply\_Pressure)

11. Válvula de esclusa de aire giratoria de alimentación - **EJECUTAR.** (Señal READY de AOI - ON.) Válvula solenoide de aire de purga / sello de la esclusa de aire (si corresponde) - ON / OPEN. AOI detiene la esclusa de aire, si el adaptador Blow-Thru de descarga es de nivel alto (entrada AOI) - ON.

12. **Velocidad del ventilador:** AOI modula la velocidad, después de que la esclusa de aire esté funcionando durante un tiempo. (AOI - Blower\_Speed)

---

**13. Cuando se establece el transporte:**

Válvula Convey-Air Macturi: modula la posición para mantener la presión del aire y la velocidad de transmisión en la válvula giratoria. (AOI - Macturi\_Stroke), Convey Blower - AOI Modula la velocidad para mantener la presión de aire en la válvula Convey-Air Macturi. (AOI - Blower\_Speed)

**Finalizar transferencia - Permisivos - No está bien transferir**

**Sistema:** el operador selecciona apagar el sistema.

**Cambio de destino:** el operador selecciona cambiar el destino. Destino: no se puede completar /

**solicitud de producto:** desactivado.

**Ruta del producto - Desviadores de transporte / Ruta / Válvulas de aislamiento - No listo.**

**Equipo de transporte:** no está listo; Alarmas.

**Apagado (fase densa)**

El transporte de fase densa se mantiene el mayor tiempo posible para despejar los residuos de la línea de transporte. Siempre se deja algo de material en la línea al final del estado de apagado.

14. Válvula de esclusa de aire giratoria de alimentación - APAGADA. (Señal LISTO de AOI - APAGADO.) Válvula solenoide de aire de purga (si corresponde) - **CERRAR.**

15. Válvula Convey-Air Macturi - Continúa modulando. (AOI - Macturi\_Stroke)

16. AOI espera la presión del aire de transporte <presión de la línea de apagado (punto de ajuste), el tiempo de apagado (punto de ajuste).

17. **Tiempo de apagado completo:** AOI vuelve a inactivo: espera la próxima transferencia.

AOI finaliza el apagado para reiniciar la transferencia, si se puede transferir antes de que se realice el apagado.

---

**Purga (fase diluida)**

El sistema pasa al transporte de fase diluida para limpiar el producto de la línea de transporte:

18. Válvula de control de aire de transporte - Válvula de pasos AOI abierta para despejar la línea de transporte.
19. En cada paso, AOI espera que la presión de aire de transporte <Presión baja del paso final (punto de ajuste), el tiempo del paso final (punto de ajuste).
20. Los pasos se repiten hasta que el flujo de aire esté en el flujo de aire de purga SP o en la válvula de control de aire de transporte: ***completamente abierta***.
21. Válvula de purga de aire de transporte - ABIERTA. (AOI - Bypass\_Valve - ACTIVADO)
22. ***Velocidad del ventilador***: aumente hasta el punto de ajuste de la velocidad de purga. (AOI - Blower\_Speed)
23. AOI espera a que la presión de aire de transporte <presión de línea vacía (punto de ajuste), el tiempo de purga (punto de ajuste).
24. Tiempo de purga completo - Regresar a inactivo - Apagar.



---

Dentro de la dinámica de las buenas prácticas para el manejo y operación de los equipos, se maneja una filosofía '*Start / Stop*', la cual indica:

### ***Secuencia de inicio del sistema***

En general, el orden de arranque de los equipos se realiza; es de manera descendente al ascendente, primero se chequean los equipos aguas abajo, hasta llegar al equipo que se encuentra en la parte superior del proceso, agua arriba. Realizada la validación, se generan los permisos de comunicación, para que las áreas anteriores (Secado) y posteriores (Semielaborados), también inicien operaciones.

Se debe realizar una verificación de permisos y confirmación de arranque de equipos, antes de iniciar y durante la ejecución de cualquier dispositivo. Se debe validar; que cada equipo y/o dispositivo, este funcionando durante un tiempo, antes que el siguiente dispositivo ascendente. Esto quiere decir; validar la secuencia de inicio de los equipos, de aguas abajo, hacia aguas arriba.

Durante la verificación, se realizan pruebas de seguridad, se activan los dispositivos manualmente para validar su funcionamiento, y posterior respuesta, de detención del equipo y del proceso.

### ***Secuencia para el apagado del sistema***

Los equipos se deben detener en el orden inverso a su arranque, o sea; de aguas arriba hacia aguas abajo. Se deben incorporar las secuencias temporizadas de (apagado / Purga / Limpieza\_Barrido), para poder eliminar el producto residual que hay en los equipos, de ser

---

necesario realizar esa secuencia, de no ser necesario, las secuencias temporizadas, pueden ser desactivadas o llevadas a cero, para detener simultáneamente el proceso.

El propósito de realizar la detención del proceso en orden normal (apagado / Purga / Limpieza\_Barrido), es realizar una limpieza de los equipos en orden secuencial, y poder retirar la mayor cantidad de producto residual, tanto como sea posible, dado que, en un próximo reinicio de operación, las secuencias pueden iniciar más fácil y rápidamente, y generan menores desgastes en los equipos.

Una detención anormal, como bajones o pérdida de energía y/o la activación de la paradas de emergencia, producen que los equipos arranquen con producto, y dificultarían que las secuencias, no retomen de la manera apropiada. Este tipo de acciones se espera; que solo ocurran de manera ocasional, y no se conviertan en prácticas rutinarias.

### ***Secuencia de detención o parada (Stop) del sistema***

Se puede detener un equipo aguas arriba de manera inmediata en caso de falla o por bloqueo de producto, los equipos que se encuentran aguas abajo pueden continuar funcionando de manera normal, para retomar nuevamente los equipos, se realiza el encendido en orden descendente, hasta que el proceso retome la secuencia de arranque nuevamente. Es posible que la secuencia de arranque tome un tiempo extendido para validar la operación y restaurar el flujo del proceso. Generalmente este tipo de paradas retiene los procesos anteriores, hasta no llegar a una validación, no será posible iniciar los equipos.

---

### **Requisitos fundamentales para la automatización**

Se utilizan PC y redes, para respaldar la interfaz del operador con la líneas de producción, todos estos PC se conectan a las diferentes redes, y los estándares utilizados para trazar los diseños de las instalaciones, están validadas de acuerdo al enfoque de las aplicaciones configuradas, cabe aclarar; que los diseños y requisitos son de uso exclusivo para los procesos productivos expuestos.

Los requerimientos administrativos y de producción, se basan en usos reales de tecnología, los PLC's usados, se utilizan para controlar directamente las líneas de producción. Como veremos; la tecnología actual, permite y admite las conexiones directas a las redes que se instalaron en la planta.

El Software y la programación, incluida en el PLC, se puede respaldar y mantener, a través de estas redes. La comunicación de interfaces también es admitida en la operación, para visualizar mensajes '**Críticos y No críticos**' dentro del programa, toda esta comunicación que se da en el piso de producción es fundamental para la operación.

Para poder llevar a cabo la comunicación de interfaz de operación, se siguieron los lineamientos y uso de la tecnología VLAN (Virtual Local Area Network), para poder dividir lógicamente las redes, dentro de la planta de proceso, las VLAN se configuraron de la siguiente manera:

**Tabla 3***Configuración de Redes por requerimientos CIM*


---

<b>Configuración VLAN</b>	
<b>VLAN10</b>	Oficinas / Redes Administrativas
<b>VLAN2</b>	(HMI / SCADA)
<b>VLAN3</b>	SCADA'S / PLC's
<b>VLAN4</b>	Red Inalámbrica
<b>VLAN5</b>	Medidores de Energía RS
<b>VLAN6</b>	Expansión de VLAN10 o VLAN2

---

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

La red VLAN3 físicamente están apartadas con hardware, para ellos utilizamos NIC's (Network Interface Cards), tarjetas de interfaz de red, dentro de los SCADA; una NIC se conecta a la VLAN2 y la otra se conecta a la VLAN3, también se implementaron fibras de red redundantes, para garantizar la conectividad de la red.

Los programas de los PLC's, se crearon, empleando el software RS Logix5000, para garantizar la compatibilidad en todo el lenguaje, toda la programación fue documentada (direcciones, etiquetas, etc...), y se incluyeron comentarios y descripciones de secuencias. Todos los puntos de 'Entradas / Salidas', de los equipos (Etiquetas, marquillas, etc...), coinciden con los nombres de los dispositivos que mencionan los esquemas, además se permite proporcionar una asistencia remota, para resolver los problemas, que se puedan presentar en el PLC.

De acuerdo con las recomendaciones, se usaron procesadores en los PLC's, con un mínimo de 30% de memoria libre, para poder impulsar, mejoras en las técnicas de programación, y al mismo tiempo, permitirle una mejor capacidad al procesador para los complementos como

lo son; la interfaz o módulos de recopilación de datos. También se llegó a esta selección de procesamiento, ya que el PLC, debe tener la capacidad de guardar 50 tipos de programas, de acuerdo a las recetas que sean creadas por la operación.

La pantalla HMI (Human Machine Interfaz), unidad de interfaz del operador, proporciona una clara indicación de la condición de funcionamiento e identificación de fallas, para la comunicación de la HMI, se usó conexión Ethernet hacia el PLC.

### **Configuración de direcciones IP**

En función de la configuración de las IP (Internet Protocol), asignadas para cada uno de los equipos, que forman parte del proceso productivo, '*Secado, Cobertura y Semielaborados*', se busca que el sistema se encuentre dentro del rango de la IP de la empresa, con el fin; de poder realizar consultas, desde cualquier punto o servidor, que se encuentre conectado a la misma IP, con esto podemos facilitar la toma de datos, eventos, alarmas, fallas, etc., y mejoramos la calidad y trazabilidad, para la adquisición de datos en tiempo real.

Para el esquema y la estructura que maneja la organización para protocolos de Ethernet, se asignaron las diferentes IP, para monitoreo y visualización, que forman parte del proceso productivo, para este caso; se han asignado las siguientes direcciones:

**Tabla 4**

*Listado de configuración para Direcciones IP Zona Extrusión*

<b>EQUIPO</b>	<b>UBICACION</b>	<b>ZONA</b>	<b>DIRECCION IP</b>
Panel View Plus 400	Extruder	Extrusión	100.100.100.1
Panel View Plus 400	Extruder	Extrusión	100.100.100.2

---

Panel View Plus 400	Extruder	Extrusión	100.100.100.103
Panel View Plus 400	Extruder	Extrusión	100.100.100.104
PLC Extruder	Tablero Extruder	Extruder	100.100.100.7
Control Logix			
Powerflex 525 Válvula	CCM Secador	Extruder	100.100.100.11
Rotativa Schenck			
Flex I/O Schenck	Tablero Periferia Schenck	Extruder	100.100.100.50
PLC FP Control Logix	Tablero Extruder	Extruder	100.100.100.5
Tarjeta Red 1756-ENBT			
FPAE5			

---

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5**

*Listado de configuración para Direcciones IP Zona Secador*

---

<b>EQUIPO</b>	<b>UBICACION</b>	<b>ZONA</b>	<b>DIRECCION IP</b>
PLC FP Control Logix	Celda	Secador	10.63.1.0
Tarjeta Red 1756-ENBT	concentradora		
FPAE2			
Powerflex 525 PF525	CCM Secador	Enfriado	10.63.1.2
Motor 30M01			

---

---

Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.3
Motor 40M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.4
Motor 10M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.5
Motor 50M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.6
Motor 160M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.7
Motor 162M01			
SMC FLEX	CCM Secador	Secador	10.63.1.8
Motor 177M01			
SMC FLEX	CCM Secador	Secador	10.63.1.9
Motor 190M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.10
Motor 260M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.11
Motor 262M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.12
Motor 264M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.13
Motor 360M01			

---

---

Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.14
Motor 362M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.15
Motor 364M01			
Powerflex 525	CCM Secador	Secador	10.63.1.16
Motor 366M01			
PLC Compact Logix	Tablero Secador	Secador	10.63.1.65
Secador Buhler			
Periferia Ethernet IP	Tablero Secador	Secador	10.63.1.21
Secador			
Pantalla Allen Bradley	Tablero Secador	Secador	10.63.1.67
Secador Bühler			
Computador Acceso	Zona Secador	Secador	10.63.1.60
Remoto Secador			

---

*Nota. Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 6**

*Listado de configuración para Direcciones IP Zona Cobertura*

---

<b>EQUIPO</b>	<b>UBICACION</b>	<b>ZONA</b>	<b>DIRECCION IP</b>
PLC FP Control Logix Tarjeta	Celda	Cobertura	10.63.2.0
Red 1756-ENBT FP AE3	concentradora		
Periferia CCM	Celda	Cobertura	10.63.2.2
	concentradora		

---



FlexIO Cooler		Tablero Periferia	Cobertura	10.63.2.3
		Cooler		
Panel View Plus 1000 Allen Bradley		Tablero Periferia	Cobertura	10.63.2.4
		Cooler		
Powerflex 755 20703	Motor	CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.12
Powerflex 525 Motor 20713		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.11
Powerflex 525 Motor 31002		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.15
Powerflex 525 Motor 32002		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.18
Powerflex 525 Motor 43013		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.19
Powerflex 525 Motor 10010		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.7
Powerflex 525 Motor 42002		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.17
Powerflex 525 Motor 42710		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.23
Powerflex 525 Motor 22206		CCM Cobertura	Cobertura	10.63.2.24
Flex I/O Schenck		Tablero Periferia	Cobertura	10.63.2.28
		Schenck		
Computador Acceso Remoto		Tablero	Cobertura	10.63.2.30
Secador		Cobertura		

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

### **Tabla 7**

*Listado de configuración para Direcciones IP Zona Semielaborados*

<b>EQUIPO</b>	<b>UBICACION</b>	<b>ZONA</b>	<b>DIRECCION IP</b>
---------------	------------------	-------------	---------------------

---

PLC FP Control Logix	Celda	Semielaborados	10.63.2.0
Tarjeta Red 1756-ENBT	concentradora		
FPAE4			
Periferia CCM	Celda	Semielaborados	10.63.2.30
	concentradora		
FlexIO Semielaborados	Tablero Periferia	Semielaborados	10.63.2.31
	Cooler		
Panel View Plus 1000 Allen	Tablero Periferia	Semielaborados	10.63.2.71
Bradley	Semielaborados		
Powerflex 755 Motor	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.40
82011			
Powerflex 525 Motor 86011	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.41
Powerflex 525 Motor 87011	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.42
Powerflex 525 Motor 83011	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.66
Powerflex 525 Motor 81014	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.68
Powerflex 525 Motor 86020	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.61
Powerflex 525 Motor 72002	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.68
Powerflex 525 Motor 91016	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.52
Powerflex 525 Motor 88020	CCM Cobertura	Semielaborados	10.63.2.50
Flex I/O Schenck	Tablero Periferia	Semielaborados	10.63.2.57
	Schenck		

---

---

Computador Acceso Remoto	Tablero	Semielaborados	10.63.2.58
Secador	Cobertura		

---

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

Las tablas anteriores, indican el listado de direcciones IP, de los equipos que están conectados a la red ETHERNET con el PLC, además de esto, podemos ver la arquitectura de control, que muestra cómo es que se lleva a cabo la comunicación.

Dentro de los esquemas de comunicación industrial, el más conocido para el control de los equipos es; el *'maestro\_esclavo'*, donde se utilizan la comunicación de componentes como los PLC con otros sistemas SCDADA. La denominación de este tipo de control se forma, cuando un dispositivo denominado *'maestro'*, y otros dispositivos designados *'Esclavos'*.

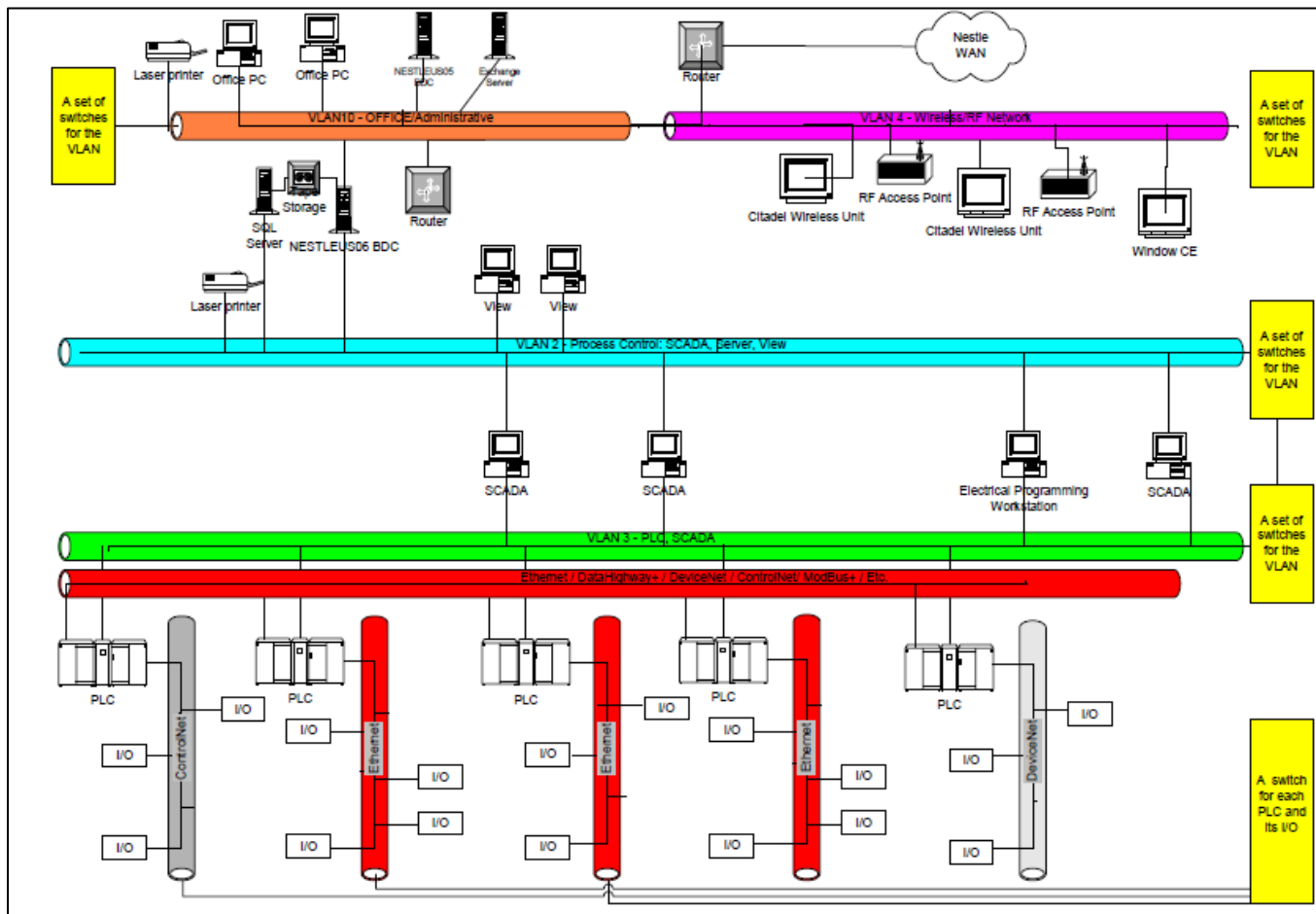
Todas las iniciativas de ciclos de comunicación son regidas por el dispositivo maestro, los dispositivos esclavos, solo toman respuestas de la parte maestra, para resolver y ejecutar sus peticiones.

La arquitectura de control, para el proceso productivo, *'Secado, Cobertura y Semielaborados'*, es un sistema multiprocesos, ya que está basado en diferentes niveles, nuestro dispositivo maestro, tiene la capacidad de modificar, ajustar, asignar variables a los dispositivos esclavos, con el fin de ampliar sus recursos

En la siguiente figura, podemos ver los requisitos para de infraestructura CIM, basado en las condiciones de comunicación que maneja la organización, con el fin de mantener la estandarización en las conexiones y comunicaciones, para el proceso productivo, donde se realizó la automatización.

Requisitos de Infraestructura para CIM

Figura 21. Mapa de conexión para conexiones VLAN de interfaz de operador con líneas de producción



Nota. Fuente: Elaboración Propia

---

La estructura jerarquizada de la pirámide CIM, nos muestra que en el '*Nivel 2*' y '*Nivel 3*', se llevan a cabo; la recopilación de datos, para monitorear autómatas, PC y equipos, aquí vemos la función de supervisión global del proceso, operaciones producción, operaciones de mantenimiento, estado de la máquina, estado del proceso.

También se puede constituir las etapas de planificación del proceso, gestión de compras, inventarios, planificación de mantenimiento, en esta etapa, ya se pueden aplicar todos los datos necesarios, para desarrollar las funciones de operación.

### **Puesta en marcha SCADA / HMI**

'**SCADA**' (Control Supervisor y Adquisición de Datos), nos permite la gestión de datos, el control local o remoto de un sistema, por medio de una interfaz gráfica, '**HMI**' (Human Machine Interfaz), que brinda la comunicación del usuario con el proceso, además; permite la comunicación con otros dispositivos existentes en el campo, en nuestro caso, la comunicación con las áreas de '*Secado, Cobertura y Semielaborados*', y de una manera automática por medio de una pantalla, se direccionan las funciones a un ordenador, para poder configurar el proceso productivo.

Con esto, no solo estamos monitoreando las variables que están actuando en un momento determinado, sino que también tenemos la capacidad de modificar y controlar las variables en tiempo real, para poder corregir desviaciones o poder mejorar la orientación del proceso.

La función de monitoreo o supervisión, la realizamos sobre una pantalla u ordenador, que nos permite una visual de la operación que se está llevando a cabo, que es lo que denominamos '**HMI**', (Human Machine Interfaz), la función de visualización, la podemos realizar, con los instrumentos de campo, que por su configuración o comportamiento, transmiten esos parámetros

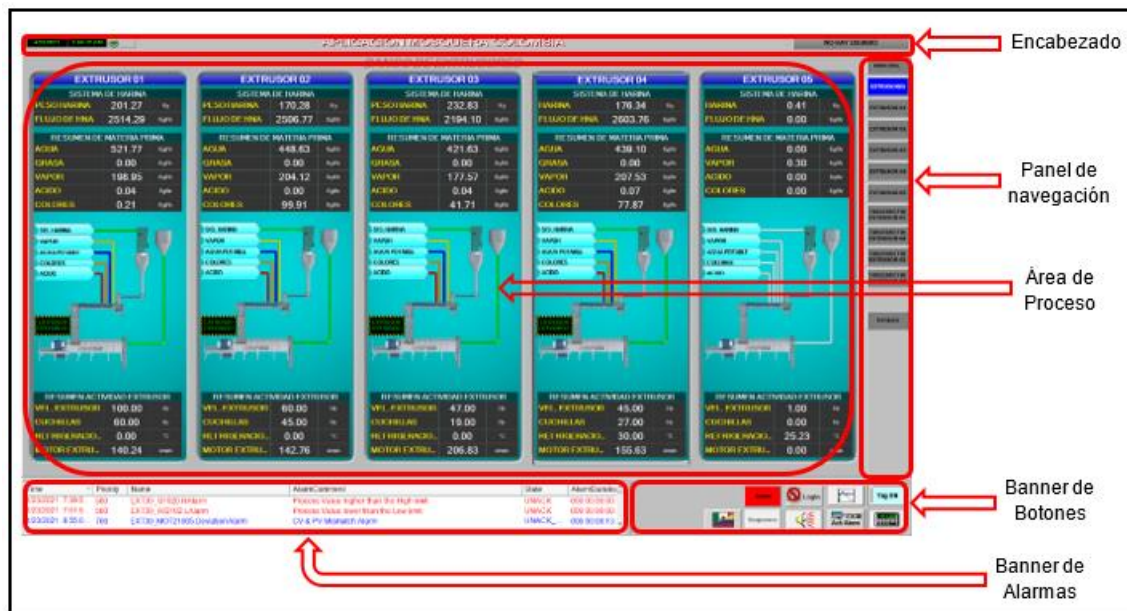
fisiológicos, para convertirlos en una señal interactiva por medio del ordenador y así transmitirlos al ‘HMI’.

El propósito de una aplicación de interfaz gráfica es lograr operar, por medio de una o varias pantallas de interfaces, la aplicación, y también que los usuarios, puedan interpretar la información provista en las pantallas.

A continuación, se ilustrarán las pantallas con los componentes de uso común, que se pueden visualizar en las áreas de proceso mencionadas:

*Apariencia general de las pantallas*

*Figura 22. Descripción de apariencia típica de una pantalla con aplicación HMI*



Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura 22, nos muestra un vistazo, de la apariencia general de una pantalla con aplicación HMI, con la cual los usuarios, podrán visualizar el proceso y con la cual, están interactuando. También podemos ver una descripción de los elementos que la componen:

**Encabezado:** Se visualiza el nombre la pantalla que está en uso, y muestra una parte del proceso, a la cual se está accediendo.

**Panel de navegación:** Se muestra en la parte derecha de todas las pantallas, no siempre va a estar representado de igual forma en todas las pantallas, en este panel; nos podremos desplazar hacía otras pantallas, para visualizar otros procesos.

**Área de proceso:** en este punto se ven representados gráficamente los procesos, datos, y toda la información relacionada, con el área en cuestión.

**Botones de alarmas:** en esta sección se pueden ver las alarmas o avisos generados por el sistema, durante el proceso productivo.

**Botones de navegación:** Estos botones, permiten al usuario ejecutar comandos de herramientas, para el proceso productivo.

### ***Gráficos***

En la navegación por las diferentes pantallas, se encontrarán algunos elementos, 'Iconos', que relacionan entradas y salidas físicas, que pueden ser; motores, válvulas, sensores, y demás instrumentos de medición, que representan gráficamente los P&ID.

Para mantener un estándar visual, se asignaron los siguientes colores:

*Figura 23. Descripción de iconos por colores*

Color	Significado	
Blanco	Inactivo	
Verde	Activo	
Verde Claro	Solicitado para Apertura/A	
Verde Oscuro	Solicitado para Cierre/I	
Amarillo	Modo Manual	
Café	Sobrecarga térmica	
Rojo	En falla	











*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

### ***Símbolos***

Se encontrarán objetos básicos, que se asocian a funcionalidades particulares, como niveles de ingreso de usuarios (Operador, Técnico, Especialista), interlocks (enclavamientos de seguridad), alarmas etc, y todas aquellas operaciones que son de interacción con los usuarios.



*Figura 24. Descripción de símbolos de objetos básicos*

Símbolo	Significado
	Bloqueado en el nivel de acceso del operador, despliega información del nivel que sea requerido y permite mediante un click, el inicio de sesión a un nivel de acceso diferente.
	Interlock en cualquier nivel de usuario. Dispositivos, por ejemplo muestran interlocks de seguridad o proceso cuando están en automático, y solo de seguridad cuando su estado es en Manual.
	Símbolo de alarma o error menor. Dando un click en un gráfico con este símbolo abre una ventana de alarma indicando únicamente la alarma del objeto.
	Símbolo de alarma o error grave. Dando un click sobre el gráfico con este símbolo abre una ventana indicando únicamente la alarma del objeto.
	Símbolo que indica que la operación de un dispositivo se encuentra en modo operador.
	Este símbolo indica al operador que la ayuda está disponible. Dando un click al gráfico con este símbolo muestra procedimientos de ayuda.
	Dando un click sobre este símbolo se abre un faceplate de estadísticas.
	Dando un click sobre este símbolo se abre un faceplate de configuración.
	Dando un click sobre este símbolo se abre un faceplate de tendencias.
	Indica el estado o calidad de un objeto dinámico.

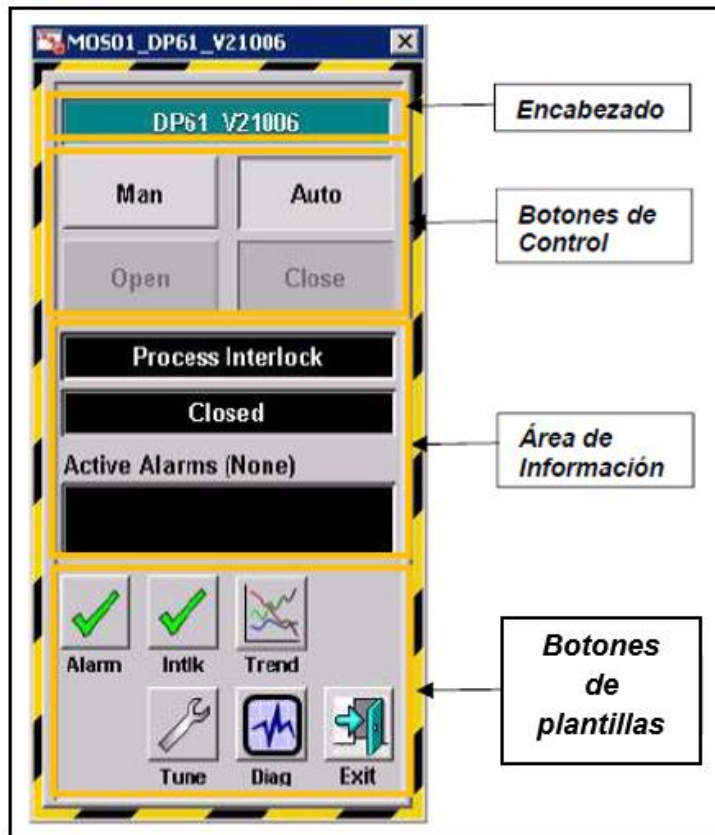
*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

### ***Plantilla o ‘Template’***

Son plantillas, donde podemos ver las condiciones de un equipo, cuando es llamado, emerge una plantilla, que muestra los objetos básicos, desde el cual fue llamado. Dentro de la aplicación, se consideraron dos tipos de plantillas, un principal y un auxiliar.

**Plantillas principales.** Este tipo de plantillas, permiten al usuario, el control del dispositivo y la obtención de información con respecto al mismo

*Figura 25. Ejemplo de plantilla para control de una válvula*



**Encabezado.** Indica al operador, que equipo y/o instrumento ha seleccionado, se muestra el nombre del TAG, del dispositivo que se seleccionó, dentro del mímico del proceso productivo

**Botones de control.** Permiten realizar una acción o control sobre el equipo y/o instrumento seleccionado.

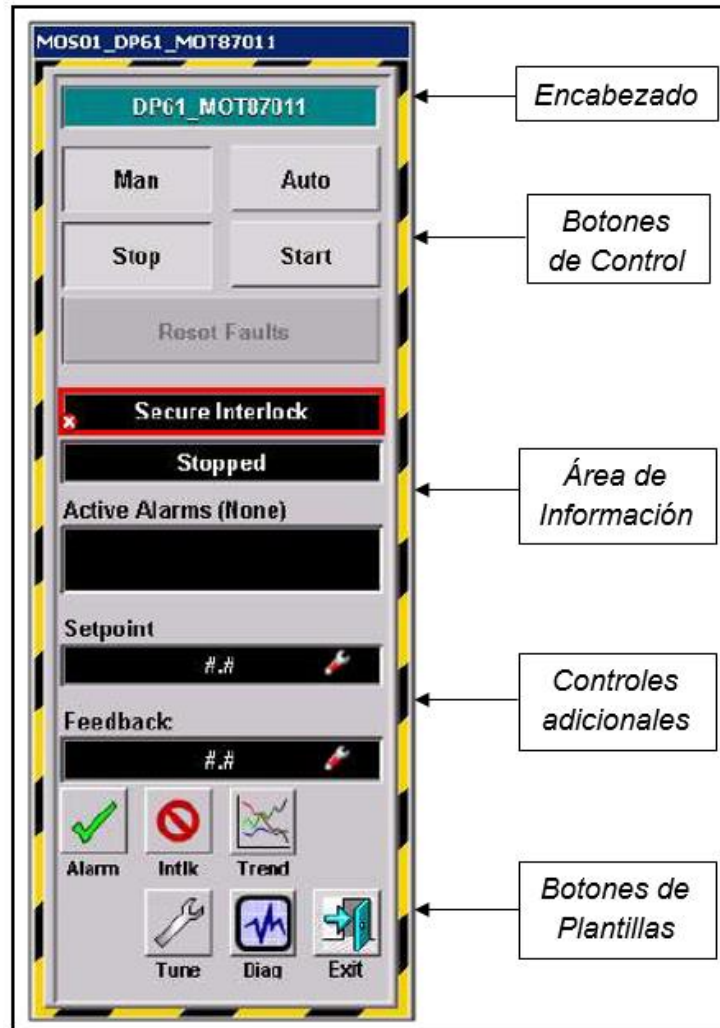
**Área de Información.** Relaciona alguna información básica, sobre estado del equipo y/o instrumento seleccionado.

**Botones de plantilla.** Permite al usuario, acceder a las plantillas auxiliares, que se asocian con un equipo y/o instrumento seleccionado.

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

De manera eventual, se encontrarán equipos y/o instrumentos, que requieren un poco más de control, como puede ser un motor, un variador, etc.

*Figura 26. Ejemplo de plantilla para control de un motor con variador de velocidad*

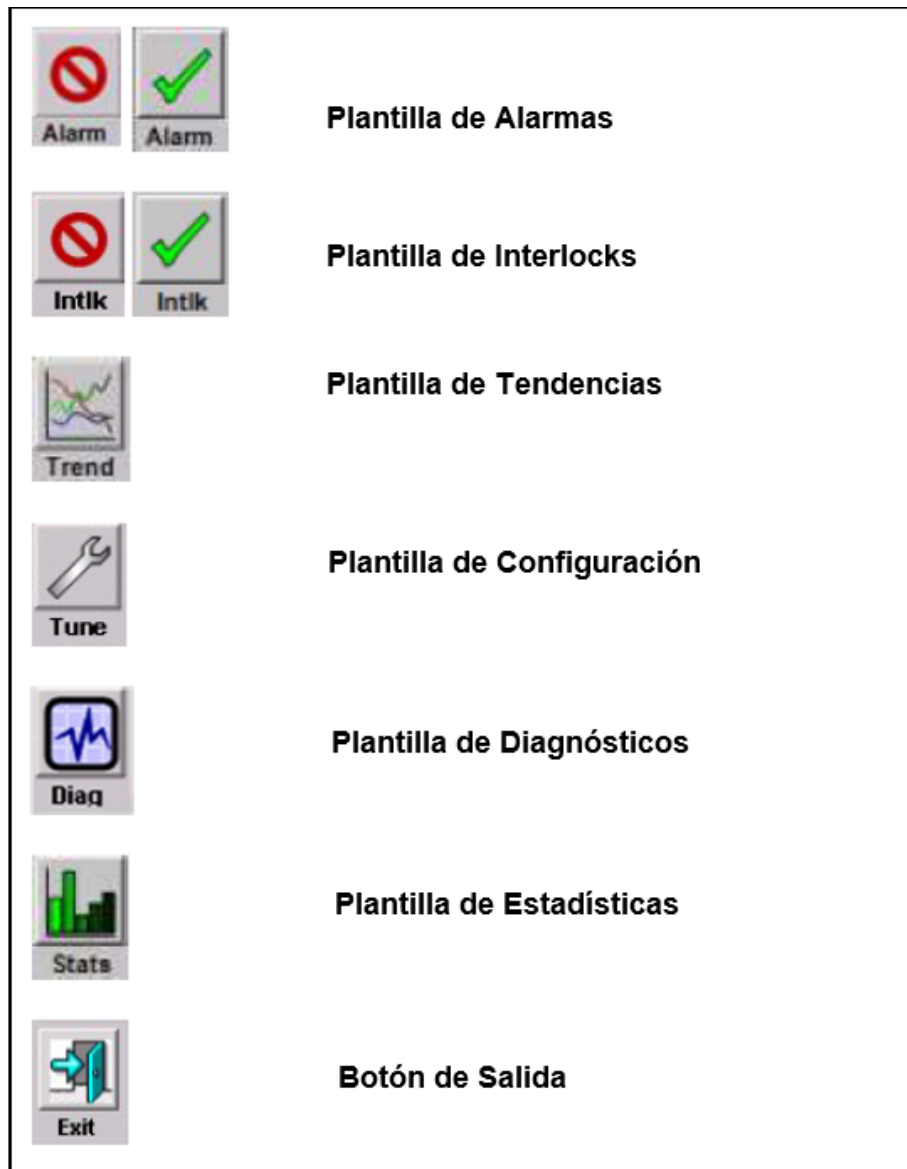


Nota. Fuente: Elaboración Propia

Como la plantilla anterior, se conserva la información principal, encabezado, Botones de control, área de información, y botones de plantillas, para este tipo de plantilla, se adiciona una información adicional, que son los *'controles adicionales'*, para este ejemplo, estos controles sirven; para manipular los registros de un motor, ingresando manualmente los datos para que su velocidad cambie. Todos los módulos que se puedan controlar cuentan con modo automático y manual, el modo automático, es dirigido por el PLC, el modo manual, está bajo el control del usuario.

**Plantillas auxiliares.** Son plantillas que brindan más información al usuario, con respecto a un dispositivo, equipo, instrumento y/o operación, las plantillas más comunes que se encuentran en la aplicación son:

*Figura 27. Descripción de Plantillas auxiliares*

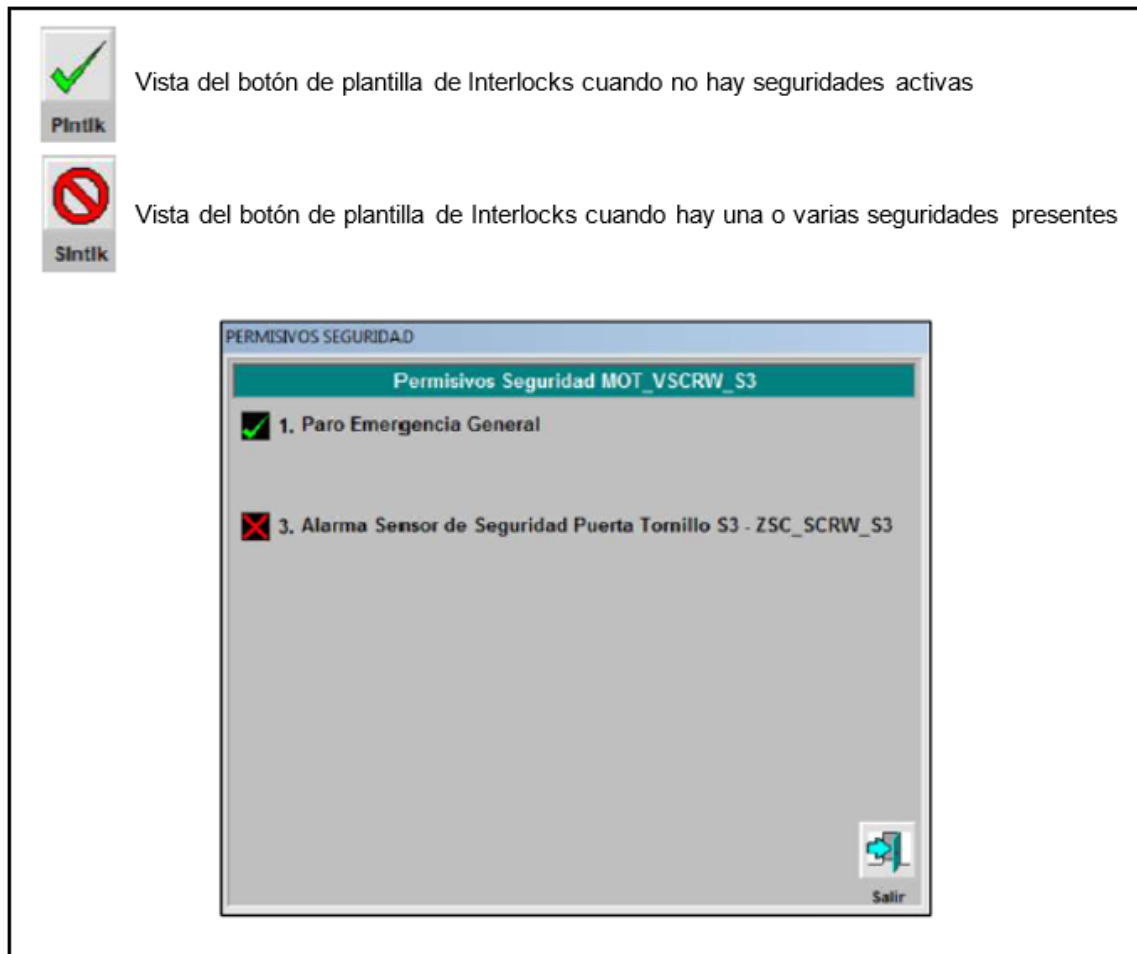


*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Plantillas de Interlocks (Enclavamientos de seguridad).** Varias partes de la programación del PLC dependen de la activación o de la condición de los enclavamientos de

seguridad del proceso, en esta plantilla auxiliar, podremos ver, si existe alguna condición de este nivel, que no permita el funcionamiento de un equipo, también se podrá saber cuál es la condición de seguridad específica que está interviniendo en el accionamiento del equipo. Dada la condición, una 'X' en color rojo, indicará, que el enclavamiento está activo y no permite la operación del equipo.

**Figura 28.** Descripción de Plantillas enclavamientos de seguridad 'Interlocks'

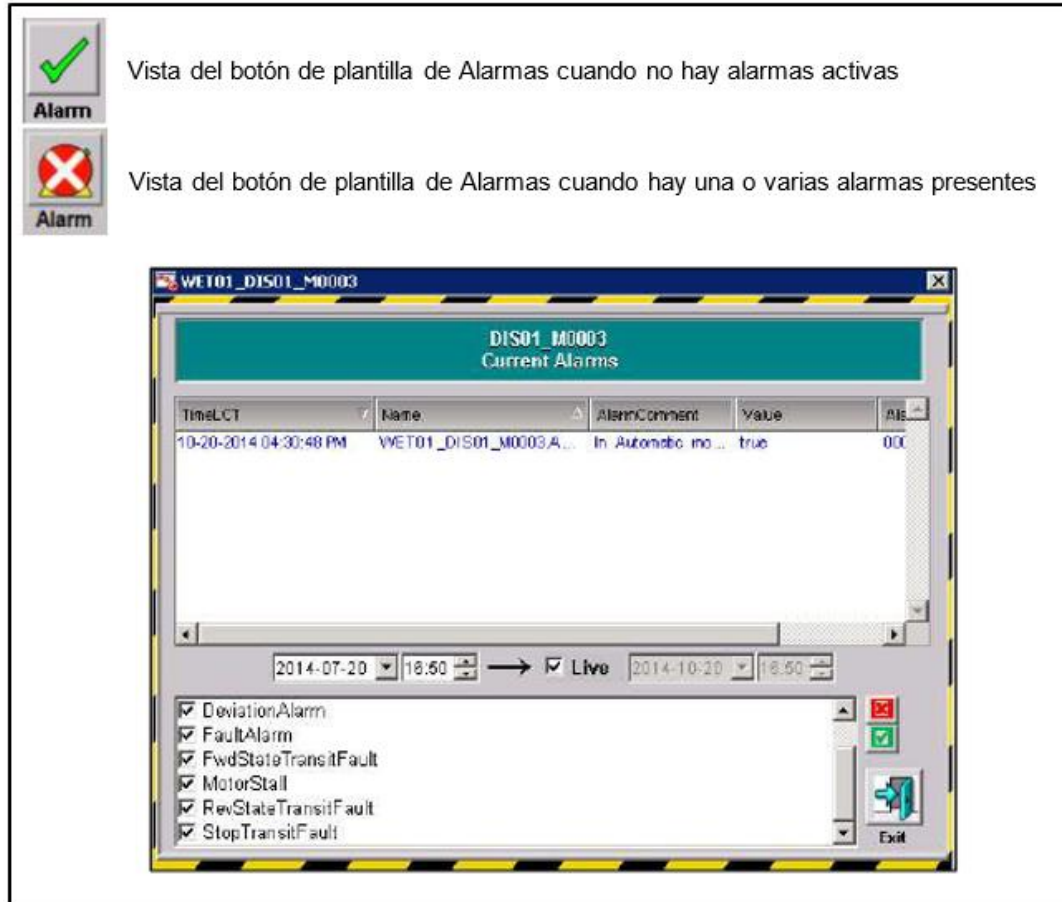


*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Plantilla de Alarmas.** En ellas podremos encontrar información detallada sobre que alarmas, están presentes en un objeto, motores, válvulas, equipos de instrumentación, etc., o

también sobre alguna condición del proceso, en esta sección también podremos revisar el histórico de alarmas, de un periodo de tiempo seleccionado.

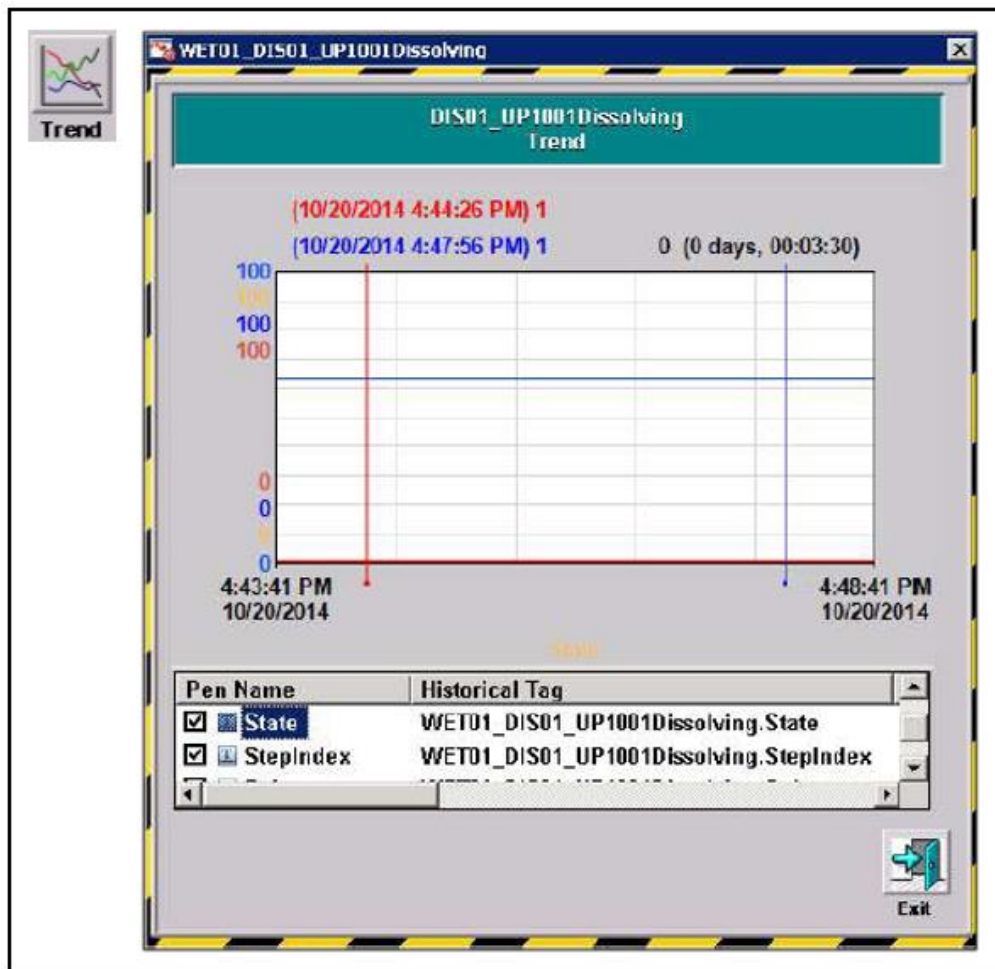
**Figura 29.** Descripción de Plantillas de Alarmas



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Plantillas de tendencias.** Esta plantilla, permite que cada señal pueda tener un gráfico de tendencias, en ella podemos encontrar los controles para visualizar, sobre un periodo de tiempo la información de manera gráfica, sobre los datos almacenados y proporcionados por un objeto.

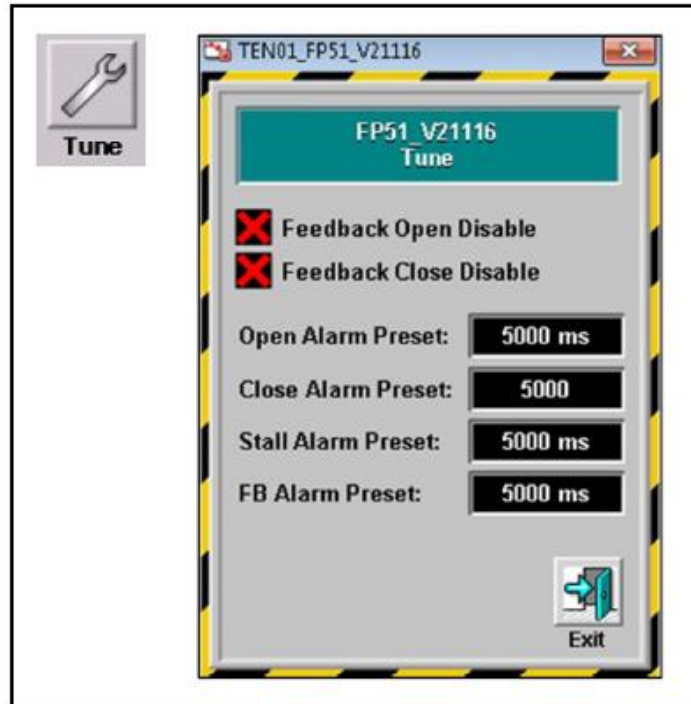
*Figura 30. Descripción de Plantillas de Tendencias*



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Plantilla de configuración.** Según el objeto o el elemento que se tome, nos permite realizar ajustes de manera puntual, de acuerdo con el equipo seleccionado, siendo así; hay plantillas para configurar señales analógicas (Tensión / Voltaje), cambio de polaridad (Positivo / Negativo), configuración de Variadores, equipos de instrumentación. La plantilla permite habilitar varias opciones tales como; confirmación de señales, tiempos de alarmas, franquear una señal analógica, todo este contenido dependerá del objeto desde donde fue llamada la plantilla, e incluye toda la parametrización más relevante, que podría modificar el sistema cuando el proceso se encuentre en línea.

*Figura 31. Descripción de Plantillas de Configuración*



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

**Plantilla de estadísticas.** Las estadísticas son útiles, para descargar información puntual, de operaciones realizadas por equipos, se pueden usar dos tipos de plantillas estadísticas, una para motores y otra para equipos de instrumentación.

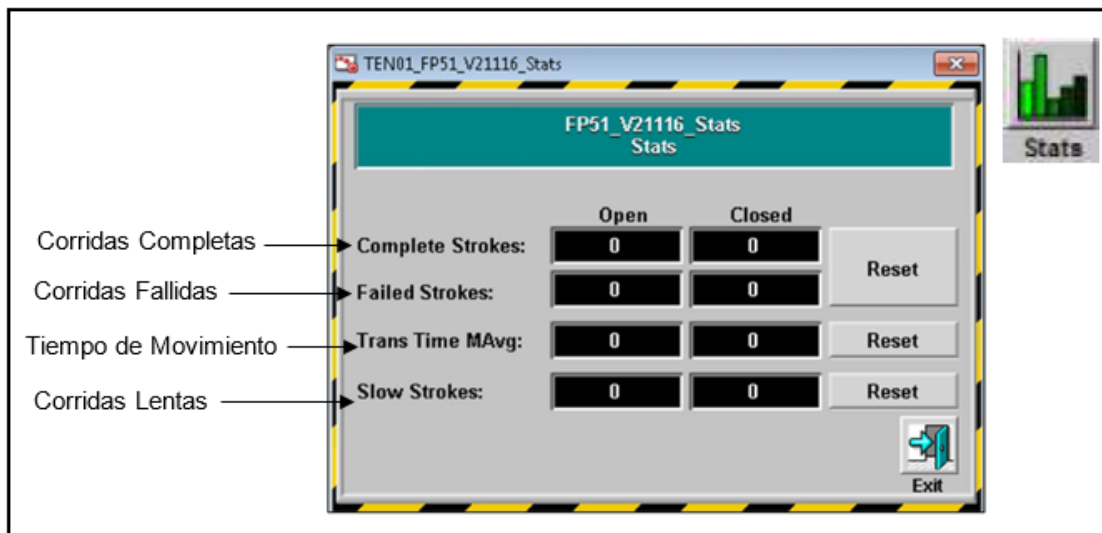


**Figura 32.** Descripción de Plantillas Información estadística de un motor



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

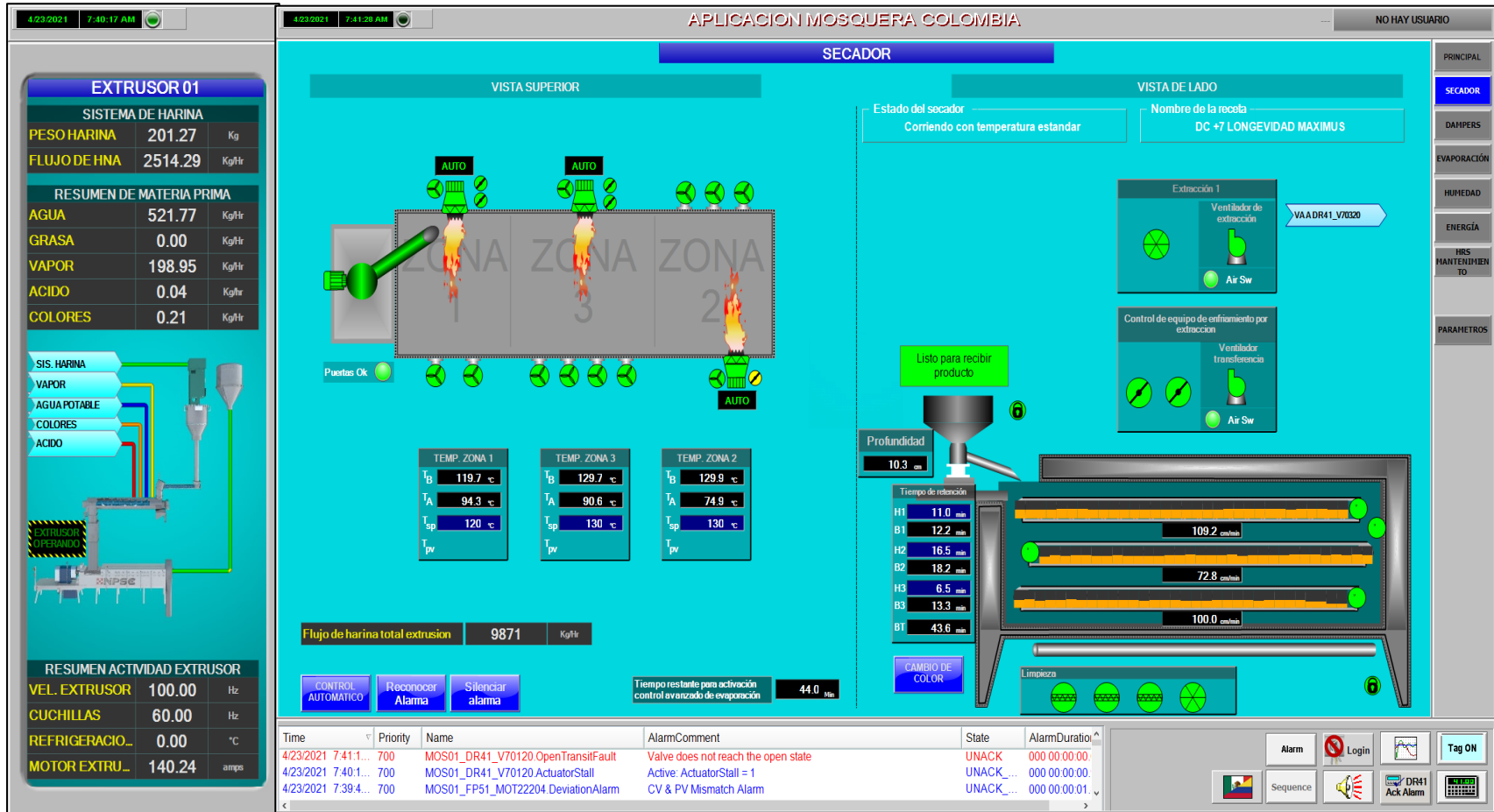
**Figura 33.** Descripción de Plantillas Información estadística de un equipo de instrumentación



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción Secador

Figura 34. SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, Proceso de Extruder\_Secado



Nota. Fuente: Elaboración Propia

---

El proceso de extrusión y secado es la parte principal de manufactura de alimentos para mascotas, en estos procesos se permite asegurar la calidad, inocuidad y presentación visual del alimento para mascota (Forma, tamaño, color, sabor y aroma), en estos procesos, se lleva a cabo la cocción de la harina, la cual ya viene con las adiciones y otros elementos, desde un mezclador.

La mezcla es sometida a calor térmico y mecánico, y es pasada por un tornillo, donde se le adiciona vapor, agua, color, ácido, para formar la mezcla final, al salir del extrusor, pasa por el proceso de corte, para producir la partícula o croqueta, para que pueda pasar al proceso de secado.

En la pantalla podemos ver la secuencia de arranque del secador, lo primero que hará el programa es arrancar los quemadores No.1 y No.2 finalizando con quemador No.3 y posteriormente, los ventiladores de enfriamiento, después los ventiladores exhaustores, para extraer el Monóxido de Carbono, resultante de la combustión que se genera por los quemadores.

Una vez alcanzados los niveles de combustión, el sistema continua con el inicio automático de los ventiladores de recirculación y aire forzado, para disipar el aire caliente por todas la zonas y generar vacío, para que esta temperatura, se mantenga constante en el interior de equipo.

De acuerdo con la densidad de salida, con la que venga el producto desde el Extruder, se ajusta la altura de las camas (bandas transportadoras), para que el proceso de secado sea uniforme en el producto, y se evite la acumulación de grumos. Es importante mantener la constante en la velocidad, que es ajustada automáticamente, según la temperatura de las zonas, para controlar la variable de humedad, ya que de esta depende que, en el proceso de cobertura, las grasas, se peguen a la partícula.

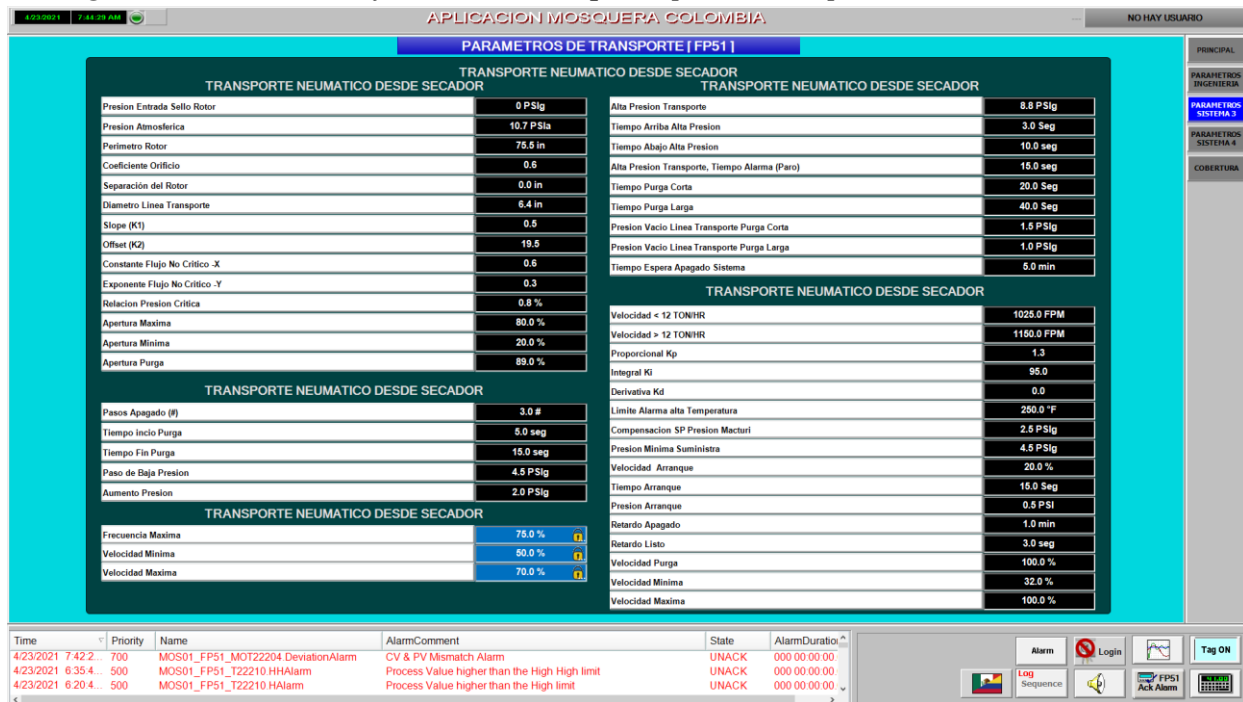
Dentro del proceso de arranque, se destaca, que la secuencia automática primero realiza un chequeo de las seguridades del equipo, es claro que se genera combustión por medio de gas natural, y su potencial de riesgo es alto, para ello, se cuenta con válvulas de venteo, medidores de flujo, control de variables por PID, y otros elementos de instrumentación, que permiten una evaluación de arranque de seguridad, para el proceso.

Todas estas variables pueden ser visualizadas en la pantalla HMI, de usuario, toda la secuencia, como se mencionaba dentro de la filosofía Start / Stop, es de orden descendente al ascendente.

La marcha del proceso de secado dependerá en su inicio, de la confirmación resultante del área de Cobertura, dado que allí influyen más subprocessos, que generan más alertas de inicio de proceso seguro.

Dentro de esta secuencia, también podemos ajustar variables, en la siguiente figura, podemos visualizar la pantalla de parámetros de transporte:

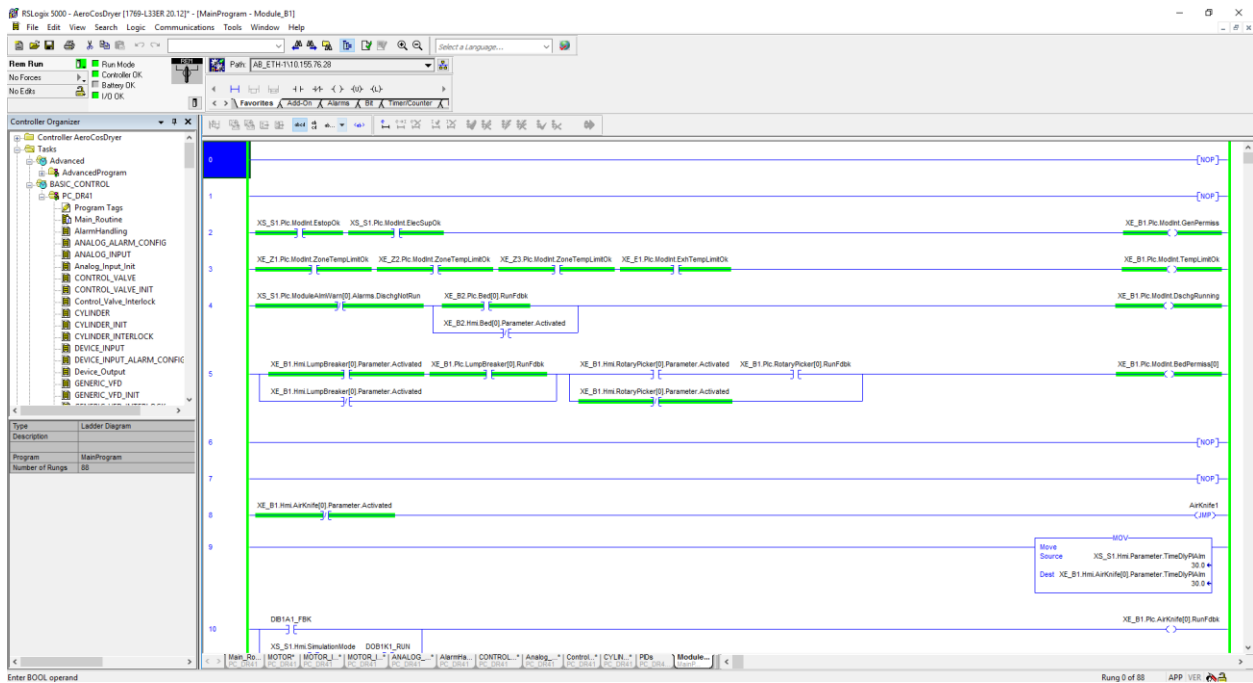
Figura 35. SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, parámetros proceso de Extruder\_Secado



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Una configuración de parámetros permite al usuario, personalizar o ajustar las variables de acuerdo con las necesidades de los valores para el proceso productivo, con esto se pueden establecer características, habilitar o proporcionar comentarios, que serán de utilidad para recolectar información, que puedan dar evidencia de una desviación, activación de alarmas y demás componentes, que emitan señales de estado de proceso.

**Figura 36.** Visualización lógica de escalera para arranque de quemadores



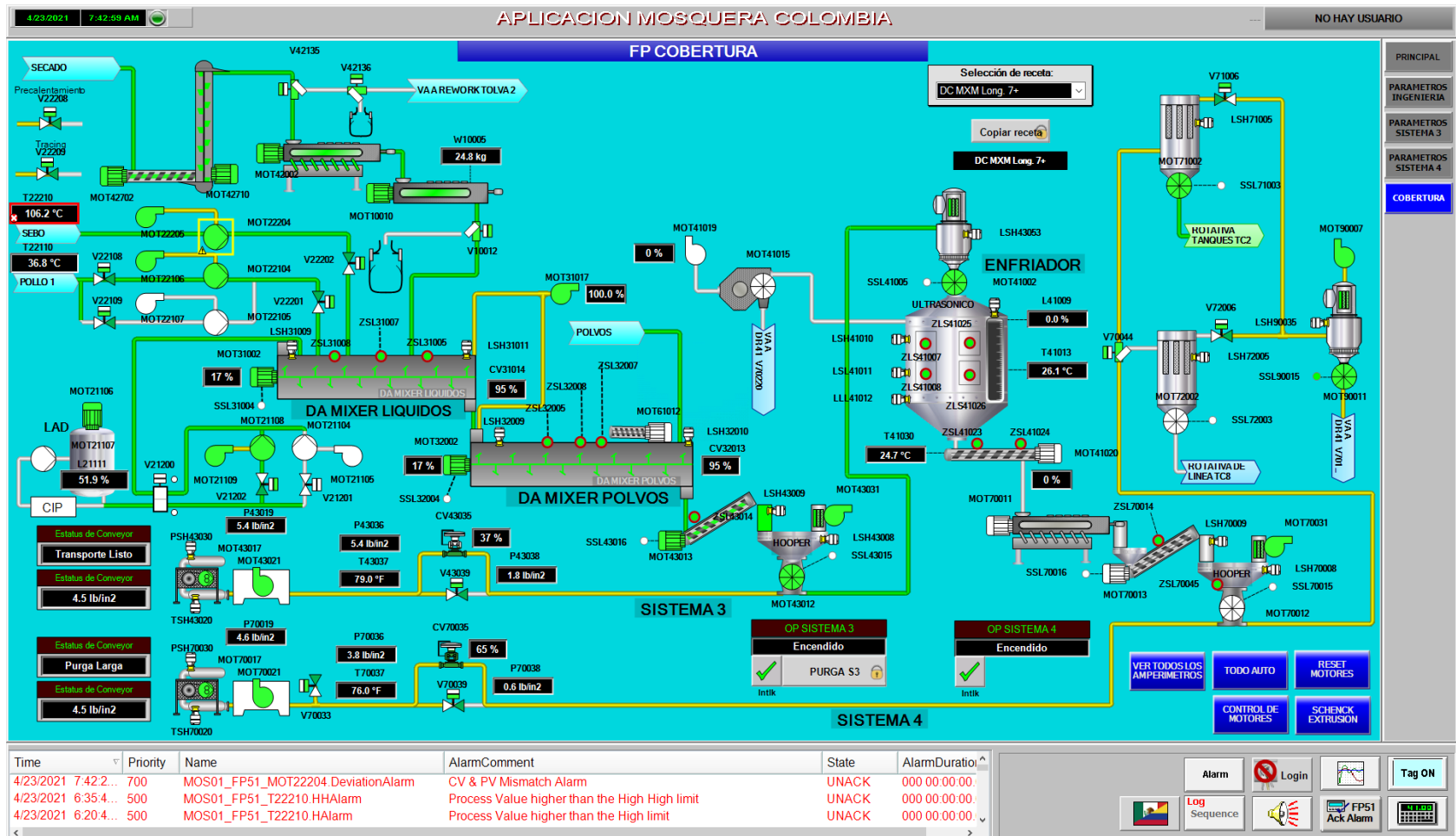
*Nota.* Fuente: Elaboración Propia a partir de los datos obtenidos de la programación con Software RSLogix 5000

Como se observa en la figura 36, describe la lógica de escaleras donde se encuentran las condiciones de los renglones. Una condición de renglón es una condición de una entrada o una salida, para nuestro caso, muestra la secuencia de arranque de los quemadores, de acuerdo con las instrucciones que establece la condición del renglón.

Para el proyecto expuesto, se usó el Software de programación 'RSLogix 5000', ya que es una herramienta bastante intuitiva, permite usar varios controladores de la línea Logix, adicional a esto, también podemos configurar variadores de velocidad de la línea 'PowerFlex', y las 'panel view', o 'pantallas touch', con las que se puede operar el proceso.

Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción cobertura

Figura 37. SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, Proceso de Cobertura



Nota. Fuente: Elaboración Propia

---

Cobertura es un área de proceso, donde la croqueta ya formada pasa por una serie de subprocesos, para que se puedan adicionar los ingredientes que le brindaran la textura, sabor y aroma final. El producto viene desde el área de secado, con una temperatura determinada, para que las grasas se puedan adherir de manera uniforme a la croqueta.

Cuando el producto sale del secador, es enviada al área de cobertura por un transportador de paletas, que la deposita en una criba o zaranda, para poder clasificar los grumos, los finos, y el material que no es uniforme.

Después de clasificada la croqueta, pasa por un sistema de pesaje, '*banda pesadora*', que se encarga de medir la carga en kilogramos, de cuanto producto está pasando por la línea durante una etapa de tiempo, esta información es enviada a otros dosificadores (Bombas de adición de grasas), para que estos a su vez, puedan medir, que tanta grasa debe ser adicionada al producto. Es de aclarar que las adiciones de grasas vienen estandarizadas con fórmulas y recetas que se configuran al inicio del proceso, esto con el fin de mantener los controles de calidad del producto.

De manera paralela los equipo de mezcla llamados (DA\_Mixer), van mezclando el producto, con las grasas, en este punto, el sistema puede controlar la velocidad de los motores, de acuerdo al nivel de producto que se encuentre en ellos, a un nivel bajo, los mezcladores, mantendrán un velocidad de nominal, que puede ser el 20% de la carga, cuando se encuentra en un nivel alto, la velocidad del motor del equipo, puede llegar al 100%, para evacuar rápidamente el producto del mismo, las señales de nivel alto y bajo, son emitidas por sensores ON/OFF, que envían la respuesta al programa, para que este realice las acciones ya mencionadas.

El producto saliente, es transportado por el sistema neumático, hacia el tanque de enfriamiento, el sistema de transporte también tiene un secuencia de trabajo, el motor principal



---

varia su velocidad, de acuerdo a la carga que se encuentre concentrada en el sistema, esta velocidad varia, según el nivel de presión presente, a mayor presión, la válvula encargada de regular el Soplador, se abrirá, para dar más paso de aire, y a su vez aumentar la velocidad del motor, para generar más aire en el sistema y transportar el producto hasta el tanque de enfriamiento.

En el tanque de enfriamiento, se busca regular la temperatura del producto, en una medida, que no se genere condensación en los tanques de producto terminado, y tampoco que las grasas adicionadas, sufran de saturación por enfriamiento, el sistema de enfriamiento, retiene la croqueta, hasta llevarla a la medida de temperatura deseada, el accionamiento de los ventiladores de extracción, se da por sensores RTD, que envían señales al programa, para regular la velocidad de extracción de aire caliente, alcanzada la temperatura, inicia la descarga de producto a una zaranda, para clasificar grumos, finos y demás partículas que no cumplan con el estándar del producto. Un nuevo sistema de transporte enviara el producto al área de semielaborados, para su disposición final.

Manteniendo la filosofía Start / Stop, se tiene entonces; los primeros en dar accionamiento de arranque, serán los sistemas de transporte, seguido válvulas rotativas y tornillos de descarga, mezcladores (DA\_Mixer), Banda pesadora, y transportador de paletas, como se describe, va del equipo descendente hasta el ascendente, durante su inicio, el programa valida secuencias de enclavamientos de seguridades, confirmación de arranques de guardamotors, confirmación de encendido de 'Hand Swicht' y demás variables, que mantengan la seguridad en el proceso.

La seguridad de usuario y el proceso es lo más importante dentro de las condiciones de trabajo de Purina, para ellos los equipos que puedan generar un mayor riesgo durante su

operación y/o intervención manual, tienen cada uno sus protecciones ‘**Interlocks**’, estos enclavamientos de seguridad, garantizan que la secuencia de arranque de línea, no se pueda llevar a cabo hasta que estos no sean rearmados o reseteados directamente por el usuario, a continuación se describen algunos equipos con las protecciones mencionadas:

**Tabla 8**

*Descripción de Señales de interlocks*

<b>MOTOR</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>INTERLOCK ESQUIPO SIGUIENTE</b>	<b>INTERLOCK PARO DE EMERGENCI A</b>	<b>INTERLOCK DE PROCESO DE PROCESO</b>
20701	TRANSPORTADOR DE ENTRADA	20702	PARO DE EMERGENCIA COOLER HANDSWITC H 20701	SENSOR ANTIATASQUE SSL20711
20702	VALVULA ROTATIVA ENTRADA	NO TIENE	PARO DE EMERGENCIA COOLER	ALTO NIVEL COOLER LSH20706
20713	TORNILLO TRANSPORTADOR DE SALIDA	20714	PARO DE EMERGENCIA COOLER	ALARMA ALTA TEMPERATUR A

---

			HANDSWITC	
			H 20713	
20714	TRANSPORTADOR	SHAKER 2	PARO DE	SENSOR
	SALIDA COOLER		EMERGENCIA	ANTIATASQUE
			COOLER	SSL20712
			HAND	
			SWITCH 20714	
			SENSOR DE	
			ATASQUE	
20703	VENTILADOR	NO TIENE	PARO DE	NO TIENE
	COOLER		EMERGENCIA	
			COOLER	
20724	VALVULA	NO TIENE	PARO DE	NO TIENE
	ROTATIVA		EMERGENCIA	
	VENTILADOR		COOLER	
	COOLER			
10702	TRANSPORTADOR	ELEVADOR	PARO DE	NO TIENE
	DE SALIDA	DE SECADO	EMERGENCIA	
	SECADOR	A ENGRASE	SECADOR-	
		(KM13)	SENSOR DE	
			ATASQUE	

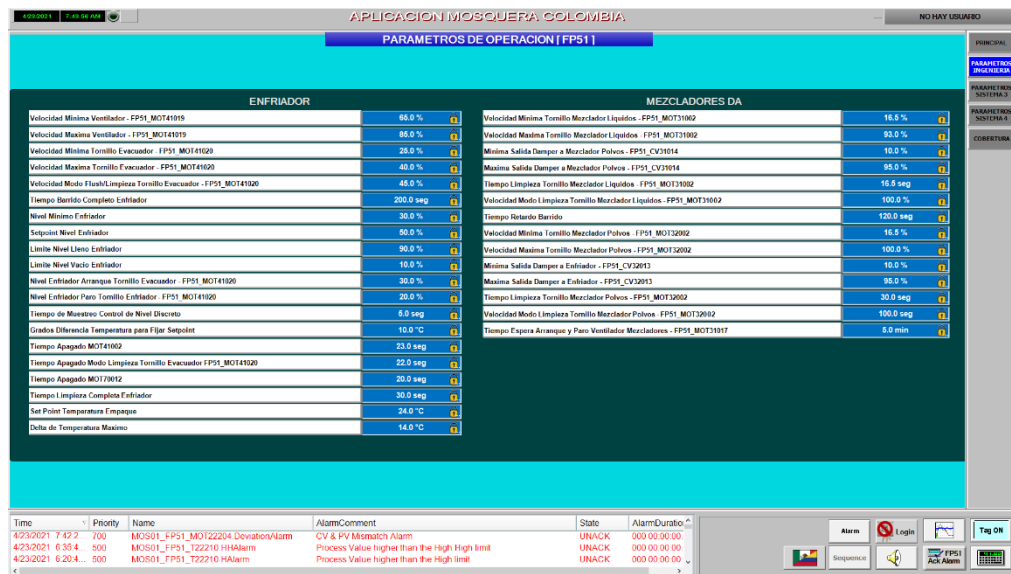
---

VALVULA	SISTEMA	SECADOR	PUERTA	SWITCH
ROTATIVA	TRANSPORTADOR	LISTO	CICLON	NIVEL ALTO
VENTILAD	NEUMATICO	SPOUT		CICLON
OR	EXTRUSION A	FEEDER		
SCHENCK	SECADO			

*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

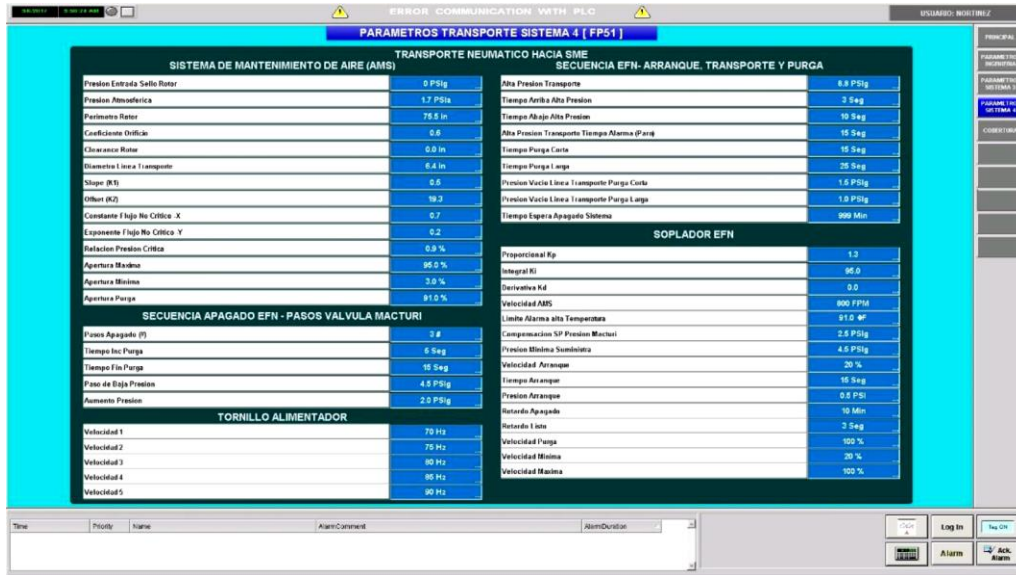
En la pantalla de parámetros, se podrán realizar diversas acciones para modificar variables, que pueden tratarse de parámetros de operación o de ingeniería, de manera general, los parámetros operativos, se dan por recetas, pero usualmente se cambian variables de ingeniería, tales como; velocidades de equipos, presiones, tiempos de arranque, etc.

**Figura 38.** SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, parámetros proceso Cobertura



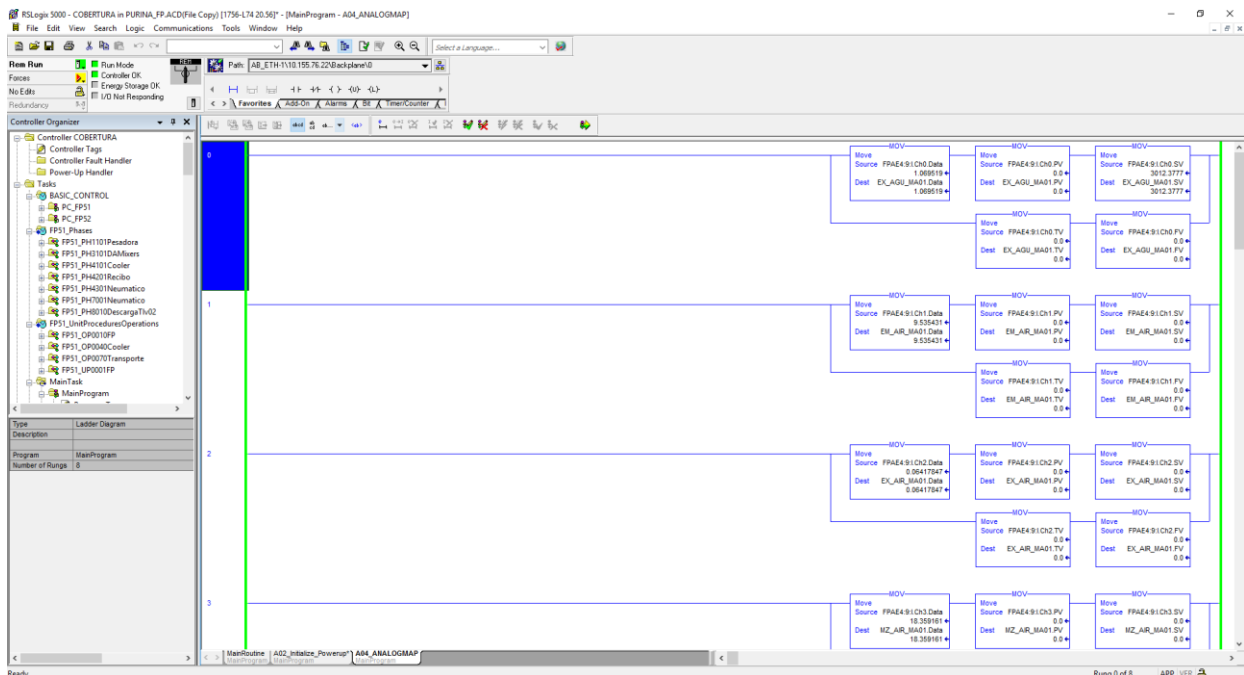
*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

Figura 39. SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, parámetros proceso Cobertura



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 40. Visualización lógica de escalera para secuencia de arranque Sistemas de Transporte Neumático



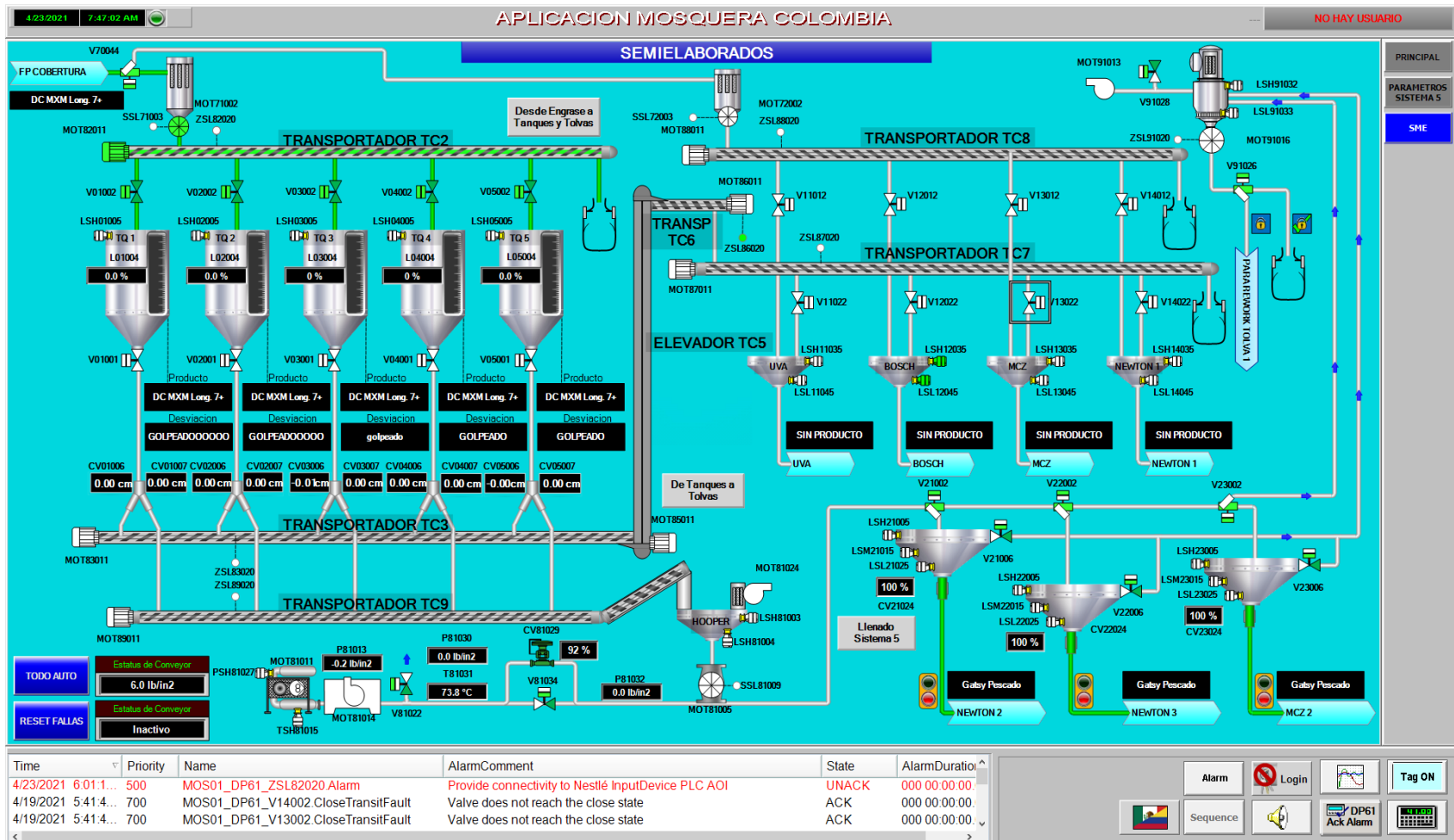
Nota. Fuente: Elaboración Propia a partir de los datos obtenidos de la programación con Software RSLogix 5000

Cada secuencia, esta asignada por bloques, y en los bloques, realizamos la asignación de ‘TAGs’, que son los nombres físicos, para las acciones que se van programando en la secuencia.

Para el área de Cobertura debido a su proceso, fue necesario crear una secuencia de subrutinas, para poder ejecutar los subprocessos que están allí presentes, en la figura, podemos ver la secuencia de arranque para los sistemas de transporte neumático, manteniendo la filosofía de arranque ‘Start / Stop’.

Interfaz de usuario del sistema SCADA control producción semielaborados

Figura 41. SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, Proceso de Cobertura

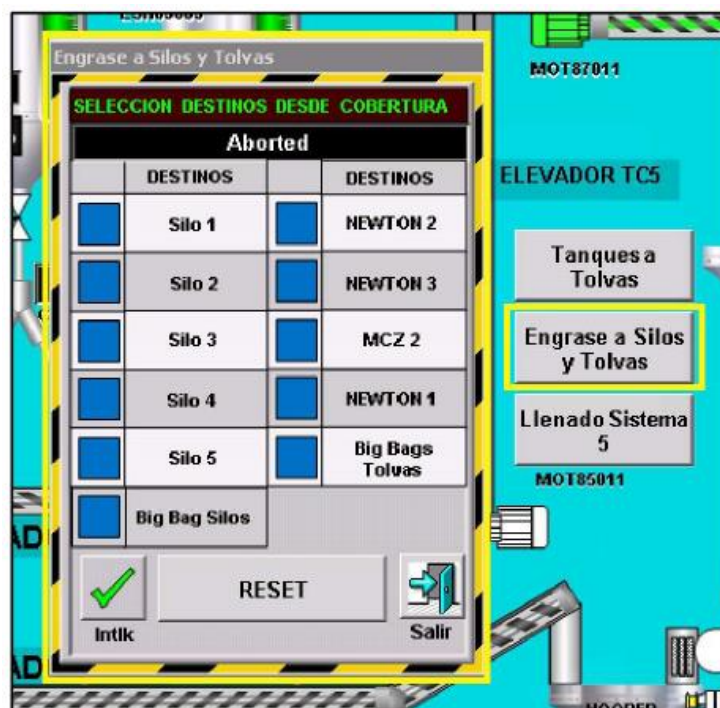


Nota. Fuente: Elaboración Propia

El área de cobertura realiza el control de los equipos, que transfieren el producto hasta el enfriador, y de ahí, hacia el destino que requiera el producto, que puede ser Tanques de producto terminado o Tolvas de alimentación para maquinas empacadoras, esta segunda opción permite que se empaque producto, directamente de la línea de proceso.

En todo caso, la operación consiste; en mantener llenos los tanques de producto terminado, con la excepción, que se le puede dar prioridad de llenado a las tolvas de alimentación, de acuerdo con la configuración deseada, visualmente la operación la podremos realizar por la siguiente plantilla:

**Figura 42.** SCADA Interfaz Hombre\_Máquina, Operación para selección de llenado



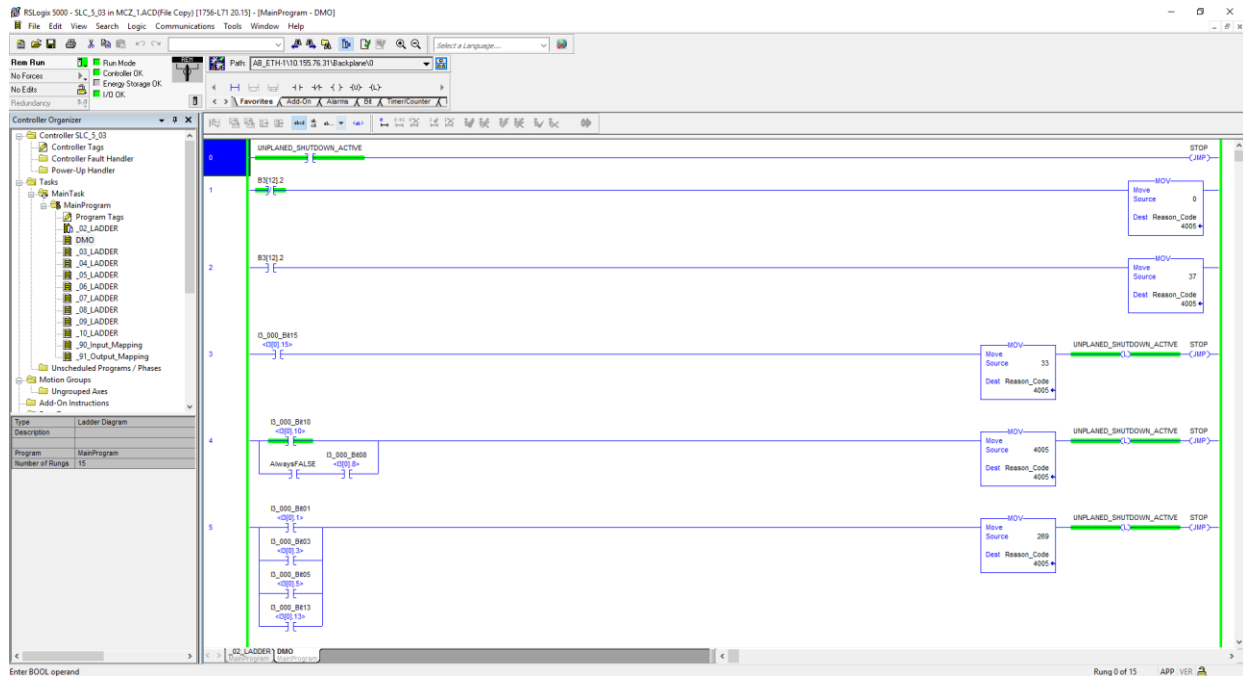
*Nota.* Fuente: Elaboración Propia

Como todas las operaciones mencionadas anteriormente, al abrir la plantilla y antes de realizar la selección, se deben validar los enclavamientos de seguridad, alarmas y demás acciones que no permitan llevar a cabo la operación, validadas las acciones, se puede seleccionar las operaciones deseadas, para iniciar con el proceso de empaque.



Contrario a la filosofía de arranque de equipos, Start / Stop, el en área de semielaborados, los equipos arrancaran en orden ascendente, hacia al descendente. En esta área, se podrán realizar operaciones tales como; Cobertura\_tanques\_y\_Empacadoras, Tanques\_Empacadoras.

**Figura 43.** Visualización lógica de escalera para secuencia de programación de Línea a Empacadora



*Nota.* Fuente: Elaboración Propia a partir de los datos obtenidos de la programación con Software RSLogix 5000

Es importante que, en las secuencias de programación, siempre se tengan presente todos los elementos de instrumentación que intervienen en el proceso, de estas señales de E/S, dependerá que las instrucciones ingresadas, concuerden con las secuencias, que el usuario programe en la pantalla.

La figura 43, nos muestra la programación, para el llenado de una de las empacadoras, con alimentación directa de línea de proceso, por medio del software, podemos no solo validar la secuencia, sino también realizar mejoras en el programa, entre mejor se puedan validar condiciones de secuencias, más eficiente será ejecución del programa.

### Componentes de la parte de control

Como resultado de las mejoras, por el proceso de automatización realizado en Purina, se evidencian los cambios en la parte física, estos cambios dan un cambio en la parte de tableros de control y de potencia de los equipos que se controlan, y llevan a cabo el proceso productivo.

### Celda concentradora.

*Figura 44. Celda Concentradora PLC's Extruder, Secado, Cobertura, Semielaborados*



*Nota. Fuente: Elaboración Propia*

## SLOT de Celda Concentradora

*Figura 45. SLOT Celda Concentradora PLC's Extruder, Secado, Cobertura, Semielaborados*



*Nota. Fuente: Elaboración Propia*

## Tablero de control y potencia

*Figura 46. Tablero de control y potencia equipos proceso productivo cobertura*



*Nota. Fuente: Elaboración Propia*

Es evidente que la aplicación de las técnicas de automatización, son de gran ayuda para la industria, cuando identificamos una oportunidad para aplicar un sistema automático la mejora en

---

los procesos, trae consigo beneficios tales como; aumento en el desempeño y la calidad de la productividad, disminución de errores, eficiencia, trazabilidad comercial y financiera, y lo más importante, seguridad de las personas y de los procesos.

El alto flujo de información se vuelve más confiable, la recolección de datos es lo esencial en el proceso de automatización, podemos convertir fenómenos físicos y/o químicos de la línea, y convertirlos en una señal, de la cual podemos obtener un registro y finalmente interpretarlos.

Es importante resaltar, que este tipo de tecnología siempre ha estado presente en las industrias, solo que no eran de exigencia para la misma, pero con las transformaciones que se dan día a día, se busca tener la mayor cantidad de procesos con un monitoreo constante, y así poder disponer del recurso humano en otras actividades, esto no significa que se deba prescindir de la mano de obra del humano, sino por el contrario, demostrar que hay actividades que se pueden ejecutar desde la comodidad de un puesto de trabajo seguro ya sea local o remoto y empezar a hacer un mejor uso de las tecnologías digitales.

---

## Resultados

Partiendo de un análisis de los requerimientos de la implementación de un programa de automatización, se parte de la evaluación del entorno de los procesos, de la tecnología existente y las oportunidades de mejora en la implementación del sistema.

Es importante realizar un diagnóstico de la situación actual, con el fin de tener un panorama claro de los recursos con los cuales se cuenta y los objetivos de la implementación de la automatización del proceso.

Principalmente, con la automatización se busca simplificar el trabajo por parte de los operadores de las máquinas, siendo estos los que se conviertan en el principal mecanismo de identificación de fallos y desviaciones en el proceso, maximizando la eficiencia del proceso y aumentando la productividad y la competitividad.

Por otro lado, con la ayuda de la automatización de los procesos se disminuyen significativamente los fallos de calidad, disminuyendo las cantidades defectuosas y aumentando la calidad de los productos en cada etapa, con la intervención de la mano de obra, quien, en este punto, es quien se encarga de esta tarea principalmente, logrando así un control de calidad más estrecho.

Igualmente se logra la integración de los sistemas de la empresa, permitiendo una trazabilidad de los procesos e identificar puntos de control crítico, disminuyendo despilfarros, tiempos ociosos, mejorando los tiempos de disponibilidad y reduciendo los fallos y por lo tanto los tiempos y costos de mantenimiento.

Con la implementación de una red de supervisión que modele el funcionamiento del proceso, se puede comprobar en qué punto y por qué motivo aparecen cuellos de botella que crean restricciones en el sistema que, aunque es complejo realizar un análisis global de ciertos

tipos de sistemas, por medio de los datos recolectados se puede determinar en qué puntos se detectan la mayor cantidad de errores mediante redes neuronales y cuáles son las variables de mayor influencia.

---

### Análisis

Cada industria tiene variedad de procesos, que se realizan de modo manual, muchas de estas áreas de manera organizada, han estructurado estas operaciones para poder llevarlas a cabo en un determinado tiempo. Sin embargo como pudimos ver en el proyecto aplicado, la constante evolución y demanda de los mercados, han hecho que estos requerimientos cambien, para poder ejecutar estas tareas de manera más eficiente.

La capacidad de competencia, ya no se califica; *‘en quién lo hace primero’*, ni *‘en quien lo hace en mayores cantidades’*, sino en la manera de; *‘quien lo hace bien’* y *‘quien ofrece la mejor calidad’*.

Las industrias han optado por implementar sistemas de automatización, para obtener beneficios en sus procesos productivos, a partir de las oportunidades de mejora que cada uno presenta, pero la pregunta que generalmente se plantean las industrias, al momento de tomar una decisión de inversión tecnológica es; *¿Cómo iniciar la implementación de un proceso de automatización?*

Partiendo de la experiencia compartida en la investigación, vemos que los pilares, que marcan las pautas para poder llevar a cabo este tipo de inversión inician:

Primero con *la visibilidad de la productividad*, se referencian la relación de los procesos productivos, como se puede optimizar los recursos disponibles para estos procesos, y como por medio de los diferentes análisis, se puede llegar a mejorar la rentabilidad del proceso productivo.

En segundo pilar, tenemos *la medición de la eficiencia*, con qué capacidad se cuenta para realizar los procesos de manera más ágil, con el mínimo de recursos y a bajos costos, esto sin llegar a exponer la calidad y la seguridad de los productos, parte de la propuesta de la

---

automatización, es reducir los tiempos de ejecución de los procesos, como se plantea en el primer pilar, utilizando la menor cantidad de recursos.

Como tercer pilar, ***garantizar la seguridad de los procesos***, esto con el fin de evitar sucesos que pongan en riesgo la integridad de las personas, a menor cantidad de paros no planeados por eventos de seguridad, más eficientes vamos a ser y más tiempo de horas de trabajo, podremos aprovechar en nuestros procesos productivos, para llegar a estos niveles, implementamos análisis de causa efecto, para identificar los potenciales riesgos, y así poder tomar las medidas correctivas necesarias, para eliminarlos y/o controlarlos.

Frente a la creciente escala de competitividad, los sectores industriales y de la economía, han implementado propuestas de automatización, que han generado conciencia en la industria y así, seguir una guía, que podemos resumir en tres etapas:

- 1) ***Creación de planes de mantenimiento correctivo y preventivo***. Una buena rutina de mantenimiento, nos permite; analizar, anticipar, monitorear, predecir y/o simular, futuros riesgos, por paradas de máquinas, accidentes laborales y los sobrecostos que nos pueden generar estas paradas. Muchas de las empresas, solo se dedican a reparar o resolver estos eventos solo cuando ocurren, no prevén estas situaciones que resultan en pérdidas de dinero.
- 2) ***Identificación de puntos críticos de procesos***. Por medio de indicadores, se puede analizar la productividad y eficiencia de los procesos, para poder evaluar los puntos críticos y así optimizarlos, esto conlleva a una mejora en la calidad de los servicios, de los productos, también analizar costos y presupuestos de producción, esto con el fin; de garantizar que la operación del proceso productivo, se pueda realizar de corrido y sin interrupciones.



- 
- 3) *Aplicación de tecnología orientada a la automatización y control.* Mantenerse en la vanguardia de tecnología, siempre y cuando, evaluando que el retorno de la inversión tecnológica sea favorable para las compañías, la optimización de los procesos, genera mayor eficiencia y una integración de las actividades con las diferentes áreas que intervienen en una planta, la participación de todos estos actores, aumenta la rentabilidad de las compañías, ya que de una manera estructurada, se puede llegar a cumplir con los objetivos propuestos por la organización.

Para finalizar, son muchas las ventajas que trae consigo la adopción de la automatización de procesos, los más beneficiados serán los trabajadores y/o equipos que realizan actividades, que promueven una gran cantidad de tiempo. Sin embargo:

- 1) Un aumento en la productividad, genera más seguridad en los equipos de trabajo y más horas disponibles para realizar otras labores
- 2) Se daría un paso hacia la transformación digital, se puede tener mayor visibilidad de los procesos
- 3) Agilización de los procesos, para permitir una simplificación de las operaciones, con la eliminación de actividades que no aporten nada y centrarse en las tareas que más agregan valor.
- 4) Realizar un seguimiento al cumplimiento de actividades, para el registro de detalles de operaciones
- 5) Estandarización de operaciones, para obtener mejores resultados y hacer más confiables los procesos.
- 6) Mantener la satisfacción de los clientes, cuando se cumple con los estándares de los procesos, se pueden mantener las expectativas de los clientes.

Si tenemos en cuenta la automatización de los procesos, podremos ver la importancia y la diferencia, que se empezaría a marcar, para lograr mejores resultados.

*‘Todas las industrias que dentro de sus procesos productivos, y para la fabricación de bienes y servicios usan o implementan equipos (Electromecánicos, Hidráulicos, Neumáticos, etc...), que son operados con mandos manuales, serán las más propicias, para implementar procesos de automatización futuras, para obtener optimizaciones, visualizaciones, controles, etc., donde los errores humanos puedan impactar la productividad’*

---

### Conclusiones

Se concluye que debe realizarse un análisis completo de los recursos existente los cuales serán la base de aplicación del sistema de automatización, teniendo presente las redes con las cuales se cuenta, los niveles en los cuales se aplicará la automatización, dado que puede aplicarse a componentes más básicos del proceso, tales como sensores o detectores de elementos extraños, el o los niveles de automatización dependen de los requerimientos de la operación de la máquina o el proceso en sí, justificando la manera en cómo funcionará el dispositivo y el alcance que tendrá, por obvias razones, las necesidades del proceso y de la compañía en general, con el fin de determinar la integración de los sistemas.

Las variables más críticas encontradas tales como fallos de máquinas, equipos descalibrados, desconfiguración de los sistemas, entre otros fallos inherentes al proceso, así como los requerimientos tecnológicos y de redes necesarios para la aplicación del sistema, por lo que uno de los principales objetivos del sistema es la identificación oportuna de los fallos con el fin de ajustar estas desviaciones.

Las ventajas de las automatizaciones se basan en la posibilidad de monitorización de la red y del proceso, lo que permite una supervisión global y completa, representando una alternativa a la supervisión meramente visual a intuitiva de los procesos, dado que se cuenta con una representación gráfica que permite visualizar del estado del sistema y la posibilidad de detectar fallos y analizar sus causas

A partir de los datos obtenidos de los sistemas de una empresa, se puede determinar la mejor manera de disponer los sistemas y flujos de producción con la ayuda de las herramientas de automatización industrial, teniendo en cuenta el lay out del proceso, sus variables y puntos críticos, los objetivos de producción, capacidad y volumen de producción.

---

### **Recomendaciones**

Para la implementación de un sistema de automatización se recomienda reunir el mayor número de especificaciones de las maquinas en las que se va a implementar el sistema, siguiendo los requerimientos del cliente, representando gráficamente los módulos para definir su nivel de complejidad, mediante la guía de la metodología GEMMA.

Se recomienda realizar un programa o esquema de capacitación ayudado de técnicas de mejoramiento continuo como TPM, facilitando el aprendizaje por parte de la mano de obra, en aspectos como identificación de puntos críticos y fallos, mejorar sus habilidades prácticas y de lenguaje tecnológico, esto con el fin de evitar averías por malas manipulaciones de la parte operativa, partiendo de operarios especializados en ciertos tipos de sistemas.

Crear un plan de verificación y retroalimentación del sistema, donde se identifiquen posibles oportunidades de mejora en funcionamiento, lenguaje operativo o se modifique el alcance del sistema y el algoritmo de programación de este, ajustando las posibles desviaciones de los procesos.

---

### Bibliografía

- Aragonés, O. B., Saigí Grau, M., y Zabaleta Alañà, F. (1998). *Automatismos eléctricos programables*. Ediciones UPC.
- Balcells, J., y Romeral, J. L. (2000). *Autómatas Programables* (1.a ed.). Marcombo.
- Barrios, J. (2012). Modelo empresarial, método BMM para el modelado de negocios: procesos del negocio. Venezuela.
- Córdoba, E. (2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 120-128.
- Deloitte. (2019). *2019 global shared services survey report*. Deloitte Bulgaria.  
<https://www2.deloitte.com/bg/en/pages/operations/articles/shared-services-survey-2019.html>
- Exsol. (2017). *¿QUÉ ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL?*  
<http://www.exsol.com.ar/automatizacion-industrial/>
- García, E. (2002). *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega.
- Hayes, D. (2004). An Examination of Irish Feedstocks for Biorefineries. University of Limerick.
- Moreno, E. G. (2009). Tipos, clases y niveles de la automatización. En *Automatización de procesos industriales* (pp. 112–297). Universitat Politècnica de València.
- Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2438>
- Reyes, F. (2013). Tipos de automatización. En *Mecatrónica: control y automatización* (1ed., págs. 27- 83- 66). Alfaomega Grupo Editor.
- Rodríguez, I. (2015). *Chrysler, la vida detrás de la automatización*. Manufactura.  
<https://manufactura.mx/automotriz/2015/02/11/chrysler-la-vida-detras-de-la-automatizacion>

---

TMR. (s. f.). *Market Research Reports, Industry Research Firm, Consulting Services.*

Transparency Market Research. <https://www.transparencymarketresearch.com/>