



Sistema de gestión de planta para la empresa Alimentos Polar Comercial planta Maracaibo

(Proposal of a plant management system for the Maracaibo company polar foods)

Rub  n Hernández

Alimentos Polar C.A Planta Maracaibo

ruben.hernandez.aa@gmail.com

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal proponer un sistema de gestión de planta para el proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar Comercial C.A planta Maracaibo, sustentada por los aportes teóricos de Said (2014), Tompkins, White, Bozer and Tanchoco (2011), Elgueta (2007), entre otros. Desde la perspectiva metodológica se considera una investigación de tipo descriptiva de tipo proyectiva. Para la obtención de los resultados se aplicó el método científico definiendo cuatro fases ordenadas sistemáticamente, las cuales se desarrollaron desde la descripción de la arquitectura de control actual, estableciendo parámetros y requerimientos para la implementación, así como de diseño lógico de hardware y software, para finalmente obtener un diagnóstico referencial del comportamiento del proceso productivo del área de empaque en la empresa Alimentos Polar C.A. planta Maracaibo. Dicho diagnóstico consistió en una serie de componentes de software y hardware vinculados entre sí mediante redes de comunicación bajo estándares industriales como las normas ISA-S88 e ISA-S95, mediante las topologías sugeridas y los parámetros establecidos por estas. El hardware se conformó por módulos de comunicación Ethernet Industrial de la marca Allen Bradley y Prosoft para comunicación con controladores de otras marcas. Mediante el desarrollo de algoritmos se obtuvieron y procesaron los datos del proceso para clasificar los tiempos de producción y las cantidades entregadas en cada momento para determinar los puntos críticos y oportunidades de mejora mediante la determinación de tiempos muertos y clasificación de paradas no planificadas. El desarrollo del sistema de gestión de planta aportó información clave para mejorar el rendimiento de los procesos productivos, desempe  nandose satisfactoriamente durante la instalación y validación

Palabras Claves: Automatización de procesos, gestión de planta, indicadores de proceso.

Abstrac

The main objective of this research was to propose a plant management system for the pasta production process in the company Alimentos Polar Comercial CA, Maracaibo plant, supported by the theoretical contributions of Said (2014), Tompkins, White, Bozer and Tanchoco (2011), Elgueta (2007), among others. From



the methodological perspective, a projective-type descriptive research is considered. To obtain the results, the scientific method was applied defining four systematically ordered phases, which were developed from the description of the current control architecture, establishing parameters and requirements for the implementation, as well as the logical design of hardware and software, for finally obtain a referential diagnosis of the behavior of the production process of the packaging area in the company Alimentos Polar CA Maracaibo plant. Said diagnosis consisted of a series of software and hardware components linked together through communication networks under industrial standards such as ISA-S88 and ISA-S95, through the suggested topologies and the parameters established by them. The hardware was made up of Allen Bradley and Prosoft brand Industrial Ethernet communication modules for communication with controllers from other brands. Through the development of algorithms, the process data was obtained and processed to classify the production times and the quantities delivered at each moment to determine the critical points and opportunities for improvement by determining dead times and classifying unplanned stops. The development of the plant management system provided key information to improve the performance of production processes, performing satisfactorily during installation and validation.

Key words: Process automation, plant management, process indicators.

Introducción

Hoy en día las fábricas generan cantidades increíbles de datos sin procesar, ya sea el número de piezas suprimidas durante un turno o la cantidad de ingredientes usados en el proceso de lote más reciente. Dichos datos, cuando se colocan en el formato adecuado y en las manos apropiadas, pueden convertirse en información útil para mejorar los procesos de fabricación y comerciales. Las nuevas realidades comerciales orientan a los fabricantes a buscar las ventajas de la integración del control y la información; es por ello que el desarrollo de un sistema de gestión de planta se presenta como una herramienta que releva la responsabilidad de los actores del proceso productivo en documentar el comportamiento del mismo en todo momento y con seguridad, la disponibilidad de esta información, se convierte en favorables acciones de mejora que contribuyen a mejorar los índices de producción (Said, 2014).

Por tanto, esta investigación presentó el análisis de la situación y una solución a lo investigado con el diseño e implementación de un "Sistema de Gestión de Planta para el proceso productivo de la empresa Alimentos Polar Maracaibo". El mismo estuvo compuesto por un hardware que interconecta mediante redes todos los equipos productivos. De igual forma, mediante una aplicación que se ejecut  en un computador funcionando como sistema de adquisición y almacenamiento de datos conectado a la red antes mencionada, con la finalidad de disponer de datos como cantidad de producción, tiempos de parada no planificado y rendimiento de los equipos durante los tiempos operativos, a fin de identificar oportunidades de mejora para optimizar los índices de productividad. La aplicación se desarrolló en el software FT View, los equipos se conectaron a una red Ethernet Industrial en una



topología combinada de doble anillo y de estrella extendida.

Objetivo de la investigación

Proponer un sistema de gestión de planta para el proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar Comercial C.A planta Maracaibo.

Metodología

Con respecto al tipo de investigación, según Chávez (2007) se establece de acuerdo al tipo de problema que se quiere solucionar, los objetivos planteados para este y la disponibilidad de los recursos. En relación a esto, el estudio de las características del fenómeno, busca especificar propiedades como rasgos importantes que se analizan, al mismo tiempo que permite recolectar datos relacionados con el estado real del estudio.

Así mismo, Tamayo y Tamayo (2006) afirma que el tipo de investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos, el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como la persona, grupo, cosa funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentar una interpretación correcta. De igual forma, Arias (2012) expone que la investigación de tipo descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, esta investigación se considera descriptiva dado que tuvo como finalidad describir, así como analizar, el proceso de fabricación de pasta larga en Alimentos Polar planta Maracaibo en sus diferentes etapas, lo que permitió realizar una propuesta para el seguimiento y visualización del comportamiento del proceso productivo en tiempo real.

Por otra parte, Chávez (2007) explica que la investigación proyectiva consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, programa, como solución a un problema de tipo práctico, ya sea de un grupo social, una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores de involucrados y de las tendencias futuras.

Es por ello, que esta investigación se clasifica también como proyectiva, puesto que se orient  a la solución de la problemática presente en el control del proceso de fabricación de pasta larga, a través de un sistema que permite el seguimiento de este en tiempo real, de modo de facilitar la toma de decisiones oportunas con mayor asertividad de acuerdo a la información suministrada, logrando así mayores índices de productividad, eficiencia, entre otras variables que actúan en él.

Resultados

Los sistemas de gestión de planta proporcionan la información necesaria para optimizar los sistemas productivos desde el lanzamiento de la orden de fabricación

hasta el producto acabado, aportando beneficios específicos que se focalizan en las actividades de producción. El concepto del sistema de gestión de planta se estableció en Boston en 1992 por la AMR Research Inc. (1986) como el nivel de ejecución de las actividades de manufactura, el cual existe entre la empresa y el sistema de control, que provee esta visibilidad y control funcional.

El estándar ISA 95 separa la funcionalidad de la empresa en la aplicación de tres identificable capas. La capa superior se menciona como la planificación de las actividades y la logística, que maneja al proveedor, relación con clientes y las funciones de nivel internas de negocio relacionadas con la planificación de recurso, la dirección de ciclo de vida de producto, datos financieros, gerencia de inventario y logística (Tompkins, White, Bozer and Tanchoco, 2011).

Con base en los conceptos anteriores, el investigador puede inferir que la gestión en Planta son soluciones de gestión de operaciones de fabricación que permiten monitorizar en tiempo real y gestionar los procesos productivos en planta, facilitando indicadores (KPI's) fiables para la toma de decisiones de mejora de la eficiencia o efectividad total de los equipos o Overall Equipment Effectiveness (OEE) y productividad de la planta de fabricación. Motivo por el cual el investigador inició la misma describiendo la arquitectura de control actual del proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar planta Maracaibo, se comenzó por dividir en etapas el proceso en tres áreas fundamentales



Figura 1. Jerarquía Funcional

Fuente: Empresas Alimentos Polar (2012)

En la figura 1 se esquematizan las tres etapas del proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar planta Maracaibo: Molino, Pastificio y Empaque, las cuales se describen a continuación. El área de Molino se encuentra principalmente conformada por un sistema de recepción de materia prima totalmente controlado por lógica de relé la cual está en proceso de actualización tecnológica, por lo que para efectos de esta investigación no fue contemplado. Seguido de este, dos sistemas para de limpieza y molienda de trigo donde se



trabaja la materia prima principal para ser convertida en harinas y sémolas necesarias para la fabricación de pastas. Posteriormente, una vez la materia prima se encuentra apta para ser utilizada, se procede a transferir el producto a la siguiente etapa.

La siguiente etapa consta de un sistema de almacenamiento y dosificación de sémolas denominada Harinera. Seguido de este se encuentran 3 líneas de producción de pasta larga y 2 líneas de producción de pasta corta. En esta etapa, se transforman las harinas y sémolas provenientes del procesamiento en molino en los formatos de pasta especificados en los planes de producción.

La última etapa del proceso es el área empaque conformada por tres equipos principales por cada línea denominados empaquetadoras, enfardadoras y paletizadores. También se observaron equipos secundarios que son críticos para este, pero no manejan información relevante para efectos de esta investigación, como transportadores de producto, embaladoras, etc. Esta última etapa requiere mayor seguimiento al desempeño del proceso ya que cualquier imprevisto se traduce en pérdida de volumen, lo cual limita el cumplimiento de la planificación de la producción.

Una vez detallado el proceso de manera muy general, enfocado en el objeto de estudio de esta investigación, se procedió a describir a través de los cuadros 1, 2 y 3, como se encuentra conformada actualmente la arquitectura de control en cada una de las etapas del proceso productivo en Alimentos Polar planta Maracaibo, de modo de poder identificar fortalezas, además de las oportunidades de mejora, identificando controlador, HMI-SCADA y Comunicación disponible.

Cuadro 1

Arquitectura de control de molino Durum I, limpia y molino martillo

CONTROLADOR	HMI-SCADA	COMUNICACIÓN
AllenBradley PLC-5/40. AllenBradley PLC-5/40. AllenBradley CompactLogix L29	Intellution Fix32 instalado en Workstation HP bajo Windows XP ubicado en la sala de control del área de Pastificio.	DH+ con controladores de Molino Durum I y limpia de este mismo molino. Serial RS-485 entre controladores de molino martillo y molino Durum I. Red Ethernet I/P Workstation y controlador de Molino Martillo.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Cuadro 2

Arquitectura de control de la línea de producción de pasta #1

CONTROLADOR	HMI-SCADA	COMUNICACIÓN
AllenBradley PLC-5/40.	Tecnomatix FactoryLink instalado en Workstation HP bajo Windows XP ubicado en la sala de control del área de pastificio.	DeviceNETcon periferia descentralizada. DH+ con PLC de harinera y cortadora de línea de pasta 1.Serial RS-485 con sistema supervisorio.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Cuadro 3

Arquitectura de control de empaquetadoras de pasta larga 1a, 1b y 1c

CONTROLADOR	HMI-SCADA	COMUNICACIÓN
AllenBradley ControlLogix L72	PanelView plus 1000 AB ubicado en tablero de fuerza/control del equipo.	Ethernet I/P para enlace entre controlador y HMI.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Para determinar los parámetros y requerimientos para la implementación de un sistema de gestión de planta para el proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar planta Maracaibo. Todo lo referente a la información a la cual se realizó seguimiento del proceso se determinó de acuerdo a las necesidades del mismo, en conjunto con personal de la planta. Asimismo, todas las consideraciones asociadas a la canalización de las comunicaciones, selección de medios físicos y dispositivos se realizaron en base a normas ANSI/ETA/TIA-569, ISO/IEC 11801 y EN 50173, entre otras.

Por lo cual, la red diseñada en la configuración “Estrella/Árbol”, para que el sistema de gestión tenga alta disponibilidad con un mínimo de convergencia y posea un alto rendimiento, este tipo de configuración permite que cada proceso sea aislado y se centralice en un solo punto. Esta distribución viene definida por la norma ISA-95 (ver figura 1); sin embargo para efectos de la investigación, sólo fue considerado el nivel 3, donde se ubica el Sistema de Gestión de Planta.

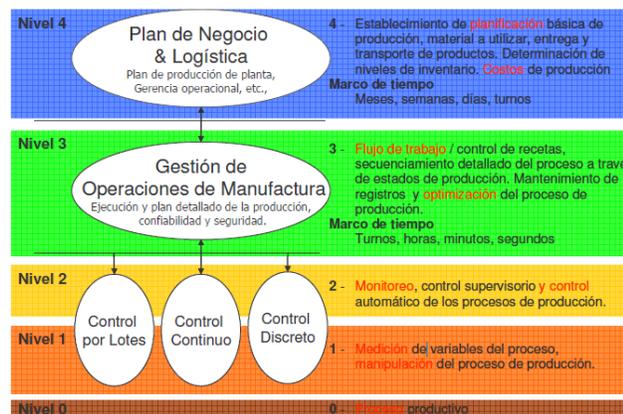


Figura 2. Especificaciones Arquitecturas de Control

Fuente: Norma ISA-S95

Diseño del sistema de gestión de planta para el proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar planta Maracaibo.

A continuación, se detallan los controladores y módulos de comunicación planteados para Arquitecturas de Control, comenzando por las líneas de

producción, considerando el uso de tecnología vigente, los controladores a utilizar en cada equipo el tipo de comunicación así como los accesos que serán considerados; es importante destacar que el sistema de gestión se manejaran a través de una serie de parámetros que serán considerados para su funcionamiento.

Cuadro 4

Selección de equipos para la arquitectura de control pastificio

EQUIPO	CONTROLADOR	COMUNICACIÓN	ACCESO
Línea de Pasta Larga No. 1	ControlLogix 1756-L72 Allen Bradley	Ethernet I/P a través de switch.	Base de Datos / Controlador.
Línea de Pasta Larga No. 2	ControlLogix 1756-L72 Allen Bradley	Ethernet I/P a través de switch	Base de Datos / Controlador.
Línea de Pasta Corta No. 3	ControlLogix 1756-L72 Allen Bradley	Ethernet I/P a través de switch	Base de Datos / Controlador.
Línea de Pasta Corta No. 4	Simatic S7-400 Siemens	Ethernet I/P a través de switch	Base de Datos / Controlador.
Línea de Pasta Larga No. 5	Simatic S7-400 Siemens	Ethernet I/P a través de switch	Base de Datos / Controlador.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Posterior a la selección de los equipos del área de producción, se detallan los equipos del área de empaque, agrupándolos en equipos similares tomando en cuenta que estos manejan la misma información y procesos con las mismas características de cara a la estandarización de la planta. Sobre esta información quedaron documentados todos los parámetros especificados en la investigación para solicitud de nuevos equipos.

Cuadro 5

Selección de equipos para la arquitectura de control empaque

EQUIPO	CONTROLADOR	COMUNICACIÓN	ACCESO
Empaquetadoras 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B, 6A y 6B.	ControlLogix 1756-L72 Allen Bradley.	Módulo Ethernet/IP 1756-EN2TRa través de switch.	Variables del controlador.
Enfardadoras 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 6A y 6B.	MicroLogix 1400 1756-L72 Allen Bradley	InterfaceNet-ENI a través de switch.	Variables del controlador.
Paletizadores Líneas 1, 2, 3,	SIMATIC S7-300 CPU 351-PN/2DP	Ethernet I/P mediate modulo ProSoft MVI56E.	Variables del controlador.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Como se mencionó con anterioridad, la topología propuesta para el sistema de gestión fue la estrella/árbol, esto debido a las bondades operativas de este tipo de configuración, ya que en el momento de alguna falla las demás líneas estarán funcionando hasta que se corrija falla. En el caso de las líneas de producción, el acceso directamente a los registros en la base de datos del sistema, para el caso de los equipos del área de empaque el acceso mediante un servidor OPC y algunos datos que manejados por un PLC de enlace.

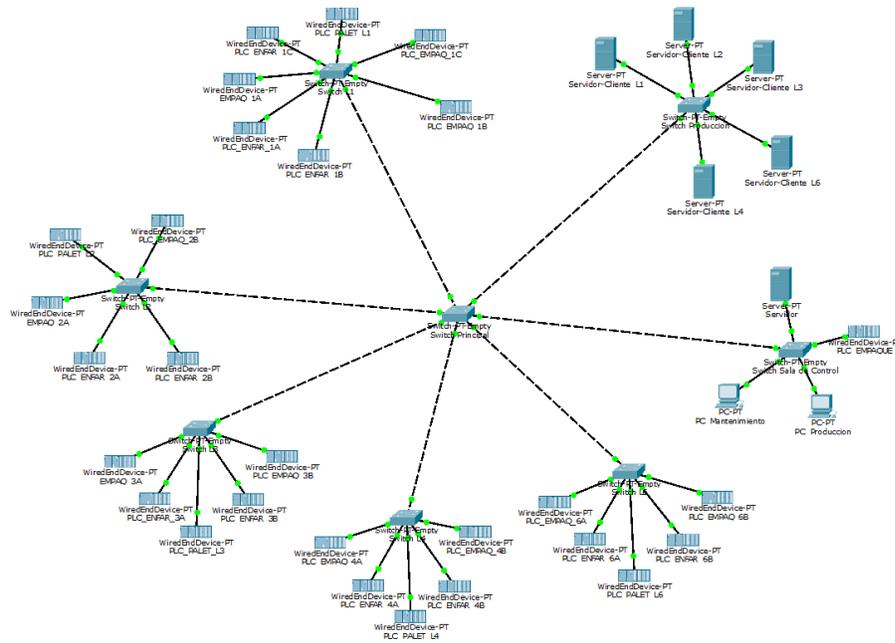


Figura 3. Arquitectura de Red propuesta
Fuente: Elaboración Propia (2016)

Una vez definida la arquitectura de la red de automatización, se procedió a detallar la arquitectura de control, incluyendo la red de control, aunque esta última no forma parte la investigación por lo cual se encuentra a modo de referencia; esto debido a que sólo se enfoca en la obtención de los datos de procesos en una red totalmente aislada de esta para no afectar su funcionamiento, tal como lo establece la norma ISA-S95. De igual forma quedaron disponibles las subredes 204.17.5.160 y 204.17.5.192 para futuros desarrollos.

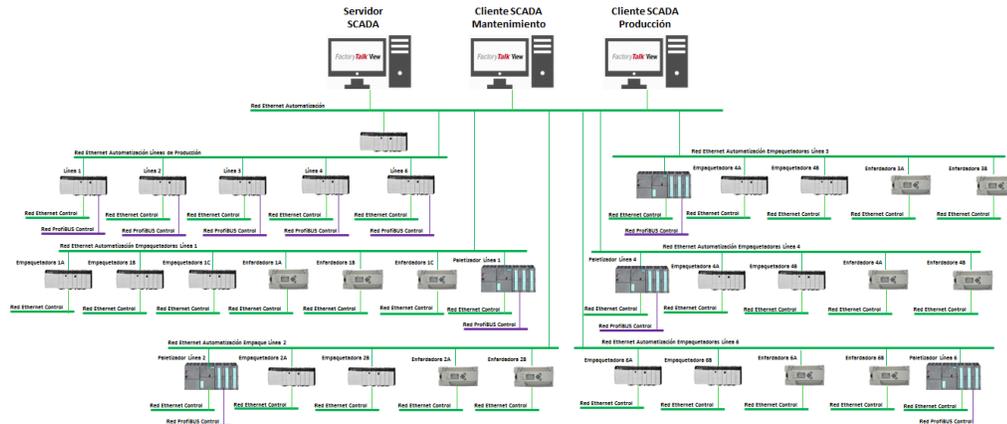


Figura 4. Arquitectura de Control propuesta
Fuente: Elaboración Propia (2016)

Luego de definir la arquitectura de red del sistema de gestión de planta propuesto, se procedió a detallar los equipos activos o mejor conocidos como switches seleccionados para interconectar los equipos incluidos en la propuesta del Sistema de Gestión de Planta para la empresa Alimentos Polar Maracaibo. Es importante destacar que esta selección se hizo basada al soporte que el equipo pueda tener de la arquitectura que será manejada en el equipo. En el cuadro 6 puede observarse la ubicación de instalación y las características de estos. Luego de la selección de equipos, los planos de la planta que se observan en la figura 5 muestran la disposición física final.

Cuadro 6
Características Switch seleccionado

Área	Equipo Seleccionado	Características
Líneas de Producción (Ubicado en tableros)	 1783-MX04E Este equipo dispone de los protocolos mencionados en la fase de parámetros y requerimientos del sistema.	Tensión Alimentación: 2 fuentes 24/48 VCC
Línea 1 Empaque (Ubicado en tableros)		Temp. de operación: -40 °C a 60 °C
Línea 2 Empaque (Ubicado en tableros)		Grado de protección: IP20
Línea 4 Empaque (Ubicado en tableros)		Choque en operación: 20 g
Línea 6 Empaque (Ubicado en tableros)		Vibración: 2 g a 10 – 50 OHz
Equipos del Sistema (Ubicado en tableros)		Puertos: 10 puertos, capa 2 administrados, con capacidad de expansión a 30 puertos.

Fuente: Elaboración Propia (2016)

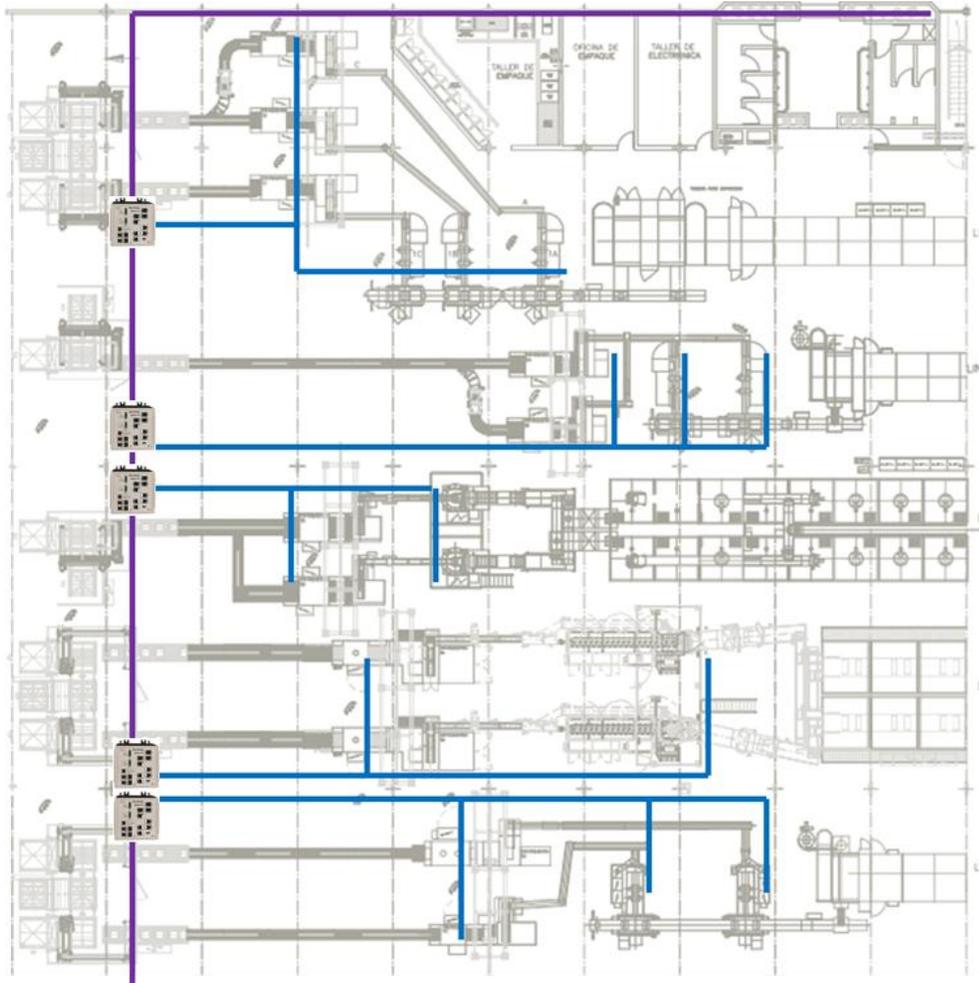


Figura 5. Ruteo general del cableado de comunicación.
Fuente: Elaboración propia (2016)

Referido al desarrollo y diseño de la Interfaz hombre máquina (HMI) del sistema de gestión de planta propuesto, la primera pantalla diseñada, y que se presenta en la figura 6, fue el sinóptico general del empaque, donde se pueden observar todos los equipos que forman parte del área de empaque con la salida de cada línea en paletas producidas en todo momento. La finalidad de esta es darle al supervisor de producción y mantenimiento un acceso rápido a la información de producción del turno e identificar si hay algún equipo que requiera atención de acuerdo a la cantidad indicada.

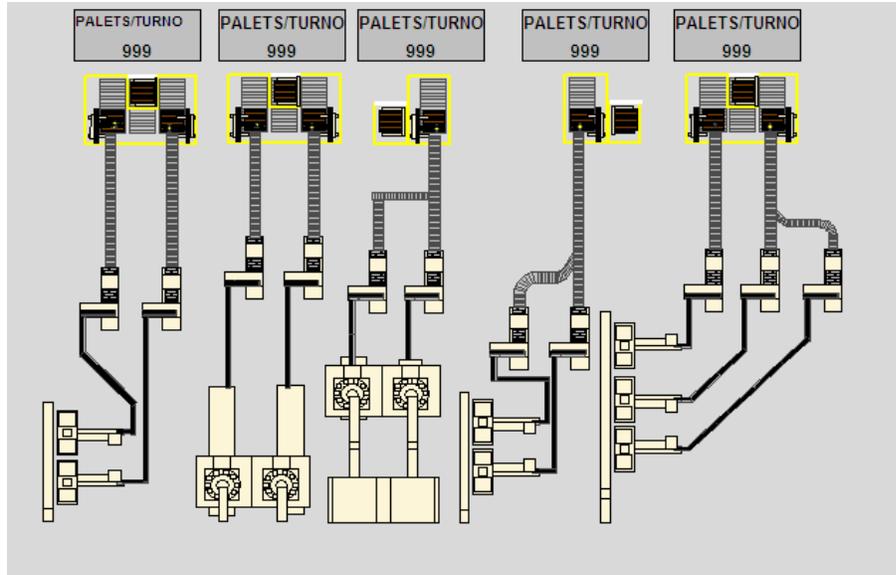


Figura 6. Sinóptico general del área de empaque
Fuente: Elaboración propia (2016)

La siguiente pantalla muestra la cantidad de producto terminado entregado por cada una de las líneas del área de empaque en los tres últimos turnos; cada una en la unidad de producto de salida correspondiente. Las empaquetadoras producen paquetes, las enfardadoras bultos y los paletizadores paletas. En la figura 7 se puede observar de modo gráfico la distribución de la pantalla de resumen de producción por turnos.

	Turno 1 (paq)	Turno 2 (paq)	Turno 3 (paq)		Turno 1 (bult)	Turno 2 (bult)	Turno 3 (bult)		Turno 1 (pal)	Turno 2 (pal)	Turno 3 (pal)
Empaquetadora 1A	999999	999999	999999	Enfardadora 1A	999999	999999	999999	Paletizador 1C	999999	999999	999999
Empaquetadora 1B	999999	999999	999999	Enfardadora 1B	999999	999999	999999	Paletizador 1AB	999999	999999	999999
Empaquetadora 1C	999999	999999	999999	Enfardadora 1C	999999	999999	999999				
Empaquetadora 2A	999999	999999	999999	Enfardadora 2A	999999	999999	999999	Paletizador 2AB	999999	999999	999999
Empaquetadora 2B	999999	999999	999999	Enfardadora 2B	999999	999999	999999				
Empaquetadora 3A	999999	999999	999999	Enfardadora 3A	999999	999999	999999	Paletizador 3AB	999999	999999	999999
Empaquetadora 3B	999999	999999	999999	Enfardadora 3B	999999	999999	999999				
Empaquetadora 4A	999999	999999		Enfardadora 4A	999999	999999		Paletizador 4A	999999	999999	
Empaquetadora 4B	999999	999999		Enfardadora 4B	999999	999999		Paletizador 4B	999999	999999	
Empaquetadora 6A	999999	999999	999999	Enfardadora 6A	999999	999999	999999	Paletizador 6A	999999	999999	999999
Empaquetadora 6B	999999	999999	999999	Enfardadora 6B	999999	999999	999999	Paletizador 6B	999999	999999	999999

Figura 7. Resumen de producción del área de empaque por turnos
Fuente: Elaboración propia (2016)

En la figura 8 se presenta la pantalla donde se muestra el resumen de producción de paletas durante una semana previamente seleccionada por el usuario. Por defecto se muestra la producción de la semana anterior, sin embargo, se puede seleccionar hasta un año de histórico ya que no se considera de importancia un tiempo mayor a este, puesto que las decisiones sobre el proceso se toman a corto plazo.

CANTIDAD DE PALETAS PRODUCIDAS							SEMANA	99
	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB	DOM	
Empaquetadora 1A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 1B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 1C	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 1A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 1B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 1C	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 1C	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 1AB	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 2A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 2B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 2A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 2B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 2AB	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 3A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 3B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 3A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 3B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 3AB	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 4A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 4B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 4A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 4B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 4A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 4B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 6A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Empaquetadora 6B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 6A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Enfardadora 6B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 6A	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	
Paletizador 6B	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	

Figura 8. Resumen de producción del área de empaque por turnos. Fuente: Elaboración propia (2016)

Para todas las líneas del área de empaque fue diseñada una pantalla que puede observarse en la figura 9, donde se muestra en forma gráfica y en escalas representativas para el proceso, de acuerdo a las capacidades nominales de cada equipo, la velocidad de operación actual previamente seleccionada por el usuario; esto permite al personal que hace uso del sistema identificar si un equipo se encuentra por debajo de la velocidad máxima operable.

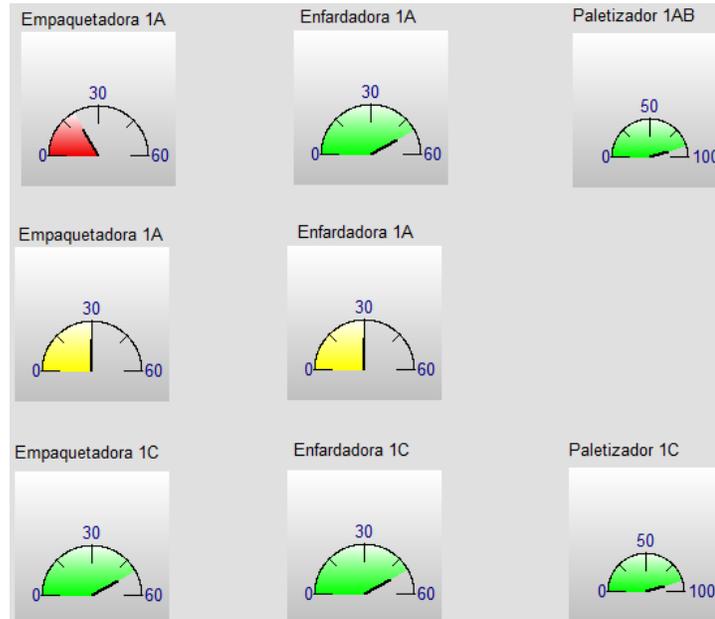


Figura 9: Pantalla de resumen velocidades de operación de las máquinas (E.G. Línea 1). Fuente: Elaboración propia (2016)

De igual forma, debe ser posible observar las variaciones de velocidad de un equipo durante un periodo determinado. Para esto se definió una pantalla que permita la selección de una fecha y hora determinada o que se desea, para evaluar el comportamiento de la velocidad en una estación de trabajo específica. Lo indicado anteriormente puede verse detallado de manera gráfica en la figura 10.

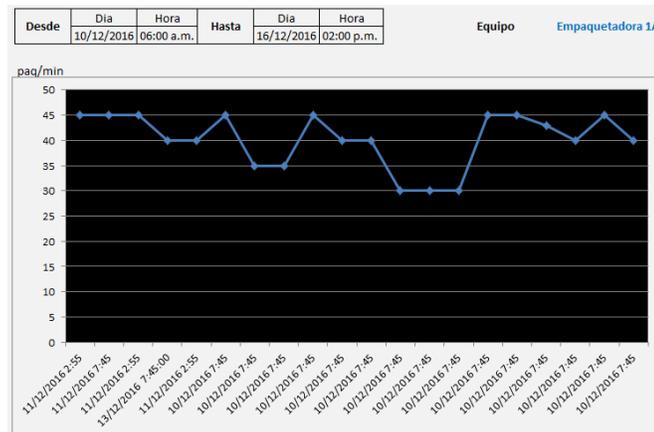


Figura 10 Pantalla variaciones de velocidad de un equipo
Fuente: Elaboración propia (2016)

Así mismo, como se aprecia en la figura 11, se definió una pantalla que muestra la discriminación de los tiempos productivos de un equipo específico y una fecha

seleccionada. Esto para evaluar posteriormente el desempeño del proceso contra lo notificado en el sistema SAP. Para mejor reconocimiento de los tiempos, se identificaron con colores, es decir, en verde operación, rojo paradas, amarillo los tiempos de espera y gris los tiempos de parada operativa.

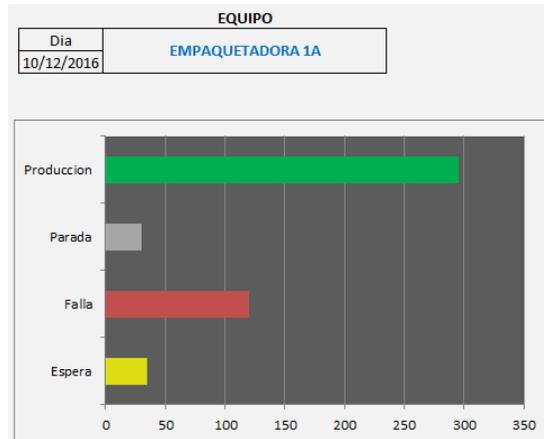


Figura 11. Pantalla discriminación de tiempos en fecha específica. Fuente: Elaboración propia (2016)

Adicionalmente, el sistema de gestión de planta debe contar con una pantalla que permita visualizar el comportamiento de las paradas durante una fecha específica, es decir, tal como se presenta en la figura 12, que muestre una línea de tiempo identificando con los colores descritos anteriormente los periodos en los que la maquina estuvo detenida, por falla o por el operador, así como las fallas y la operación normal de la misma.

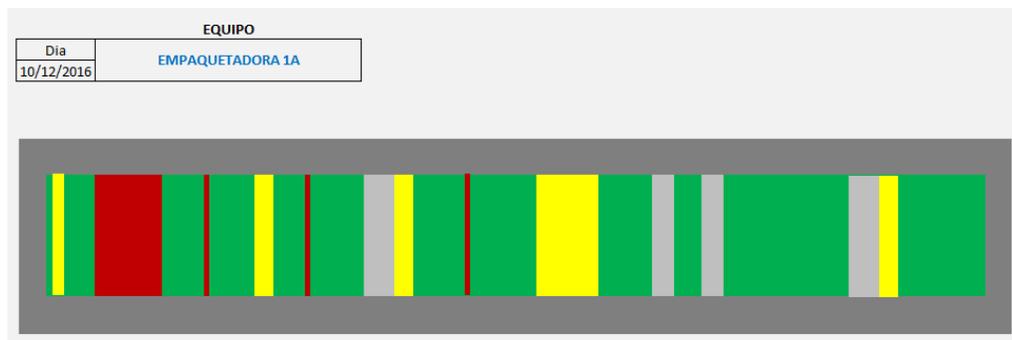


Figura 12. Pantalla línea de tiempos operativos de una maquina específica. Fuente: Elaboración propia (2016)

En lo anteriormente expuesto, se definieron los aspectos considerados por esta investigación para el diseño del sistema de gestión de planta para Alimentos Polar Maracaibo. Durante este proceso fueron detallados las tecnologías, topologías y materiales necesarios para una eventual implementación y finalmente describir las pantallas que conforman el mismo. Con esto se dio por terminada la tercera fase de

la investigación referida al diseño del sistema de gestión de planta propuesto para la empresa Alimentos Polar Maracaibo. Se consideraron los aspectos más importantes resaltados en especificaciones técnicas y normas descritas anteriormente. En este caso no se contempló enlazar el sistema al ERP utilizado por la empresa, ya que para eso se deben tomar en cuenta otros aspectos no considerados en este trabajo.

Fase IV. Validación el sistema de gestión de planta diseñado

En primer lugar, en la figura 13, se muestra el ruteo del cableado en tablero de Empaquetadoras, Enfardadoras y Paletizadores en tuberías independientes de $\frac{3}{4}$ " con 20cm de separación de la tubería de potencia, de acuerdo con lo establecido en la fase de parámetros y requerimientos. En algunos casos, por la distribución actual del tablero y la cantidad de componentes que estos tienen, no fue posible cumplir a cabalidad lo recomendado por las normas mencionadas anteriormente.



Figura 13. Ruteo de tuberías de cableado de comunicación a equipos
Fuente: Elaboración propia (2016)

Como se dijo anteriormente, se escogió el tablero del paletizador de la línea 1 como el lugar indicado para la ubicación del switch ethernet, ya que es el punto central de esta, además de poseer las dimensiones adecuadas para la instalación del mismo sin afectar la ubicación de los componentes actuales, ni el rendimiento de la red. Asimismo, se conectó el PLC del equipo a través de un módulo Ethernet dedicado para el sistema de gestión de planta como se muestra en la figura 14.

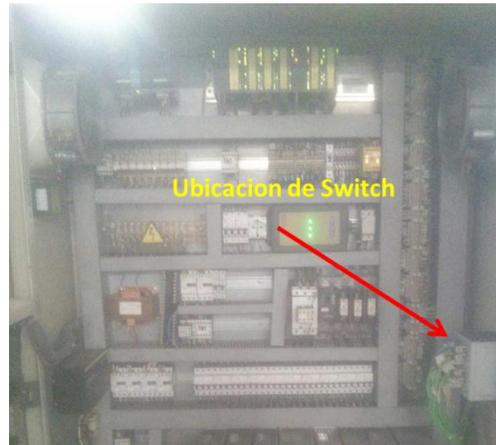


Figura 14. Ubicación del switch en tablero de paletizador de línea 1.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Con respecto a la ubicación del cableado de comunicación en tableros de Enfundadoras, como no existe ninguna acción de control sobre los componentes del equipo se realiza vía ethernet, solo visualización en panel HMI. Por ello, se hizo la conexión del equipo mediante el switch no administrable que esta utiliza; sin embargo, la recomendación para la red de comunicación debe ser mediante un módulo de comunicación dedicado al sistema de gestión de planta. En este caso se realizó de este modo debido a que no se dispone del dispositivo de comunicación adicional.



Figura 15. Ubicación del cableado de comunicación en tableros de Enfundadoras. Fuente: Elaboración propia (2016)

Para el caso de las tres empaquetadoras de la línea 1, se utilizaron módulos ethernet 1756-EN2TR adicionales dedicados a la red del sistema de gestión de planta como puede constarse en la figura 16. Estos cuentan con dos puertos que pueden ser utilizados para una posterior red de automatización con la finalidad de

conectarse a los equipos para realizar modificaciones a los procesos. En este caso fue mas sencillo ubicar el cableado según lo establecido en los parametros y requerimientos, porque se dispone de mayor espacio en el tablero de los equipos.



Figura 16. Ubicación del cableado de comunicación en tableros de empaquetadoras. Fuente: Elaboracion propia (2016)

En cuanto a la adquisición de los datos, las rutas de acceso fueron configuradas a estos utilizando RSLinx Enterprise, incluido en el paquete de software de FactoryTalk View de las tres empaquetadoras, tres enfardadoras y paletizador de la línea de empaque 1. A través de este se pudo validar la comunicación con todos los equipos antes mencionados, de acuerdo al direccionamiento planteado durante el diseño de la propuesta del sistema de gestión de planta. La configuración rutas de acceso a datos de línea de empaque 1 se presenta en la figura 17.

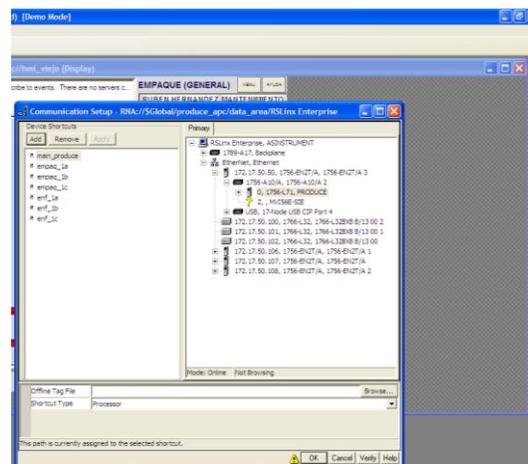


Figura 17 Configuración rutas de acceso a datos de línea de empaque 1
Fuente: Elaboracion propia (2016)

Para la prueba sinóptico de línea de empaque 1, se tomó una sección del sinoptico general diseñado para el área de empaque y se colocó en una pantalla individual para observar los cambios de estado de los equipos durante el proceso productivo en operación normal. Se observa en la figura 18, que desde el momento de presentarse un cambio de estado hasta reflejarse en el sistema el tiempo es inferior a 1 segundo. no hubo manera de medir el tiempo exacto por lo rápido de este, es decir, se logró conseguir la rapidez deseada para considerarse como tiempo real de acuerdo a los requerimientos.

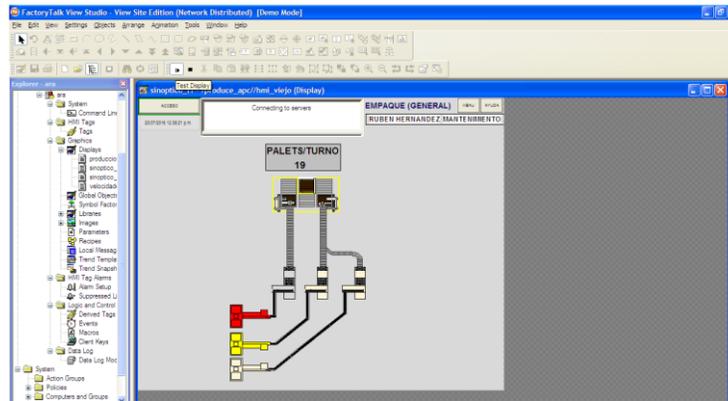


Figura 18 Prueba sinóptico de línea de empaque 1
Fuente: Elaboracion propia (2016)

También se validó la pantalla de seguimiento de velocidad de los equipos observando el mismo comportamiento que el evidenciado en el estado de los equipos. Coos se aprecia en la figura 19, desde el momento de presentarse un cambio de estado hasta reflejarse en el sistema el tiempo es inferior a 1 segundo. Se detectó en el momento que una de las empaquetadoras estaba por debajo de la capacidad operativa.

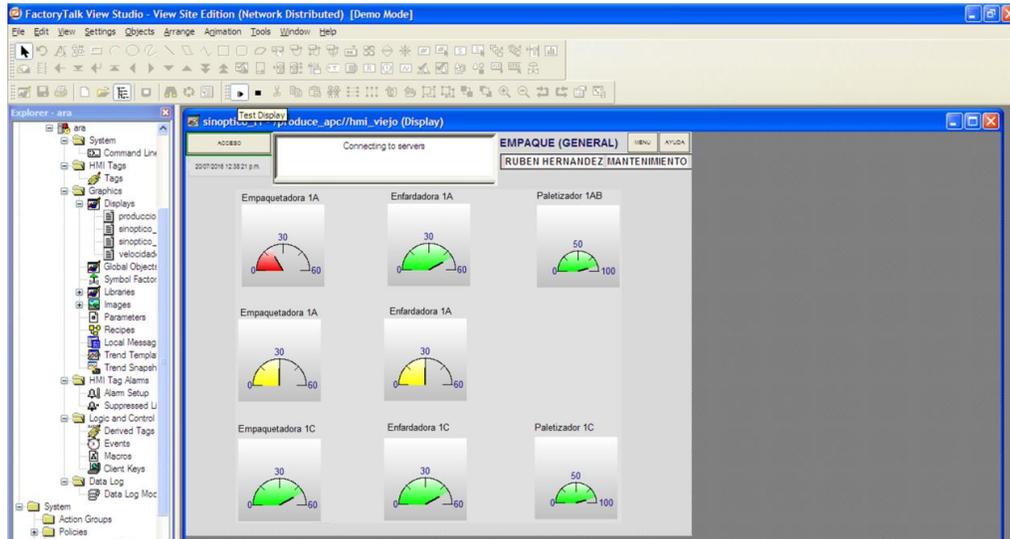


Figura 19. Prueba velocidad de equipos de línea de empaque 1
Fuente: Elaboración propia (2016)

Conclusiones

En cuanto a la descripción de la arquitectura de control actual en el proceso de fabricación de pasta, se pudo observar un universo de equipos obsoletos que requieren actualización tecnológica urgente tanto para aumentar el rendimiento del proceso como para asegurar la continuidad operativa del mismo. De igual forma se pudo conocer que existe un plan a corto plazo para la actualización de los sistemas más críticos.

También se determinó que los aspectos principales que debían ser desarrollados para poder diseñar e implementar el sistema de gestión de planta para el proceso de producción de pasta en la empresa Alimentos Polar Comercial, fueron inicialmente el controlador de cada proceso, la interfaz hombre-máquina, los medios y dispositivos de comunicación. Esta información fue el punto de partida para poder integrar todos los equipos mediante la selección de una red de comunicación efectiva, eficaz y vigente. Esto permitió realizar una correcta selección de equipos, arquitecturas de red y de control.

Cabe destacar, que en la actualidad la tendencia de las redes industriales para interconexión entre equipos productivos es Ethernet Industrial. Esta proyección hacia disponer de comunicación de este tipo en los próximos desarrollos y actualizaciones tecnológicas, fue el motivo que impulsó a desarrollar el sistema de gestión de planta mediante este tipo de redes de comunicación, siempre respetando los aspectos indicados por las especificaciones técnicas de Empresas Polar, que están desarrolladas con base en normas nacionales e internacionales.

En cuanto al diseño de la propuesta del sistema de gestión de planta, haberlo planteado en base a normas nacionales, internacionales y especificaciones técnicas de Empresas Polar, fue garantía de alta confiabilidad, rendimiento y seguridad a la hora de ser implantado, obteniendo así, los resultados a través de las mejores



prácticas evitando la pérdida de la información durante el proceso productivo, así como la sencilla y correcta visualización de la información.

Finalmente, con la validación del sistema se pudo observar que el diseño planteado ofreció un tiempo de respuesta adecuado a las necesidades de un sistema de gestión de planta, permitiendo observar el comportamiento del proceso y que de igual forma, puede almacenar un histórico del comportamiento del mismo para evaluaciones futuras, en caso de ser requeridas. Para efectos de esta investigación, el alcance y disponibilidad de la información era a corto plazo.

Referencias Bibliográficas

Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación*. Venezuela: Editorial Episteme.

AMR Research Inc. (1986). *Sistemas de Gestión Empresarial*. Recuperado de: <https://silo.tips/download/sistemas-de-gestion-empresarial>

Chávez, N. (2007). *Introducción a la investigación educativa*. Venezuela: Grafica González.

Elgueta, R (2007). *Sistemas Redundantes de alta disponibilidad*. *Revista Electroindustria*. Recuperado de: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=725&ni=sistemas-redundantes-de-alta-disponibilidad>

Empresas Alimentos Polar (2012). *Compromiso Social y Desarrollo Sustentable*. Recuperado de: https://empresaspolar.com/pdf/POLAR_4web.pdf

Said, A. (2014) *Manual de Superintendente de Producción Cervecería Polar, C.A. Planta Metalgráfica (Gaveras para bebidas)*. Valencia, Edo Carabobo.

Tamayo y Tamayo, Mario (2006). *El Proceso de la Investigación Científica*. LIMUSA

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A. and Tanchoco, J.M.A. (2011). *Facilities planning*. *International Journal of Production Research*, 49(24):1-2 <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.563164>