

PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE PANELES DE CONTROL PARA
EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE LOS CLIENTES TETRA PAK COLOMBIA

LINA TATIANA GOMEZ GAMBA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C., 2018

PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE PANELES DE CONTROL PARA
EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE LOS CLIENTES TETRA PAK COLOMBIA

LINA TATIANA GOMEZ GAMBA

Proyecto de Trabajo de Grado en la modalidad de Solución a un problema de
Ingeniería para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Directores

Ing. Jesús David Villarreal López

Ing. Oscar Ivan Borda Gomez

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C., 2018

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A mis padres, Elba y Jorge, porque todo lo que soy y he realizado a lo largo de mi vida ha sido con apoyo de ellos. Les agradezco por inculcar en mi la importancia de estudiar y dedicarse a algo que disfruto.

A mi hermana, Luisa, por ser esa persona que siempre estuvo a mi lado y me brindo motivación.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

A Dios, por darme la sabiduría y fuerza en todas las etapas académicas que hasta ahora he cursado.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y personas que hacen parte de ella, por el aprendizaje brindado, que permitieron brindarme un crecimiento a nivel profesional

A Tetra Pak Colombia, gran empresa que me dio la gigante oportunidad de desarrollar mis prácticas profesionales y con estas el desarrollo de este proyecto.

A mi director de tesis, Ing. Jesús Villarreal, por su asesoría y consejos a lo largo del proceso de este proyecto.

A mi co-director de tesis, Ing. Oscar Borda, por el apoyo, paciencia y comprensión durante todo el proceso.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1. GENERALIDADES..... | 3 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| 2. OBJETIVOS..... | 6 |
| 2.1 GENERAL..... | 6 |
| 2.2 ESPECIFICOS..... | 6 |
| 3. MARCO REFERENCIAL..... | 7 |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL..... | 7 |
| 3.1.1 Máquinas de Procesamiento:..... | 7 |
| 3.1.2 Sistemas de Control..... | 10 |
| 3.2 MARCO TEÒRICO..... | 14 |
| 4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PANELES DE CONTROL INSTALADOS EN LAS MÁQUINAS..... | 17 |
| 4.1 PANTALLAS DE CONTROL (HMI)..... | 18 |
| 4.2 IDENTIFICACIÓN INICIAL PLC..... | 28 |
| 5. DIAGNÓSTICO DE PANTALLAS DE CONTROL OBSOLETAS..... | 34 |
| 5.1 DETERMINACIÓN DE ESTADO OBSOLETO..... | 34 |
| 5.2 DESCRIPCIÓN DE REFERENCIAS OBSOLETAS..... | 36 |
| 5.2.1 Rockwell Automation..... | 36 |
| 5.2.2 Siemens..... | 41 |
| 5.2.3 ABB..... | 42 |
| 6. DETERMINACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 43 |
| 6.1 Rockwell Automation..... | 44 |
| 6.2 Siemens..... | 54 |
| 7. FORMULACIÓN DE PROPUESTA PRELIMINAR DE ACTUALIZACIÓN..... | 57 |

| | | |
|--------|--|----|
| 7.1 | EJEMPLO DE APLICACIÓN | 58 |
| 7.1.1 | DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE..... | 59 |
| 7.1.2 | DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO..... | 59 |
| 7.1.3 | ESTADO ACTUAL..... | 59 |
| 7.1.4 | IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PLANTA | 62 |
| 7.1.5 | BENEFICIOS DE LA MIGRACIÓN: | 65 |
| 7.1.6 | COMPONENTES DEL PROCESO | 66 |
| 7.1.7 | LISTADO DE SEÑALES..... | 67 |
| 7.1.8 | REQUERIMIENTOS INICIALES DEL CLIENTE | 70 |
| 7.1.9 | SELECCIÓN DE EQUIPOS..... | 70 |
| 7.1.10 | ACTIVIDADES Y ENTREGABLES AL CLIENTE | 74 |
| 8. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 75 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA | 77 |
| 10. | ANEXOS | 80 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Tetra Therm Lacta | 7 |
| Figura 2. Tetra Alcip..... | 8 |
| Figura 3. Unidad de Recepción- MRU | 9 |
| Figura 4. Arquitectura típica de un PLC | 11 |
| Figura 6. Interfaz actual SattCon OP45 presente en el Tetra Alcip..... | 61 |
| Figura 7. PLC actual SattCon OP45 presente en el Tetra Alcip | 61 |
| Figura 8. Sinergia de las variables a controlar del Tetra Alcip | 63 |
| Figura 9. Diagrama PID Tetra Alcip | 69 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 . Comparación entre protocolos de comunicación | 13 |
| Tabla 2. Equipos Tetra Lacta – Pantallas de Control..... | 19 |
| Tabla 3. Equipos Tetra Alcip- Pantallas de Control..... | 24 |
| Tabla 4. Unidades de Recibo- Pantallas de Control | 27 |
| Tabla 5 . Tetra Therm Lacta- PLC | 29 |
| Tabla 6. Tetra Alcip - PLC..... | 32 |
| Tabla 7. Panel View 600 2711-B6C10 Obsoleta..... | 36 |
| Tabla 8. Panel View 600 2711-B6C20L1 Obsoleta..... | 37 |
| Tabla 9. Panel View Plus 600 2711P-T6C20D Obsoleta | 37 |
| Tabla 10. Panel View Plus 6 700 Terminals Obsoleta | 38 |
| Tabla 11 . PanelView 300 Micro Obsoleta | 39 |
| Tabla 12 . Panel View 600 Obsoleta..... | 39 |
| Tabla 13 . Controlador CompactLogix L32 Seria A Obsoleto | 40 |
| Tabla 14 . Controlador SLC 5/05 Obsoleto | 40 |
| Tabla 15 . Controlador MicroLofix 1500 Obsoleto..... | 41 |
| Tabla 16 . MP177-TP Obsoleto..... | 41 |
| Tabla 17. SattCon OP45 Obsoleto..... | 42 |
| Tabla 18 . Reemplazos PanelView 600 2711-B610..... | 45 |
| Tabla 19. Reemplazos PanelView 600 2711-B6C20L1 | 46 |
| Tabla 20 . Reemplazos PanelView 600 Plus | 47 |
| Tabla 21 . Reemplazo PanelView 6-700 Terminals | 48 |
| Tabla 22. Reemplazos PanelView 300 Micro | 49 |
| Tabla 23 . Reemplazo para PanelView 600..... | 50 |
| Tabla 24 . Reemplazo Controlador CompactLogix L32 Serie A..... | 52 |
| Tabla 25 . Reemplazo SLC 5/05..... | 53 |
| Tabla 26. Reemplazo Micrologix 1500..... | 54 |
| Tabla 27. Reemplazo Siemens MP177..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabla 28. Registros de Paradas Tetra Alcip | 60 |
| Tabla 29. Clasificación de Señales | 68 |
| Tabla 30. Selección de Equipos..... | 71 |

RESUMEN

Tetra Pak es una multinacional sueca que brinda soluciones de procesamiento y envasado para las industrias de alimentos y bebidas, y cuenta con una sede en Colombia, en donde atiende y soporta a más de 50 diferentes empresas. Se identificó la necesidad de realizar un análisis de los equipos de procesamiento comercializados por Tetrapak desde los años 2000 a 2011 que aún se encuentran en operación, debido a que, por la antigüedad de estas máquinas, algunos de los sistemas de control instalados han venido migrando a nuevas tecnologías y se encuentran camino a la obsolescencia, y esto repercute en daños a la producción de los clientes por la desactualización de los módulos de automatización. [1]

El presente trabajo tuvo como objetivo formular una propuesta técnica de actualización de paneles de control para máquinas de proceso de los clientes Tetra Pak Colombia. Para ello se realizó un levantamiento de la base instalada de equipos de procesos de alimentos, se hizo una identificación de los paneles que se encuentran en las máquinas objeto de estudio, posteriormente se efectuó un diagnóstico de los componentes de control que se encuentran en estado obsoleto y con estos resultados, se presenta la formulación de la propuesta técnica de actualización de los paneles de control para las máquinas.

Como resultados, se determinaron las razones principales para la actualización y las alternativas de reemplazo disponibles que Tetra Pak Colombia podría presentar a sus clientes y por último se establecieron los diferentes beneficios de migrar los sistemas de control a las versiones más recientes.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la modalidad práctica universitaria de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Santo Tomas, la cual se realizó en el área de Ventas Técnicas de Procesos de la empresa Tetra Pak Ltda.

Se busca con este proyecto, formular la propuesta técnica para la actualización de paneles de control en máquinas de proceso de los clientes de Tetra Pak Colombia. La migración de los sistemas de control es un camino que se le brinda al cliente para obtener una mejor confiabilidad, eficiencia del equipo y una mayor competitividad dentro del mercado en que se encuentra. [2]

La automatización de procesos ha venido evolucionando rápidamente, por ello, hacer consiente al cliente de cuáles de sus sistemas de control han venido migrando con el paso del tiempo es una de las prioridades para el área de Procesos de Tetra Pak Colombia, ya que se estima que, si las empresas prevén estos inconvenientes conociendo los componentes desactualizados de sus sistemas, podrían evitar los sobrecostos de operación y mantenimiento que generan estas fallas en los sistemas de control. [2]

Este proyecto se limita a brindar una propuesta técnica de actualización únicamente para las máquinas de procesamiento fabricadas en Brasil de clientes para Tetra Pak Colombia. La información brindada y tomada de los clientes es de carácter confidencial y no se presenta en su totalidad en este documento.

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La multinacional Tetra Pak comercializa en Colombia diferentes equipos para procesamiento de alimentos fabricados en Brasil. Estos fueron los evaluados en esta propuesta, debido a que se identificó falta de información técnica y el tiempo prolongado que llevan en la industria sin ser sometidos a una actualización. [1]

Dado a que estos equipos fueron diseñados y fabricados por Tetra Pak Brasil, su documentación técnica y eléctrica no existe o no se encuentra completa dada la antigüedad del módulo y/o debido a lineamientos internos de esta Market Company (Oficina), que indica que no se conservan archivos para equipos previos al año 2010. Por ende, actualmente no se cuenta con información clara al respecto de este grupo de máquinas [1].

A través de boletines o informes técnicos suministrados por los proveedores y/o la casa matriz, se ha identificado que los sistemas de control de estas máquinas se encuentran en estado obsoleto (equipo que no es usado en la actualidad), pues en estos se detallan las referencias que para la fecha de emisión de cada boletín, han entrado en estado de obsolescencia [3].

A razón de esta condición en los sistemas de control, los equipos instalados por los clientes de Tetra Pak originarios del Market Company Brasil, han presentado una serie de inconvenientes de orden técnico: paradas no programadas, error de lógica en el PLC, cambios en las recetas programadas para elaboración de productos alimenticios, entre otros problemas que han sido reportados por los diferentes clientes [4].

Entre los casos reportados con mayor frecuencia por los clientes se encuentran las fallas en el sistema de control en equipos de termización (encargados de elevar la temperatura de un fluido hasta cierto punto para eliminar microorganismos en este). Como ejemplo de ello, se presentó un caso iniciando el año 2018 en el que uno de los clientes de la compañía cuya producción oscila entre los 100.000 y los 120.000 litros diarios de leche, reportó una falla eléctrica en su PLC que generó una pérdida masiva de información almacenada en la memoria (recetas y variables de control), ocasionando fallas en el proceso de termización que alteró las condiciones sensoriales y de calidad del producto [4].

Debido a que el componente implicado en la falla estaba fuera de fabricación por el proveedor de Tetra Pak, fue necesario adoptar una solución temporal (instalación provisional de un PLC disponible en otra planta), tomándose 7 días para su implementación y puesta en marcha del equipo. Sucedido lo anterior, el cliente estimó una pérdida total de producción de aproximadamente 800.000 Lt, generando sobrecostos de operación y mantenimiento, así como desperdicios excesivos de materia prima [4].

Además de presentarse fallas como la descrita anteriormente que afectan la producción total de una línea (en donde la instalación provisional puede tardar hasta 2 meses), se han presentado alteraciones en la calidad de los productos por efectos de la obsolescencia de los elementos que controlan operaciones lógicas entre los distintos componentes pertenecientes a un sistema tales como: válvulas, bombas, instrumentos de medición, entre otros, generando en ellos ordenes erróneas, haciendo que se alteren las características físicas y sensoriales del producto [5]

Con base en los antecedentes presentados, se decidió realizar un análisis de los equipos comercializados en Colombia que aún se encuentran en

operación, con el fin de identificar aquellos que puedan presentar obsolescencia en sus sistemas de control. Lo anterior le permitirá a Tetra Pak aprovechar una oportunidad de negocio, pues se podrá generar y entregar una propuesta técnica de actualización de los equipos a los clientes basada en los resultados encontrados.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Colombia representa uno de los mercados más importantes para Tetra Pak en América Latina debido a su alto índice de consumo de leche por encima de países como Brasil, Perú y Argentina [6], por tal razón, el contar con equipos de procesamiento actualizados, dará un beneficio en términos de producción y calidad para los clientes de Tetra Pak Colombia.

Por otra parte, la repotenciación del sistema de control brindará a los clientes la oportunidad de disminuir el porcentaje de paradas no programadas, lo que contribuye directamente a la reducción de costos operacionales y pérdida de materia prima, aspectos que se encuentran enmarcados dentro de los denominados beneficios que produce la automatización [5].

De igual manera, para el 2020 Tetra Pak tiene proyectado un crecimiento del 12% en sus líneas de automatización y actualización de equipos comercializados, por lo tanto, esta propuesta servirá de base para el cumplimiento de este objetivo y en consecuencia también se logrará el incremento en otras líneas de negocio como lo son: servicio técnico, servicio de expertos y componentes [2].

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Formular una propuesta técnica de actualización de paneles de control para máquinas de proceso de los clientes Tetra Pak Colombia.

2.2 ESPECIFICOS

- Identificar los paneles de control instalados en las diferentes máquinas no suecas de procesamiento por medio de la base de datos de Tetra Pak.
- Diagnosticar por medio de base de datos de Tetra Pak paneles de control obsoletos que requieren actualización.
- Determinar distintas alternativas de actualización para los paneles de control obsoletos identificados.
- Establecer los beneficios de la actualización de cada uno de los paneles de control obsoletos dentro del proceso industrial.

3. MARCO REFERENCIAL

A continuación, se presenta el marco referencial que contiene el marco conceptual con una breve introducción de las funciones que desarrollan las máquinas de procesamiento evaluadas, también se despliega una conceptualización de qué es un panel de control y qué componentes lo conforman.

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Máquinas de Procesamiento:

Las máquinas de procesamiento que serán evaluadas son los equipos de procesamiento fabricados en Brasil. Estos al ser diseñados por Tetra Pak conservan la misma funcionalidad de las siguientes máquinas provenientes de la casa matriz:

- Módulo para pasteurización de leche: Es una unidad de pasteurización de productos lácteos (Tetra Therm Lacta) diseñada para procesos continuos. Sirve para el tratamiento térmico del producto, en donde se eliminan los microorganismos con que viene desde el exterior [1], [2].

Este equipo tiene como variables principales de control y medición la temperatura y flujo del producto. Además del tipo de fluido a tratar. Los componentes generales que son utilizados son válvulas, bombas centrifugas, intercambiadores de calor e instrumentos de medición [2].

Figura 1. Tetra Therm Lacta



Fuente:

http://productexplorer.tetrapak.com/sites/all/files/file/tetra_therm_lacta.pdf

- Módulo de limpieza: Diseñado para limpiar máquinas de envase y de proceso, como tuberías, tanques de almacenamiento, intercambiadores entre otros [1], [2].

Para este equipo, son estrictamente controladas las variables de flujo, temperatura, tiempo y composición de los químicos de limpieza, ya que con estas se mide la garantía de limpieza que da el equipo al cliente, Generalmente estos equipos son compuestos por diferentes tipos de válvulas, instrumentación, bombas dosificadoras y centrifugas [2].

Figura 2. Tetra Alcip



Fuente: <https://www.tetrapak.com/co/processing/cleaning-in-place/tetra-pak-cip-unit-p>

- Unidad de recepción: Es el primer equipo en contacto con el producto, en el caso de la leche, en la planta de procesos. Se encarga de: des-airear, medir, bombear. Situado normalmente en exteriores [1], [2]

Este, como el Tetra Lacta, maneja principalmente las variables de temperatura y de flujo del producto. Debido a que con estas, se controla si el producto es admitido o no para producción. Normalmente estas máquinas son sencillas que cuentan con una sola bomba centrífuga, tanque de almacenamiento y diferentes tipos de válvulas e instrumentación de medición [2].

Figura 3. Unidad de Recepción- MRU

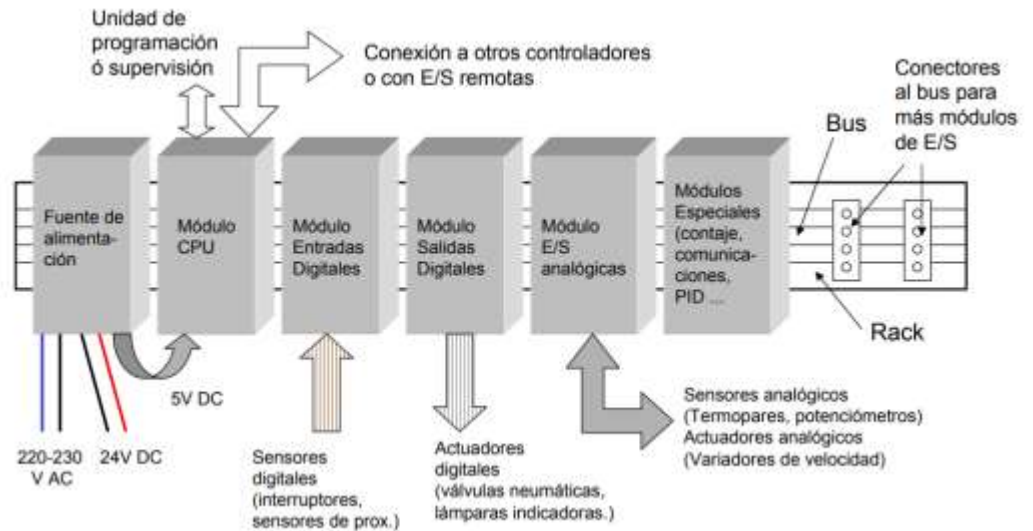


Fuente: <https://www.tetrapak.com/processing/milk-reception-cheese>

3.1.2 Sistemas de Control

- Control: Acción de regulación manual o automática sobre un sistema
 - Sistema automático: Proceso dotado de elementos o dispositivos que se encargan de controlar el funcionamiento de este, de forma que pueda operar en cierta medida de forma autónoma sin intervención humana [7].
 - Panel de Control: Es la unión principal entre las pantallas de control y los sistemas lógicos programables [8].
 - Pantallas de Control: Se define como el interfaz hombre-máquina que permite traducir las señales producidas por el proceso a una representación visual entendible para el operador. Son usualmente desarrollados en software Windows y con comunicación programable a un PLC [9].
 - PLC: Se define como un controlador lógico programable, el cual es un instrumento electrónico que utiliza memoria programable para guardar determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias y cálculos para el control, por medio de módulos de entradas y salidas (I/O) analógicos o digitales [10].

Figura 4. Arquitectura típica de un PLC



Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Como se observa en la figura 4, cuenta con los siguientes componentes:

Batería/Fuente de Alimentación: Es el suministro de potencia que tiene como propósito principal garantizar el voltaje de operación [10]. En Tetra Pak el valor normalmente usado es 24V con corriente directa [8].

CPU: Es la unidad central de procesamiento, el cual permite las operaciones lógicas para realizar diferentes funciones [10].

Memoria: Es el espacio del PLC donde la información se encuentra almacenada y se encuentran los datos del proceso y datos del control. Normalmente se utiliza RAM [10].

Módulos de Entradas y Salidas: Son aquellos que se encargan de coordinar las señales de entrada y de salida con aquellas internas del PLC [10].

- Señales Análogas: Estas usan un voltaje DC y una corriente directa, la cual continuamente va variando entre mayor y menor. Este tipo de señales adoptan más de un estado y tienen como base alguna magnitud física [11].

Usualmente, en este tipo de señales es utilizado el principio 4-20 mA en transmisión de valores como presión y temperatura. Funciona de la siguiente manera: Para un transmisor de presión con un rango de 0-10 bar corresponde una señal de 4 mA para 0 bar y de 10 bar es 20 mA. Cuando se encuentre a una presión diferente al límite la corriente estará variando entre 4-20mA [12].

- Señales Digitales: Son representadas electrónicamente por medio de números binarios (0/1), los cuales representan un ON/OFF. Normalmente a estas son conectados elementos detectores como, switch, pulsadores, interruptores entre otros [11]
- Protocolos de Comunicaciones: La red de comunicación que hace parte de los PLC, donde se encuentran el RS232 el cual es una conexión punto a punto bastante común en dispositivos Windows donde solo existe un receptor y un transmisor por cada línea y su comunicación puede ser usada hasta distancias de 50 ft. El RS422 que utiliza una señal eléctrica diferencial normalmente usada en dispositivos Apple, que usa dos líneas cada una para transmitir y recibir señales y posee hasta 10 dispositivos en que puede ser conectado, posee una distancia más larga que el RS232. Por último, se encuentra el RS485 el cual es una mejora al RS422, ya que se conecta a 32 dispositivos y tiene una longitud de comunicación de hasta 4000 ft. En la siguiente tabla se presenta una comparación entre las especificaciones de cada uno de los tipos de comunicación de un PLC [13]

Tabla 1 . Comparación entre protocolos de comunicación

| Especificaciones | RS-232 | RS-422 | RS-485 |
|--|---------------|---------------|-----------------|
| Modo de Operación | Simple | Diferencial | Diferencial |
| # de Receptores y transmisores en una sola línea | 1 transmisor | 1 transmisor | 32 transmisores |
| | 1 receptor | 10 receptores | 32 receptores |
| Longitud del cable | 50 ft | 4000 ft | 4000 ft |
| Rango máximo de datos | 160 Kbits/s | 10Mbit/s | 10 Mbit/s |
| Fuente: http://www.ni.com/white-paper/11390/es/ | | | |

De igual manera en el caso de algunos proveedores, se encuentran las anteriores son catalogadas como red serial y demás de estas se encuentran los siguientes protocolos de comunicación:

Ethernet es una red de área local diseñada para el intercambio de información a alta velocidad, entre computadoras y dispositivos relacionados. Tiene un ancho de banda de 10 Mbps a 100 Mbps. Tiene la posibilidad de comunicarse entre componentes de distintos proveedores. Utiliza como protocolo TCP/IP [14].

ControlNet es una red veloz abierta usada para transmitir información catalogada crítica, ya que proporciona control y mensajería a tiempo real. Esta combina las capacidades de la red serial y DH+ [14].

DeviceNet es una red abierta de bajo nivel de comunicación que brinda conexiones entre dispositivos simples industriales (sensores y actuadores) y dispositivos de alto nivel (controladores). Permite la operación entre componentes de distintos proveedores, reduce el costo y tiempo de instalación [14].

Data Highway Plus conocida como DH+ es una red de área local diseñada para admitir control remoto de programación. Se puede usar para transferir datos a otro controlador o a computadores de alto nivel [14].

3.2 MARCO TEÓRICO

La automatización industrial inicio en el siglo XVIII con la Revolución Industrial. A partir de este momento, las tareas manuales que se desarrollaban por una persona de principio a fin para la elaboración de una pieza, fueron reemplazadas por grandes máquinas impulsadas mecánicamente o métodos en el que el proceso de producción se dividía en una serie de pequeñas tareas repetitivas y limitadas, que eran realizadas por un trabajador, logrando llegar a ser muy eficiente estos procesos [15].

Con el paso del tiempo, la ciencia logro una gran oleada de avances tecnológicos con el fin de mejorar el tiempo y calidad de producción [15], con ello, se logró la creación de sistemas de control que permiten automatizar y controlar las diferentes tareas y variables dentro de los procesos. [16]

La automatización brinda diferentes ventajas en la industria, entre ellas están las siguientes [17]:

- Aumento de la productividad, logrando un incremento en la cantidad de producto generado por cierto tiempo.
- Reducción de costos, ligados a mano de obra, materiales y desperdicios. Además de la reducción de costos por consumo de energía.
- Mejor calidad del producto
- Estandarización de características del producto.

- Flexibilidad de producción, ya que se puede controlar y manejar los tiempos y variables que requiere el proceso.
- Aumento de la seguridad laboral al realizar tareas que resultan riesgosas para el personal.

Según Daneri, la tecnología de automatización y control en la industria, ayuda a alcanzar altos niveles de productividad, a partir de esto, se incrementa el rendimiento de tareas repetitivas, mayor seguridad a operadores en planta y se garantiza el nivel de calidad dentro de la producción [16].

Para Garcia, la creciente necesidad de incrementar la productividad dentro del proceso industrial, ocasiona que la automatización se convierta en una de las prioridades más urgente de para las empresas de fabricación de diferentes productos [15].

Dados los avances tecnológicos, la vida útil de los equipos de control se ha venido reduciendo con el crecimiento acelerado de nuevos equipos y soluciones industriales. Debido a esto, se comenzó a hablar de la Obsolescencia, el cual es un término que se refiere al ciclo útil de un componente en función del tiempo, donde este desempeña la actividad para la cual se fabricó y con el paso del tiempo pierde calidad y funcionabilidad [18].

La automatización se asegura de mejorar la eficiencia del proceso, incrementando la velocidad de ejecución de tareas, calidad y precisión, además de reducción de riesgos que se tienen si estas fueran manuales. Esto se ve en riesgo cuando se tiene un sistema de control automático obsoleto, ocasionando poca confiabilidad y disponibilidad del equipo [19].

Para Bonilla, la modernización de sistemas automáticos ya sea de equipos o de procesos, año tras año logra una mayor fortaleza, ya que va de la mano con

el progreso y desarrollo industrial de país. Además, de que su importancia radica, en los avances acelerados en la automatización, la nueva tecnología electrónica y el auge de la informática, de igual manera, estos reducen en forma considerable los costos de la producción y benefician directamente la calidad, servicio y competitividad [19].

Por último, según Bonilla, el proceso de modernización requiere un análisis detallado de la producción, el tipo de máquinas empleadas y su mecanismo consumo de potencia y los elementos con obsolescencia dentro de planta [19].

Sintetizando la información brindada anteriormente, conocer cómo funcionan los equipos estudiados, es esencial para una correcta identificación de señales de entrada y salida conectados a este, la importancia dentro de la producción y efectos que causa al estar en un estado inoperativo. A partir de los conceptos dados, se dio el reconocimiento de las especificaciones técnicas importantes para ser evaluadas de cada componente y cómo estas se pueden diferenciar en el rendimiento y uso en planta de estos. De igual manera, con el concepto general que brinda Bonilla, para el proceso de modernización, se desarrolla la propuesta preliminar para la migración de sistemas de control obsoletos.

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PANELES DE CONTROL INSTALADOS EN LAS MÁQUINAS

Los paneles de control son fundamentales dentro de un proceso automático, ya que combinan la visualización (HMI) y el control (PLC) de componentes. Con estos dispositivos, se conoce el estado del equipo, variables y fallas que este pueda sufrir [20]. En una industria que actualmente es altamente competitiva, es importante que estos maximicen la producción, den reducción de costos por pérdidas de tiempo y materia prima y de igual manera, le permitan al operario tener el control y conocimiento necesario para su operación [20].

Por ello, al tener un panel de control que no brinda los beneficios anteriormente nombrados, se tiene un equipo que pone en riesgo el proceso y las personas que intervienen en este, debido a que la función del componente de control no asegura la confiabilidad en el equipo [5].

Conociendo la importancia de los paneles de control dentro de la industria, en este capítulo, se despliega el procedimiento de identificación de estos componentes en las máquinas de procesamiento de los clientes de Tetrapak. Para ello se aplica la metodología usada por Tetra Pak para la identificación de equipos, que se muestra en el Anexo 1.

Inicialmente, por medio de la base de datos de clientes de Tetra Pak se clasifican las máquinas a evaluar, donde el criterio principal para determinar la procedencia o lugar de fabricación de la máquina es el serial del equipo, ya que las fabricadas en la casa matriz y Brasil cuentan códigos alfanuméricos diferentes [1].

Seguidamente, con ayuda de los manuales técnicos del equipo, se encuentran las referencias de los componentes de control que están instalados actualmente en el equipo [1]. En el caso de no tener la información necesaria para la identificación, es

necesario revisar el archivo físico que se tiene en Tetra Pak y como último recurso, se debe realizar la verificación en planta del equipo.

Para dar claridad a la información identificada, se clasificó entre las diferentes referencias de equipos que se encontraron bajo la clasificación de fabricados en el Market Company Brasil (Tetra Therm Lacta, Tetra Alcip y Unidad de Recepción) las pantallas y PLC. Los resultados de la identificación se consolidan en las Tablas 2 a 6, en las cuales se visualizan las especificaciones de cada componente, permitiendo conocer de forma sencilla las características y las diferencias entre estos. A continuación, se detallan los resultados para las pantallas de control y los PLC.

4.1 PANTALLAS DE CONTROL (HMI)

Las pantallas de control identificadas con sus especificaciones técnicas se detallan en las tablas 2, 3 y 4 de acuerdo con la referencia de cada proveedor para su análisis posterior.

Tabla 2. Equipos Tetra Lacta – Pantallas de Control

| Máquina | Serial | Año | Pantalla de Control | | |
|-------------------|---------------|------------|----------------------------|---|---|
| | | | NP | Descripción PIV | Especificaciones Técnicas |
| Tetra Therm Lacta | Quatech | 2008 | 90600-1226 | Operator Interface PanelView Plus 600 Touch 2711P-T6C20D Rockwell Automation | Pantalla Color Táctil 5.7" |
| | | | | | Tamaño de la ranura: 4.86" x 6.15" (123 x 156 mm) |
| | | | | | Resolución 320 x 240 |
| | | | | | Memoria 256 KB |
| | | | | | Comunicación: Ethernet y RS-232 |
| Tetra Therm Lacta | 10018408 | 2011 | 6-3180197781 | Operator panel PanelView 600 w.Ethernet/IP comm. RS-232 printer color touch/keyboard 24VDC Manufacturers ID:2711- B6C20L1 Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla a Color con Teclado y Táctil 6" |
| | | | | | Tamaño de la ranura: 6" x 7.28" (152 x 185 mm) |
| | | | | | Resolución: 320 x 234 |
| | | | | | Memoria 240 KB |
| | | | | | Comunicación: Ethernet |

| | | | | | |
|-------------------|----------|------|--------------|---|---|
| Tetra Therm Lacta | 10027886 | 2007 | 6-3180197781 | Operator panel PanelView 600 w.Ethernet/IP comm. RS-232 printer color touch/keyboard 24VDC Manufacturers ID:2711- B6C20L1 Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla a Color Teclado y Táctil 6" |
| | | | | | Tamaño de la ranura: 6" x 7.28" (152 x 185 mm) |
| | | | | | Resolución: 320 x 234 |
| | | | | | Memoria: 240 KB |
| | | | | | Comunicación: Ethernet |
| Tetra Therm Lacta | 1123 | 2006 | 6-3180192595 | Operator panel PanelView 600 w.DeviceNet comm. RS-232 printer color touch/keyboard Manufacturers ID:2711- B6C10 Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla a Color Teclado y Táctil 5" |
| | | | | | Tamaño ranura: 7.57" x 4.57" (192 mm x 116 mm) |
| | | | | | Resolución 320 x 234 |
| | | | | | Memoria: 240 KB |
| | | | | | Comunicación DeviceNet |

| | | | | | |
|---|----------|------|--------------|---|---|
| Tetra Therm Lacta | 10018409 | 2009 | 90503-1521 | Operator panel Panelview Plus 700 w.Ethernet/IP comm. RS-232 printer 2xUSB color touch/keyboard 24VDC 128MB RAM Manufacturers ID:2711P- B7C4D2 Manufacturer: Rockwell Automation | Pantalla a Color Teclado y Táctil 6.5" |
| | | | | | Tamaño Ranura: 6.57" x 10.39" (167 x 264 mm) |
| | | | | | Resolución: 640 x 480 |
| | | | | | Memoria 512 MB |
| | | | | | Comunicación: Ethernet y RS-232 |
| Tetra Therm Lacta | 10024829 | 2002 | 6-3180197781 | Operator panel PanelView 600 w.Ethernet/IP comm. RS-232 printer color touch/keyboard 24VDC Manufacturers ID:2711- B6C20L1 Manufacturer: Rockwell Automation | Pantalla a Color con Teclado y Táctil 6" |
| | | | | | Tamaño de la ranura: 6" x 7.28" (152 x 185 mm) |
| | | | | | Resolución: 320 x 234 |
| | | | | | Memoria 240 KB |
| | | | | | Comunicación: Ethernet |
| Adaptado de: Rockwell Automation PanelView Manuals | | | | | |

Como se observa en la Tabla 2, para las pantallas de control de los equipos Tetra Lacta se evidencia que el proveedor principal utilizado para el Tetra Therm Lacta es Rockwell Automation debido a su alta capacidad de almacenamiento de información [21], que para estos equipos en especial debe ser superior por las diferentes configuraciones (recetas) que se manejan en planta [2]. De igual manera, en su mayoría, las pantallas presentes cuentan con una interfaz a color ya que de esa manera se diferencian los componentes presentes en el equipo mostrados mediante un diagrama PI&D [21]. Por último, la comunicación del HMI, PLC y periféricos, característica relevante dentro del proceso automático, que se identificó en algunos equipos como DeviceNet y RS-232, comunicación que actualmente no es usada por la llegada del Ethernet, permite concluir que la respuesta que tienen estos equipos a diferentes señales no es igual de confiable, rápida y estandarizada como con la comunicación Ethernet. Lo que conlleva, que en el proceso de producción no se pueda controlar ni manejar eficientemente desde la pantalla de control las acciones requeridas por el equipo [22].

Tabla 3. Equipos Tetra Alcip- Pantallas de Control

| Máquina | Serial | Año | Panel | | |
|----------------|---------------|------------|--------------|--|---|
| | | | NP | Descripción PIV | Especificaciones Técnicas |
| Tetra Alcip | 10021575 | 2009 | 6-3180198327 | Operator panel PanelView 300 micro With RS-232(DH-485) comm. Monochrome keyboard 24V DC Manufacturers ID:2711- M3A18L1 Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla 3" con entrada de teclado. |
| | | | | | Monocromático |
| | | | | | Tamaño de la ranura: 5.23" x 4.38 " (133 x 111 mm) |
| | | | | | Comunicación: RS-232 |
| | | | | | Memoria 240 KB |
| Tetra Alcip | 10019490 | 2006 | 6-3180192594 | Operator panel PanelView 600 w.RIO Manufacturers ID: 2711- B6C1 Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla a Color Teclado y Táctil 5" |
| | | | | | Tamaño ranura: 7.57" x 4.57" (192 x 116 mm) |
| | | | | | Resolución 320 x 234 |
| | | | | | Comunicación: Remote I/O |
| | | | | | Memoria 240 KB |

| | | | | |
|---|---------|------|--------------------|--|
| Tetra Alcip | U937054 | 2000 | Pantalla OP45- ABB | Combinación entre PLC y HMI |
| | | | | Tamaño ranura: 216 mm x 216 mm |
| | | | | Tamaño Pantalla: 60 x 176 mm |
| | | | | Tiempo de respuesta: 1.2 μ s/ instruction (bit) 20 μ s/ instruction (Word) |
| | | | | 16 tareas |
| | | | | Comunicación RS-232 or RS-485 |
| Tetra Alcip | K124336 | 2000 | Pantalla OP45- ABB | Combinación entre PLC y HMI |
| | | | | Tamaño ranura: 216 mm x 216 mm |
| | | | | Tamaño Pantalla: 60 x 176 mm |
| | | | | Tiempo de respuesta: 1.2 μ s/ instruction (bit) 20 μ s/ instruction (Word) |
| | | | | 16 tareas |
| | | | | Comunicación RS-232 o RS-485 |
| Adaptado de: Rockwell Automation PanelView Manuals y ABB Manual SattCon-OP45 | | | | |

En las pantallas de control de los equipos Tetra Alcip se identificaron presentes las máquinas con mayor antigüedad en planta (Ver Tabla 3), por ello sus sistemas de control (Sattcon OP45) funcionan mediante la integración de PLC y pantalla de control en un solo componente (una tecnología que actualmente no es usada en la industria) [23], esto hace que sus programas o componentes internos no puedan ser reemplazados en caso de falla [3]. Lo anterior no permite que se cuente con un sistema esbelto y actualizado, reduciendo la posibilidad de competitividad para los clientes[20]. De igual manera, se puede evidenciar que en algunos estos equipos son utilizadas las pantallas de control de Rockwell Automation, como el PanelView 300 Micro, en esta no es posible visualizar un diagrama PI&D y su pantalla es de un solo color, lo que en la actualidad se considera como un inconveniente por parte de los operarios para el fácil manejo y control de las variables en el equipo [4]. Por último, en las referencias identificadas de Rockwell Automation, se idéntico que el tipo de comunicación usada (RS-232 y Remote I/O) actualmente se encuentran reemplazadas por la comunicación Ethernet que mejora la eficiencia y confiabilidad de recepción y transmisión de señales.

Tabla 4. Unidades de Recibo- Pantallas de Control

| Máquina | Máquina | Año | Pantalla de Control | | |
|--|----------------|------------|----------------------------|--|---------------------------------|
| | | | NP | Descripción PIV | |
| Unidad de Recibo | 32250-0112 | 2009 | 90511-3300 | Operator panel MP177, 6" Touch screen, TP-design 24V DC, Windows CE 5.0 Manufacturers ID:6AV6642-5EA10-0CG0 Manufacturer:Siemens | Pantalla Táctil de 5.7" |
| | | | | | Tamaño Ranura: 197" x 141" |
| | | | | | Resolución 640 x 480 |
| | | | | | Memoria 2 MB |
| | | | | | Comunicación Ethernet y RS- 422 |
| Unidad de Recibo | 32250-0054 | 2005 | 90511-3300 | Operator panel MP177, 6" Touch screen, TP-design 24V DC, Windows CE 5.0 Manufacturers ID:6AV6642-5EA10-0CG0 Manufacturer:Siemens | Pantalla Táctil de 5.7" |
| | | | | | Tamaño Ranura: 197" x 141" |
| | | | | | Resolución 640 x 480 |
| | | | | | Memoria 2 MB |
| | | | | | Comunicación Ethernet y RS- 422 |
| Adaptado de: Siemens Simatic HMI Manual | | | | | |

Para las pantallas de control de las Unidades de Recibo se encontró que la marca Siemens es la única usada en estos equipos (Ver Tabla 4). Este tipo de pantalla permite una mejor experiencia visual para el operario [24], quien tiene que registrar las variables con la que llega el producto externo a la máquina por control de calidad [2]. De igual manera, este equipo al estar situado en el exterior con contacto directo a sol, viento y lluvia, el MP177 tiene clasificación NEMA 4x (sistema de clasificación para equipos expuestos a líquidos, lluvia, hielo, corrosión y contaminantes) que es preciso para componentes que se encuentren en la intemperie [24].

Como se observa en las tablas 2, 3 y 4, la mayoría de los componentes son provenientes de Allen Bradley- Rockwell Automation, lo que se debe al gran uso que se tiene de este proveedor dentro de Tetra Pak y que normalmente los clientes desde su planta manejan [8]. Además de lo anterior, estas compañías que tienen un amplio portafolio de soluciones que pueden ser implementadas en cualquier industria.

4.2 IDENTIFICACIÓN INICIAL PLC

La identificación inicial de PLC se realizó por referencia presentando los controladores lógicos que se encontraron, ya que estos son los elementos principales dentro de este componente. A continuación, en las tablas 5 y 6 se presentan los resultados de esto.

Tabla 5 . Tetra Therm Lacta- PLC

| Máquina | Serial | Año | PLC | | |
|------------------------|---------------|------------|--------------|---|--|
| | | | NP | Descripción | Especificaciones Técnicas |
| Tetra Lacta | Qatech | 2008 | 90459-5260 | Processor L32E/A 1769-L32E Series A Manufacturer: Rockwell Automation | Memoria 750 KB |
| | | | | | Puertos de Comunicación: RS-232 y Ethernet |
| | | | | | Velocidad: Ethernet 10/100 BaseT RS-232 38.4 Kbps max |
| | | | | | Módulo de E/S: 16 |
| | | | | | Peso 0,30 KG |
| | | | | | Bateria: Incluida /Litio |
| | | | | | Tareas admitidas: 6 |
| | | | | | Software: RSLogix 5000 |
| Tetra Lacta | 10018408 | 2010 | 6-3180192558 | Processor SLC 5/05 Manufacturer: Rockwell Automation | Memoria: 32 KB |
| | | | | | Puertos de Comunicación: RS-232 |
| | | | | | Velocidad: RS-232 38.4 Kbps max |
| | | | | | Módulo de E/S: 32 |
| | | | | | Tareas admitidas: 6 |
| Software: RSLogix 5000 | | | | | |

| | | | | | |
|-------------|----------|------|--------------|--|---------------------------------|
| Tetra Lacta | 10027886 | 2007 | 6-3180192558 | Processor SLC 5/05 Manufacturer: Rockwell Automation | Memoria: 32 KB |
| | | | | | Puertos de Comunicación: RS-232 |
| | | | | | Velocidad: RS-232 38.4 Kbps max |
| | | | | | Módulo de E/S: 32 |
| | | | | | Tareas admitidas: 6 |
| | | | | | Software: RSLogix 5000 |
| Tetra Lacta | 10024829 | 2000 | 6-3180192558 | Processor SLC 5/05 Manufacturer: Rockwell Automation | Memoria: 32 KB |
| | | | | | Puertos de Comunicación: RS-232 |
| | | | | | Velocidad: RS-232 38.4 Kbps max |
| | | | | | Módulo de E/S: 32 |
| | | | | | Tareas admitidas: 6 |
| | | | | | Software: RSLogix 5000 |

Adaptado de: Rockwell Automation SLC y Processor L32 Manuals

Los controladores identificados para Tetra Therm Lacta se pueden consultar en la Tabla 5, encontrando particularmente que estos son de la familia de Rockwell Automation al igual que la mayoría de las pantallas identificadas en el apartado 4.1. Esta relación se explica debido a que la pantalla de control instalada debe comunicarse directamente con el PLC, el cual envía señales del proceso sin componentes intermedios de otros proveedores y con el mismo software que maneja la interfaz [2]. De igual manera, se puede ver que todos los controladores identificados se admiten máximo 6 tareas que el equipo puede realizar y guardar. En la actualidad los controladores admiten de 16 a 32 tareas haciendo que el sistema entre a una categoría esbelta [20]. Adicionalmente, se evidencia que en su mayoría cuentan solamente con la comunicación RS-232, que como se había mencionado anteriormente, en la actualidad es una tecnología que no es utilizada. Además de la velocidad de comunicación de datos, la distancia que debe tener el controlador con los sistemas periféricos para evitar errores en la transmisión de datos debe ser relativamente corta a comparación de la red Ethernet que puede llegar a 50 m [22].

Tabla 6. Tetra Alcip - PLC

| Máquina | Serial | Año | PLC | | |
|---|---------------|------------|------------|---|------------------------------------|
| | | | NP | Descripción | Especificaciones Técnicas |
| Tetra Alcip | 10021575 | 2010 | 90510-0912 | Processor MicroLogix 1500 14K RS-232 Manufacturers ID:1764-LRP Manufacturer:Rockwell Automation | Memoria: 14 KB |
| | | | | | Puertos de comunicación: RS-232 |
| | | | | | Velocidad: 19.2 kbps |
| | | | | | Módulo de E/S: 16 E y 12 S |
| | | | | | Software RSLogix 500 |
| Adaptado de: Rockwell Automation Micrologix 1500 Manuals | | | | | |

El controlador usado por Tetra Alcip de acuerdo con la identificación realizada, solamente posee comunicación por medio de RS-232 que en la actualidad se encuentra sustituido por la comunicación Ethernet. Esta última ofrece mayor ventaja en la velocidad de transferencia de señales, que pasa de 19.2 Kbps a 100 Mbit/s que es una mejora de 1000 veces la velocidad que se ofrece con este controlador instalado [25].

Los resultados encontrados en la identificación inicial de PLC permitieron determinar que una gran cantidad de maquinaria que actualmente se encuentran operativas en planta, tienen una antigüedad entre 10 a 18 años de sus componentes de control, algunos de ellos como los SattCon OP45 se encuentran obsoletos, debido a que la tecnología que maneja ya no es usada hoy en día. Debido a esto, en el caso de una parada de emergencia del equipo, el cliente no tendría la disponibilidad de repuestos y reemplazos de estos componentes, por lo tanto, la máquina no podría ser habilitada y afectaría directamente la producción [3], [19].

Por último, el Tetra Alcip con serial 10019490 no se nombró, ya que el cliente realizó un cambio local del PLC sin la asesoría de Tetra Pak según los registros.

5. DIAGNÓSTICO DE PANTALLAS DE CONTROL OBSOLETAS

Con la idea de incrementar la vida útil de los equipos en planta, se han venido desarrollando nuevos componentes de automatización, que reemplazan los procesos manuales a automáticos y que permiten tener mayor control y seguridad. Por ello, el impacto que tiene la obsolescencia en planta no solo está concentrado en la falta de repuestos o reemplazos del componente en caso de falla, también está presente en la falta de competitividad que puede tener la empresa frente a sus adversarios, control de riesgos para la producción y el personal y confiabilidad en el equipo [26]

A partir de esto, se darán a conocer los paneles de control que se encuentran en estado obsoleto para su posterior reemplazo.

Para realizar el diagnóstico de las pantallas de control obsoletas se buscó inicialmente las máquinas provenientes del Market Company Brasil con ayuda de la base de datos de Tetra Pak. Una vez identificadas, se examinó cuáles estaban en estado obsoleto utilizando las diferentes herramientas de la compañía.

Adicionalmente se establecieron los inconvenientes o fallas que los clientes reportaron de este tipo de pantallas de control por medio de la plataforma de Inconvenientes Técnicos de Tetra Pak. Con lo anterior se generó un historial de fallas presentadas por cliente de estos componentes, con el fin de consolidar un histórico que pudiera soportar la propuesta de migración [4].

5.1 DETERMINACIÓN DE ESTADO OBSOLETO

Para determinar el estado obsoleto de los sistemas de control, se realizaron revisiones sistemáticas de los informes técnicos o boletines que brindan los proveedores de las máquinas, los cuales contienen las referencias que

según sus criterios se encuentran en estado obsoleto y deben ser reemplazadas [3].

En el Anexo 2. Se muestra el diagrama de flujo para el diagnóstico de las pantallas de control obsoletas, inicialmente se identificó el ID del proveedor que tiene el componente. Seguidamente, por medio de las herramientas de Tetra Pak y del proveedor se clasificó los que se encuentren en estado obsoleto. A partir de esto, con las referencias identificadas, se verificó la base de Datos de Inconvenientes Técnicos, donde los clientes registran las fallas que se han tenido por componente en su planta. Por último, esta información obtenida se consolidó en las Tablas de 7 a la 17.

Dentro de las principales razones que poseen los proveedores para clasificar los sistemas o componentes como obsoletos, se encuentran la interrupción de su fabricación, no disponibilidad de su venta y la de sus repuestos [3]. Un ejemplo de esto se puede detallar en el Anexo 2 (Carta de Anuncio del status del ciclo de vida para el controlador MicroLogix 1500 Controller)

Por otra parte, los casos más recurrentes de fallas reportadas por los clientes en la página de Inconvenientes Técnicos de Tetra Pak son los siguientes [4]:

- Oscilaciones de variables del proceso como temperatura, presión, flujos entre otros.
- Cambios o pérdidas de programa original del PLC.
- Pérdidas de corriente en los sistemas de control
- Fallas o daños eléctricos.

Con esta información, la compañía y su departamento de ingeniería se encuentra en la responsabilidad de identificar y realizar el soporte necesario para su reemplazo al ser máquinas suministradas por esta [2].

En el siguiente apartado se presenta la descripción de las referencias obsoletas identificadas a través de la metodología expuesta.

5.2 DESCRIPCIÓN DE REFERENCIAS OBSOLETAS

Las referencias obsoletas determinadas, se clasificaron por los proveedores principales de estos componentes que son Allen Bradley- Rockwell Automation, Siemens y ABB- Sattcon OP45 como se mencionó en el apartado 4 del texto. Los proveedores son reconocidos mundialmente por su amplio portafolio de soluciones automáticas que se implementan en diferentes Industrias. Dentro de Tetra Pak son usados debido a la calidad y confiabilidad que estos brindan, además porque le permiten al cliente obtener entrenamientos y descuentos, por otra parte, brindan el soporte de migración y reemplazo para sus componentes.

De igual manera, se mencionan algunas de las fallas que se han registrado por cada referencia en la página de Inconvenientes Técnicos de Tetra Pak:

5.2.1 Rockwell Automation

- Panel View 600 2711-B6C10

Tabla 7. Panel View 600 2711-B6C10 Obsoleta

| Versión | Antiguo |
|--|---------------------------|
| Pantalla | Panel View 600 |
| ID del Proveedor | 2711-B6C10 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192595 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

El componente presentado en la Tabla 7 se encuentra desde el 06/30/2012 discontinuado por Rockwell Automation, y es por ello que actualmente no se fabrican nuevos componentes ni sus repuestos [27]. Según lo observado en los registros técnicos del equipo dados por los clientes, este presenta fallas en sus entradas ya que no son funcionales y el componente produce un reinicio automático sin autorización [4].

- Panel View 600 2711-B6C20L1

Tabla 8. Panel View 600 2711-B6C20L1 Obsoleta

| Versión | Antiguo |
|--|---------------------------|
| Pantalla | PanelView 600 |
| ID del Proveedor | 2711-B6C20L1 |
| ID Tetra Pak | 6-3180197781 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 6" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

El 12/31/2012 Rockwell Automation clasificó este componente como obsoleto [27]. Hoy en día este presenta daños en su entrada táctil que no permite la selección de variables de proceso [4].

- Panel View Plus 2711P-T6C20D

Tabla 9. Panel View Plus 600 2711P-T6C20D Obsoleta

| Versión | Antiguo |
|--|---------------------------|
| Pantalla | PanelView Plus 600 |
| ID del Proveedor | 2711P-T6C20D |
| ID Tetra Pak | 90600-1226 |
| Entrada | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5.7" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

El Panel View Plus 600 fue clasificado por Rockwell Automation el 06/30/2013 bajo el estado obsoleto, por ello hoy en día no es posible la compra de componentes y repuestos para esta referencia [27]. En la actualidad se han registrado errores donde el programa del HMI es eliminado sin previo aviso dejando el equipo en estado inoperativo [4].

- Panel View Plus 6-700 Terminal 2711P-B7C4D2

Tabla 10. Panel View Plus 6 700 Terminals Obsoleta

| Versión | Antiguo |
|--|------------------------------|
| Pantalla | Panel View Plus 6-700 |
| ID del Proveedor | 2711P-B7C4D2 |
| ID Tetra Pak | 90503-1521 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 6.5" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

Desde el 12/31/2012 para este componente no se fabrican remplazos ni repuestos para su mantenimiento [27]. El cliente comenta que uno de los inconvenientes que frecuentemente presenta este dispositivo es que no permite agregar o editar la configuración inicial programada en este, por lo tanto, el equipo no cumple con algunas funciones que la industria necesita [4].

- PanelView 300 Micro 2711-M3A18L1

Tabla 11 . PanelView 300 Micro Obsoleta

| | |
|--|----------------------------|
| Versión | Antiguo |
| Pantalla | PanelView 300 Micro |
| ID del Proveedor | 2711-M3A18L1 |
| ID Tetra Pak | 6-3180198327 |
| Entrada | Teclado |
| Tamaño Pantalla | 3" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

Rockwell Automation desde hace 6 años catalogó este componente como obsoleto [27]. Según los registros comunicados por el cliente, en este constantemente se presentan pérdidas de voltaje, lo que causa principalmente que la configuración programada en el PLC se borre y ocasione que los componentes conectados no funcionen de forma correcta [4].

- PanelView 600 2711-B6C1

Tabla 12 . Panel View 600 Obsoleta

| | |
|--|---------------------------|
| Versión | Antiguo |
| Pantalla | PanelView 600 |
| ID del Proveedor | 2711-B6C1 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192594 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5" |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

El estado del PanelView 600 2711-B6C1 es descontinuado desde la fecha 12/31/2012 [27]. El cliente confirmó ciertas fallas que ocurren en el dispositivo, como la inestabilidad de imagen que se presenta en la interfaz, haciendo que para el operario sea imposible controlar el proceso de la máquina [4].

- Controlador Compact Logix L32/A

Tabla 13 . Controlador CompactLogix L32 Serie A Obsoleto

| Versión | Antiguo |
|--|---|
| Controladores | Controlador CompactLogix L32 Serie A |
| ID del Proveedor | 1769-L32E |
| ID Tetra Pak | 90459-5260 |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

La falla que frecuentemente registran los clientes por parte del CompactLogix L32 es la modificación de variables del proceso sin una configuración previa, esto hace que el producto final se vea alterado [4]. Este componente desde el 12/06/2012 se catalogó en estado obsoleto [27].

- Controlador SLC 5/05

Tabla 14 . Controlador SLC 5/05 Obsoleto

| Versión | Antiguo |
|--|-----------------------------|
| Controladores | Controlador SLC 5/05 |
| ID del Proveedor | 1747-L552 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192558 |
| Adaptado de: Lifecycle Status – Rockwell Automation | |

Este componente en la actualidad se encuentra catalogado en el estado maduro por Rockwell Automation, esto quiere decir que aún se encuentran en el mercado sus repuestos, pero no su reemplazo total, al no ser recomendado para nuevos diseños [27]. Los clientes indicaron fallas en la comunicación de instrucciones con los componentes conectados, causando inconvenientes en el proceso [4].

- Controlador Micrologix 1500 1764-

Tabla 15 . Controlador MicroLofix 1500 Obsoleto

| Versión | Antiguo |
|--|--|
| Controladores | Controlador Micrologix 1500 1764- |
| ID del Proveedor | 1764-28BXB |
| ID Tetra Pak | 5945770-9367 |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | |

El Controlador Micrologix 1500 1764 entró a la categoría descontinuado desde el 2017 [27], y a pesar de que es una fecha reciente desde esta catalogación, se han venido registrado fallas en la eliminación de recetas y componentes atados al proceso [4].

5.2.2 Siemens

- MP177-TP

Tabla 16 . MP177-TP Obsoleto

| Versión | Antiguo |
|---|--------------------------------|
| Pantalla | Panel Operator MP177/TP |
| ID del Proveedor | 6AV6642-5EA10-0CG0 |
| ID Tetra Pak | 90511-3300 |
| Entrada | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5.7" |
| Adaptado de: Migration User Manual Simatic HMI Siemens | |

Para este elemento desde hace 6 años no se fabrican nuevos componentes y repuestos [28]. De igual manera, se tienen registro de reinicio automático y daños en el interfaz del operario que no pueden ser solucionados por falta de materiales para su mantenimiento [4].

5.2.3 ABB

- Sattcon OP45

Tabla 17. SattCon OP45 Obsoleto

| <i>Versión</i> | <i>Antiguo</i> |
|---|----------------------------|
| <i>Pantalla</i> | <i>SattCon OP45</i> |
| <i>ID del Proveedor</i> | NA |
| <i>ID Tetra Pak</i> | NA |
| <i>Entrada</i> | Teclado |
| <i>Tamaño Pantalla</i> | 60 x 176 mm |
| <i>Adaptado de: Lifecycle Annoucement- ABB</i> | |

El componente ABB- Sattcon OP45 no permite cambiar o actualizar el programa original, por lo tanto, no se pueden añadir o eliminar componentes al sistema. De igual manera, su software constantemente presenta fallas y debe ser reinstalado por personal capacitado. Por último, los pulsadores para selección de elementos se encuentran dañados y su pantalla no permite la visualización correcta de las variables del proceso [3], [4].

El diagnóstico realizado en las pantallas presentó como resultados principales que, en los componentes analizados, ocurren recurrentemente fallas eléctricas, de control y visuales ocasionadas por el tiempo prolongado que tienen en la industria (algunos de estos tienen más de 5 años de obsolescencia). Adicionalmente se hallaron reportes de inconvenientes técnicos causados por agregar más dispositivos dentro del equipo o recetas en el PLC [4].

Los registros de inconvenientes enviados por parte de los clientes permitieron validar que el estado de obsolescencia ha repercutido en la cantidad de fallas presentadas en la industria.

6. DETERMINACIÓN DE ALTERNATIVAS

La verificación preliminar de alternativas se hace por medio de los informes técnicos y boletines que brindan los proveedores con las referencias de cambio para cada uno de los componentes ya obsoletos. En el Anexo 2 se puede observar un boletín del proveedor Allen-Bradley como ejemplo del anuncio del estatus del ciclo de vida de un controlador, en donde se notifica su estado de obsolescencia.

En esta parte del documento, se expondrá por proveedor las recomendaciones que brinda la marca como reemplazo, las mejoras presentadas y su comparación con la competencia.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que no se evalúan más proveedores, debido a que por cuestiones de conectividad, cableado, comunicación y software de los proveedores implicaría costos y procesos extras para su cambio con otras marcas. Adicionalmente, Allan Bradley y Siemens son los proveedores principales para equipos de Tetra Pak por su calidad y reconocimiento dentro de la industria, por ello los clientes cuentan únicamente con estas marcas para sus sistemas de control [2], [8].

Por lo anterior, si se realiza una migración como la propuesta, debe ser por la misma familia o marca, por cuestiones de compatibilidad en el software, cableado, señales, etc [8].




6.1 Rockwell Automation

Según lo visto previamente, Rockwell Automation posee la mayor cantidad de componentes presentes en estas máquinas, por ello para estos, se mostrarán los reemplazos recomendados, que se obtuvieron por medio de las siguientes herramientas:

- Guías de Migración por cada referencia (CompactLogix, PanelView, SLC, entre otros) creadas por Rockwell Automation y Siemens [28], [29], [30], [31].
- Herramienta Online de Rockwell Automation *Product Lifecycle Status* [27].




A partir de las especificaciones técnicas presentadas por cada reemplazo, se determinan las mejoras obtenidas con la actualización de este componente.

Tabla 18 . Reemplazos PanelView 600 2711-B610

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|---|--|---|
| Pantalla | Panel View 600 | PanelView Plus 700 | TP700 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711-B6C10 | 2711P-T6C21D8S | 6AV2124-0GC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192595 | 90522-3697 | 90517-5052 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5" | 5.7" | 7" |
| Tamaño Ranura | 7.57" x 4.57" (192 mm x 116 mm) | 4.86" x 6.15" (123 mm x 156 mm) | 214 mm x 158 mm |
| Resolución | 320 x 234 | 480 x 272 | 800 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | DeviceNet | Ethernet | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | AC y DC |
| Memoria | 240 KB | 512 MB | 12 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | | | |




Para el caso del PanelView 600 (Ver Tabla 18) se hace un cambio en el tipo de entrada para ambas opciones, una mejora en la resolución y tamaño del componente. Por otra parte, si uno de los requerimientos del cliente es obtener mayor capacidad de almacenamiento para recetas o programas, la mejor opción es el PanelView Plus 700, debido a que tiene aproximadamente 43 veces más memoria que el TP700 Comfort [29]. Este último funcionaría en el caso de desear mejora en la imagen del proceso ya que posee el doble de resolución y mayor tamaño que la opción Rockwell [28].

Tabla 19. Reemplazos PanelView 600 2711-B6C20L1

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|---|--|---|
| Pantalla | PanelView 600 | PanelView 700 | KP700 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711-B6C20L1 | 2711P-B7C4D8 | 6AV2124-1GC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 6-3180197781 | 90516-3279 | 90520-9409 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 6" | 6.5" | 7" |
| Tamaño Ranura | 6" x 7.28" (152 x 185 mm) | 6.08" x 8.67" (154 x 220 mm) | 308 mm x 204 mm |
| Resolución | 320 x 234 | 480 x 272 | 800 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | Ethernet/IP | Ethernet/IP | Ethernet |
| Voltaje | DC y AC | DC | AC y DC |
| Memoria | 240 KB | 512 MB | 12 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | | | |




En la Tabla.19 se identifican las opciones de reemplazo para otra referencia PanelView 600, en este caso las mejoras presentadas es el tamaño, resolución y memoria del HMI [29]. Para la alternativa Siemens, se conserva el tipo de entrada, la cual funciona para que el cliente maneje de diferentes maneras el proceso y de forma más simple, ya que se pueden guardar opciones predeterminadas por cada pulsador [28]. Nuevamente se tiene que la mejor opción para mayor almacenamiento es el Panel View 700.

Tabla 20 . Reemplazos PanelView 600 Plus

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|---|--|---|
| Pantalla | PanelView Plus 600 | PanelView Plus 700 | TP700 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711P-T6C20D | 2711P-T6C21D8S | 6AV2124-0GC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 90600-1226 | 90522-3697 | 90517-5052 |
| Entrada | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5.7" | 5.7" | 7" |
| Tamaño Ranura | 4.86" x 6.15" (123 x 156 mm) | 4.86" x 6.15" (123 x 156 mm) | 214 mm x 158 mm |
| Resolución | 320 x 240 | 480 x 272 | 800 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | Ethernet y RS-232 | Ethernet | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | AC y DC |
| Memoria | 256 KB | 512 MB | 12 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | | | |

Se evidencia en la Tabla 20 los reemplazos propuestos por ambas marcas, donde las mejoras presentadas están en la resolución y memoria del componente. Se puede notar de igual manera que la mayor diferencia entre las alternativas, aparte de la memoria, radica en el tamaño de la ranura, haciendo que en el caso de no desear adecuaciones físicas, sea mejor opción el PanelView Plus 700 [29].

Tabla 21 . Reemplazo PanelView 6-700 Terminals

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|---|--|---|
| Pantalla | Panel View Plus 6-700 | PanelView Plus 700 | TP900 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711P-B7C4D2 | 2711P-B7C4D8 | 6AV2124-0JC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 90503-1521 | 90502-9275 | NA |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 6.5" | 6.5" | 9" |
| Tamaño Ranura | 6.57" x 10.39" (167 x 264 mm) | 5.61" x 9.50" (142 x 241 mm) | 274 mm x 190 mm |
| Resolución | 640 x 480 | 640 x 480 | 800 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | Ethernet y RS-232 | Ethernet y RS-232 | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | AC y DC |
| Memoria | 512 MB | 512 MB | 12 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | | | |




Los reemplazos propuestos en la Tabla 21 para el PanelView Plus 6 de 700 terminales, modifican el tipo de entrada presente en el componente actual. Aunque en la alternativa Rockwell no se evidencia cambios notables aparte del tamaño del HMI, posee la ventaja de la conservación del tamaño de la memoria en comparación al TP900 Comfort de Siemens [32]. Para este último no solamente se presentaría esta alteración, sino además las adecuaciones físicas necesarias para su instalación [28].

Tabla 22. Reemplazos PanelView 300 Micro

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|---|--|---|
| Pantalla | PanelView 300 Micro | PanelView Plus 7 Estándar | KPT400 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711-M3A18L1 | 2711P-T4W21D8S | 6AV2124-2DC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 6-3180198327 | 90522-2782 | NA |
| Entrada | Teclado | Táctil | Teclado y Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 3" | 4.3" | 4.3" |
| Tamaño Ranura | 5.23" x 4.38 " (133 x 111 mm) | 3.62" x 4.61" (92 x 117 mm) | 123 mm x 93 mm |
| Resolución | 128 x 64 | 480 x 272 | 480 x 272 |
| Tipo | Monocromático | Color | Color |
| Comunicación | RS-232 | Ethernet | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | AC Y DC |
| Memoria | 240 KB | 512 MB | 4 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation | | | |

Para el PanelView 300 micro presentado en la Tabla 22, se encontraron cambios en el tamaño del componente y una mejora notable en su resolución y memoria. Con ambas alternativas el cliente deberá realizar una modificación física en el panel, sin embargo, si este desea obtener la misma característica del tipo de entrada, la mejor opción sería el KPT 400 Comfort de Siemens [28], teniendo en cuenta que la memoria de este es menor que el del PanelView Plus 7 [29].

Tabla 23 . Reemplazo para PanelView 600

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell 1. | Reemplazo Siemens |
|-------------------------|---|--|---|
| Pantalla | PanelView 600 | PanelView Plus 700 | TP700 Comfort |
| ID del Proveedor | 2711-B6C1 | 2711P-T7C21D8S | 6AV2124-0GC01-0AX0 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192594 | 90521-6329 | 90517-5052 |
| Entrada | Teclado y Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5" | 6.5" | 7" |
| Tamaño Ranura | 7.57" x 4.57" (192 x 116 mm) | 5.59" x 7.24" (142 x 184 mm) | 214 mm x 158 mm |
| Resolución | 320 x 234 | 640 x 480 | 800 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | Remote I/O | Ethernet | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | AC y DC |
| Memoria | 240 KB | 512 MB | 12 MB |
| Imagen |  |  |  |

Adaptado de: Migration Manual PanelView Rockwell Automation

Por último, para el Panel View 600 presente en la Tabla 23, se tienen nuevamente como alternativas el PanelView Plus 700 y el TP700 Comfort, ya que ambos presentan cambios en el tipo de entrada y más importante en el tipo de comunicación usada por el componente actual, la cual se encuentra descontinuada. Nuevamente como la mejor opción de obtener mayor capacidad de almacenamiento se tiene el PanelView Plus 700, sin embargo, este no posee las capacidades visuales que se obtiene con la alternativa Siemens [29].

De igual manera, se identificaron los reemplazos que se deben hacer para los PLC con referencia Rockwell Automation, que incluye el reemplazo de ambos proveedores y sus características técnicas.

En la Tabla 24 se expone las opciones de reemplazo del Controlador Compact Logix L32- Serie A, en las cuales se conserva el tipo de comunicación Ethernet que actualmente es la empleada en la mayoría de las industrias [33]. Para ambas alternativas, se observa la misma mejora en la cantidad de tareas soportadas, de 6 a 32 [34], [35] [36].

En el caso de que el cliente desee una opción veloz de accionamiento de estas tareas, hay que tener en cuenta que el Controlador CompactLogix 5370 posee un tiempo de accionamiento de estas de 100 μ s min y 8 ms máx [34]. Sin embargo, el Simatic S7/1500 tiene 60 ns para la acción, por lo que hace que sea más rápido en cuanto eficiencia del proceso [36].

Tabla 24 . Reemplazo Controlador CompactLogix L32 Serie A

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| Controladores | Controlador CompactLogix L32 Serie A | Controlador CompactLogix 5370 | Simatic S7/1500 |
| ID del Proveedor | 1769-L32E | 1769-L24ER-QB1B | 6ES7511-1AK00-0AB0 |
| ID Tetra Pak | 90459-5260 | NA | NA |
| Memoria | 750 KB | 750 KB | 1 MB |
| Puertos de Comunicación | Ethernet y RS-232 | Ethernet | PROFINET (Ethernet) |
| Velocidad | Ethernet 10/100 BaseT RS-232 38.4 Kbps max | Ethernet 10/100 BaseT (100 Mbit/s) | 100 Mbps |
| # Módulos E/S | 16 | 16 | 20 |
| Peso | 0,30 Kg | - | 0,43 kg |
| Tareas | 6 | 32 | 32 |
| Software | RSLogix 5000 | RSLogix 5000/ RSLinx Classic | STEP 7 |
| Adaptado de: Migration Manual CompactLogix L32 Rockwell Automation | | | |

Para el Controlador SLC 5/05, se encontraron 3 opciones de reemplazo expuestas en la Tabla 25, dos de las cuales son de la marca Rockwell Automation, donde la diferencia principal entre ambas es la capacidad de almacenamiento que se maneja [34]. Por otra parte, la alternativa Siemens no presenta mejoras notables en comparación con los demás equipos [37], por lo tanto no representa la mejor opción de actualización.

Tabla 25 . Reemplazo SLC 5/05

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell 1. | Reemplazo Rockwell 2. | Reemplazo Siemens |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Controladores | Controlador SLC 5/05 | Controlador CompactLogix 5370 | Controlador CompactLogix 5380 | SIMATIC S7-1200 |
| ID del Proveedor | 1747-L552 | 1769-L24ER-QB1B | 5069-L306ER | 6ES7217-1AG40-0XB0 |
| ID Tetra Pak | 6-3180192558 | NA | 90526-1126 | NA |
| Puertos de Comunicación | Ethernet y RS-232 | Ethernet | Ethernet | PROFINET (Ethernet) |
| Velocidad | Ethernet 10/100 BaseT RS-232 38.4 Kbps max | Ethernet 10/100 BaseT (100 Mbit/s) | Ethernet 10/100 BaseT (100 Mbit/s) | 100 Mbps |
| # Módulos E/S | 32 | 32 | 32 | 28 |
| Memoria | 32 KB | 750 KB | 0.6 MB | 125 KB |
| Tareas | 6 | 32 | 32 | 16 |
| Software | RSLogix 5000 | RSLogix 5000/ RSLinx Classic | RSLogix 5000/ RSLinx Classic | STEP 7 |
| Adaptado de: Migration Manual SLC Rockwell Automation | | | | |

En la Tabla 26 se evidencia las opciones de reemplazo para el controlador MicroLogix 1500, en donde se presentan cambios en el tipo de comunicación y para el caso de la alternativa Siemens una mejora notable en la memoria presente en el componente [25]. Además de esta característica el Simatic S7 tiene una reacción de accionamiento de 0.08 ns [37], mientras que el Controlador MicroLogix 1400 posee un tiempo de 0.1 ms, haciendo que este sea no sea la mejor opción en comparación con el equipo Siemens para enviar órdenes a los componentes conectados [38].

Tabla 26. Reemplazo Micrologix 1500

| Versión | Antiguo | Reemplazo Rockwell | Reemplazo Siemens |
|--|--|---|--------------------------|
| Controladores | Controlador Micrologix 1500 1764- | Controlador MicroLogix 1400 | SIMATIC S7-1200 |
| ID del Proveedor | 1764-28BXB | 1766-L32BXBA | 6ES7214-1AG40-0XB0 |
| ID Tetra Pak | 5945770-9367 | 90518-8307 | NA |
| Memoria | Con procesador 1764-LRP 10 KB | 10 KB | 100 KB |
| Puertos de Comunicación | RS-232 | Ethernet y RS-232 | Ethernet |
| Velocidad | 19.2 kbps/s | Ethernet 10/100 BaseT RS-232 38.4 Kbps max | 100 Mbps |
| # Módulos E/S | 16 | 32 | 24 |
| Software | RSLogix 500 | RSLogix 500 | STEP 7 |
| Adaptado de: Migration Manual Micrologix 1500 Rockwell Automation | | | |

6.2 Siemens

La única referencia para este proveedor que se encontró en estado obsoleto es presentada tabla 27. Como en los anteriores casos, se brindará la opción de reemplazo de Siemens y de Rockwell.

Tabla 27. Reemplazo Siemens MP177

| Versión | Antiguo | Reemplazo Siemens | Reemplazo Rockwell |
|---|--|---|--|
| Pantalla | Panel Operator MP177/TP | TP700 Confort | PanelView Plus 700 |
| ID del Proveedor | 6AV6642-5EA10-0CG0 | 6AV2124-0GC01-0AX0 | 2711P-T7C21D8S |
| ID Tetra Pak | 90511-3300 | 90517-5052 | 90521-6329 |
| Entrada | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil | Pantalla Táctil |
| Tamaño Pantalla | 5.7" | 7" | 6.5" |
| Tamaño Ranura | 197 mm x 141 mm | 197 mm x 141 mm | 5.59" x 7.24" (142 x 184 mm) |
| Resolución | 640 x 480 | 800 x 480 | 640 x 480 |
| Tipo | Color | Color | Color |
| Comunicación | Ethernet y RS-422 | Ethernet | Ethernet |
| Voltaje | DC | DC | DC |
| Memoria | 2 MB | 12 MB | 512 MB |
| Imagen |  |  |  |
| Adaptado de: Migration User Manual Simatic HMI Siemens | | | |

Para el caso del HMI MP177 de Siemens, se identificaron alternativas con una mayor capacidad de almacenamiento. De igual manera, el TP700 ofrece mejoras en la resolución y tamaño del HMI, haciendo que sea una buena opción en el caso de mejorar la experiencia visual para el operario sin la necesidad de cambios físicos en el panel [28]. Por otro lado, si el cliente desea obtener una mayor memoria, es evidente que con el PanelView Plus 700 la conseguirá [32].

Los resultados obtenidos frente a la determinación de alternativas, demostró que el reemplazo del componente adecuado depende de la necesidad del cliente, ya que se identificaron mejoras en la memoria y demás características, así como en la

experiencia visual y cambios físicos que los diferentes componentes pueden brindar.

Por otra parte, en el caso de que se aplique la migración entre proveedores, hay que tener en cuenta los cambios en el software, cableado, adecuaciones físicas y la compatibilidad de los componentes conectados a este sistema de control [8].

Se aclara que no se presenta el reemplazo recomendado para el SattCon OP45 ya que se debe realizar el reemplazo total de sus componentes tanto HMI como PLC. Por lo tanto, se debe hacer un análisis concreto dependiendo de cada cliente [3].

7. FORMULACIÓN DE PROPUESTA PRELIMINAR DE ACTUALIZACIÓN

Con los resultados alcanzados en capítulos anteriores se realizó el procedimiento para la formulación de la propuesta preliminar de actualización, que servirá para presentar a los clientes identificados con equipos que poseen sistemas de control obsoletos.

Los pasos generales que se proponen para ello son los siguientes:

1. Descripción del cliente: Se detalla la ubicación, actividad y tipo de industria en la que desarrolla sus productos [1].
2. Descripción del servicio: Se identifica la labor a realizar y el equipo donde se efectuarán los cambios o modificaciones requeridas.
3. Estado Actual: Se describen los detalles y resultados de la verificación física del equipo, y se registran las fallas que se presentan en el equipo dado a su sistema de control.
4. Importancia del equipo: Se define la función de la máquina, cuáles equipos o procesos dependen de esta y la evaluación de variables a ser controladas en el equipo. Por último, se determinan los casos de falla (situaciones donde el equipo se encuentra en parada) y las consecuencias que tienen estos para el cliente en forma de pérdidas de volumen de producción y dinero [2].
5. Beneficios de la migración: Se exponen los diferentes beneficios en forma de dinero y calidad que se obtienen con la aplicación de la propuesta de actualización [2].
6. Componentes del proceso: Se identifican los componentes que generan señales digitales y analógicas dentro del proceso como bombas, válvulas, instrumentación (medidores, transmisores, switches, etc) [1].

7. Listado de señales: A partir de la identificación de componentes, se realiza un listado de señales, la cual es base para la selección de los nuevos sistemas de control.
8. Requerimiento del cliente: Se determinan las peticiones del cliente para la migración.
9. Selección de equipos: De acuerdo, a lo anterior se escogen, la pantalla de control y los elementos del PLC. En esta parte también se brindan las especificaciones generales del HMI y PLC [2].
10. Actividades y entregables al cliente: Se definen los documentos y las labores que se efectuaran en el equipo y operarios que se encuentra en contacto de este.

Es necesario tener en cuenta que metodológicamente, si la propuesta preliminar es aceptada por el cliente, Tetra Pak hará posteriormente la examinación física detallada del estado de los componentes y equipo, no solo para verificar las referencias encontradas en los manuales, sino también para determinar si el equipo ha sido sometido a cualquier cambio no reportado por este y a qué otros equipos se encuentran conectado dentro del proceso.

7.1 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para que sea más sencillo de entender el alcance de este proyecto se presenta en la sección 7.1 un ejemplo de la propuesta preliminar ya aplicada para un cliente, con el fin de demostrar los beneficios que obtiene al realizar la migración de sus sistemas de control. Se anexa reporte de asistencia técnica en la planta del cliente (Anexo 4) y presentación de la propuesta inicial al cliente (Anexo 5).

7.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE

Empresa de origen colombiano, encargada de la fabricación de productos lácteos como yogures, leche y diferentes tipos de quesos [1].

La planta visitada está situada en la Sabana de Bogotá y posee varios equipos de Tetra Pak dentro de los procesos para los diferentes productos que fabrica. Una de estas máquinas fue evaluada para generar la propuesta de actualización de sus sistemas de control [1].

7.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

Se requería actualizar el sistema de automatización del proceso de limpieza para el equipo Tetra Alcip (Serial K124336), el cual funcionaba por medio de un PLC y pantalla de control que se encontraban en estado obsoleto [3]. El nuevo sistema debe mostrar las señales del proceso, realizar el control y monitoreo de este de forma automática y de igual manera tiene que determinar las señales de alarmas que el equipo genere, característica que actualmente no posee.

7.1.3 ESTADO ACTUAL

El equipo Tetra Alcip (Serial K124336) maneja su proceso automático por medio de un SattCon OP45 de la marca ABB [1]. Este registraba las siguientes fallas [4]:

- Inconvenientes en la discriminación de fallas que presenta el proceso, debido a que este componente solo posee una señal de alarma general, por ello, no se puede determinar rápidamente la raíz del problema.
- El programa original del equipo no se puede modificar para agregar componentes extra.

- Algunas de las operaciones se hacen de manera manual, ya que no permite agregar estas.
- No presenta estabilidad en las variables del proceso, que en este caso son: Flujo, concentración de químicos, tiempo y temperatura [2].
- En aspecto físico, se puede ver en la Figura 6 y 7 que el interfaz y panel al operario se encuentra con botones totalmente gastados y de igual manera la información no se puede visualizar de manera correcta en la pantalla. Por otra parte, la organización de cables dentro de la cabina no permite determinar dónde se encuentran estos conectados externamente.

De igual manera, se brindó algunos de los registros de paradas no programadas que ha tenido el equipo y algunas de las razones de estas.

Tabla 28. Registros de Paradas Tetra Alcip

| Registro Paradas | | |
|----------------------------------|-----------------|--|
| Año | Cantidad | Razón de Falla |
| 2010 | 2 | - Batería falla - Reinicio del programa del HMI |
| 2011 | 2 | - Cambio en las variables del proceso |
| 2014 | 3 | - Cambio de las cantidades de químicos por lavado - Reinicio del programa del HMI |
| 2015 | 4 | - Falla de corriente en el PLC - Cambio de las variables del proceso - Eliminación de señales |
| 2017 | 7 | - Eliminación de recetas guardadas - Falla Batería - Falla lógica de programación - Pantalla no muestra datos |
| <i>Fuente: Registros Cliente</i> | | |

Figura 5. Interfaz actual SattCon OP45 presente en el Tetra Alcip



Fuente: Autor

Figura 6. PLC actual SattCon OP45 presente en el Tetra Alcip



Fuente: Autor

7.1.4 IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PLANTA

El Tetra Alcip es un equipo con una gran relevancia en planta, ya que se encarga de la limpieza automática de varios equipos. De este dependen las siguientes obligaciones de la empresa [2]:

- Obligación Comercial: Entregar al consumidor productos saludables y libres de riesgos sanitarios.
- Obligación Moral: Dar confianza al consumidor en la empresa y esto va ligado a la reputación de esta.
- Obligación Legal: La ley protege al consumidor/comprador en cuanto a salud y calidad del producto

El Tetra Alcip Serial K124336 actualmente se conecta a los siguientes equipos y líneas en planta [1]:

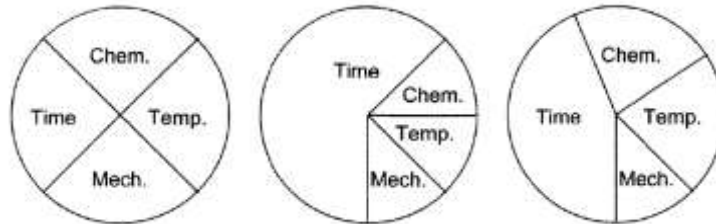
- Silo 1, 2 y 3 (unidad de almacenamiento de producto) (Capacidad Unitaria de 10000 L)
- Línea de Termización 1 (Capacidad 5000 L)
- Línea de Pasteurización 1. (Capacidad 15000 L)

El proceso de limpieza se encarga de: Evitar la contaminación del producto, conservar la seguridad microbiológica, eliminar residuos de diferentes productos y de cumplir con la legislación y estándares [2].

Como se mencionó anteriormente, las variables de proceso que se controlan para este equipo son: Temperatura, Concentración de químicos de limpieza, tiempo y flujo [2].

En estas variables es muy importante el concepto sinergia ya que todas deben actuar de cierta manera para que el proceso no se afecte. Un ejemplo de esto es en el caso de que el flujo no sea lo suficientemente alto, en vez de compensar con el incremento de la concentración química, se debe aumentar el tiempo. Esto evita desgastes prematuros en los componentes del sistema [2].

Figura 7. Sinergia de las variables a controlar del Tetra Alcip



Fuente: Tetra Pak

Entre los inconvenientes reportados por el cliente anteriormente (sección 7.3), se encuentra la no estabilidad de estas variables, lo cual genera un problema grave en la confiabilidad y seguridad del proceso de limpieza en los diferentes equipos.

Por otro lado, se expondrá uno de los casos de falla más recurrente en la planta y las consecuencias que tiene directamente en la producción y otros factores [4]:

Caso: Fallo en limpieza del Silo

Este equipo se encarga de almacenar el producto lácteo para evitar desperdicios o sobre carga en la línea de producción. A estos viene

conectado una Unidad CIP, la cual se encarga, después de que el alimento ha sido retirado, de realizar el proceso de limpieza.

Si el equipo Tetra Alcip posee un defecto en su sistema de control que afecta directamente las ordenes que este tenga que enviar al componente conectado, se presentan las siguientes situaciones:

- a. El Switch de flujo no detecta el nivel mínimo configurado para el producto en el equipo, la unidad CIP empieza su proceso de limpieza y se contamina este.

Producción Total del Silo: 10000 L

Precio por L del Producto: \$ 800 COP/ L

Precio total: \$8'000.000 COP/10000 L

Producto contaminado: 3000 L

Porcentaje de producción perdida: 0,30 %

Pérdida monetaria: 2'400.000 COP/ Silo

Pérdida Monetaria Total= 7'200.000 COP/ 3 Silos

Como se evidencia hay una perdida monetaria evidente, que no solo afectará financieramente a la compañía sino de igual manera, se verá perjudicada la línea de producción ya que no recibirá el producto que se encuentra configurado en los demás equipos, ocasionando daños en componentes como bombas y tanques.

- b. La temperatura y la concentración presentaron una variación debido al reinicio de programación automático que genera el sistema obsoleto, por ello el producto que entra al equipo se ve afectado con los residuos del anterior.

Producción Total del Silo: 10000 L
Precio por L del Producto: \$ 1000 COP/ L
Precio total: \$8'000.000 COP/10000 L
Porcentaje de producción pérdida= 100 %
Producto contaminado: 10000 L
Pérdida monetaria: 8'000.000 COP/ Silo
Pérdida Monetaria Total= 16'000.000 COP/ 3 Silos

Además de la pérdida económica presentada, de igual manera se ven afectadas variables como la contaminación generada por el producto desperdiciado, daño en la superficie interna del silo por las variaciones ocurridas e inconvenientes directos a la producción en total de la planta [4].

7.1.5 BENEFICIOS DE LA MIGRACIÓN:

Con lo anterior, un sistema de control fiable le permitirá tener beneficios en los siguientes aspectos y sus variables a mejorar al cliente [2]:

- ✓ Tiempos automáticos y preajustados: Garantía de lavado efectivo (calidad), reducción del tiempo de limpieza a un valor óptimo (dinero) y reducción de consumo de energía y agua (dinero).
- ✓ Dosificación y preparación automática: Garantía de concentración correcta de los químicos de limpieza (calidad), dosificación exacta de las soluciones (dinero) y seguridad para el operador y los equipos (dinero)
- ✓ Verificación del vaciado: Garantía en vacío completo del equipo para una correcta limpieza y evitar pérdidas de agua, químicos y producto

(dinero), detección inmediata de fallas en la operación del equipo (dinero).

- ✓ Automatización de procesos: Disminución considerable de mano de obra por operación manual (calidad y dinero), disminución general de pérdidas de producción y reclamación por problemas de calidad (calidad y dinero), por último, posibilidad de obtener informes gráficos, históricos de limpieza para analizar costos y trazabilidad de los posibles problemas (calidad y dinero)

7.1.6 COMPONENTES DEL PROCESO

Para verificar qué componentes se encontraban conectados a este sistema de control SattCon OP45 se hizo la examinación inicial del diagrama PID (Figura 9.) del equipo Tetra Alcip. Estos fueron verificados en planta, para evaluar alguna modificación no reportada por parte del cliente.

A continuación, se mostrarán los componentes conectados y las señales que estos generan [1]:

- Bombas
 - Bomba M2 (Bomba de Dosificación) – Señal de encendido y apagado, confirmación de falla.
 - Bomba M1 (Bomba Centrifuga) – Señal de encendido y apagado, confirmación de falla.
- Válvulas
 - Válvula Automática (Mariposa) x 5 unidades – Señal de apertura y cierre por medio del actuador.

- Válvula Automática (Reguladora Tipo1) x 5 unidades– Señal de apertura.
- Válvula Automática (Reguladora Tipo2) x 1 unidad- Señal de apertura.
- Válvula Automática (Shut-Off) x 1 unidad- Señal de apertura y cierre por medio del actuador.

- Instrumentación
 - Transmisor de Temperatura PT-100 x 1 unidad
 - Indicador de flujo x 1 unidad
 - Switch de Nivel x 4 – Alto nivel y Bajo Nivel
 - Switch de Flujo x 1

- Señales
 - 2 señales digitales de entrada (Pulsador de Start y Stop)
 - Señal de parada de Emergencia

Conocer las señales que actualmente se encuentran conectadas al sistema, es necesario para la elección de nuevos componentes de control, ya que estos dependen del número de entradas y salidas que el equipo posea.

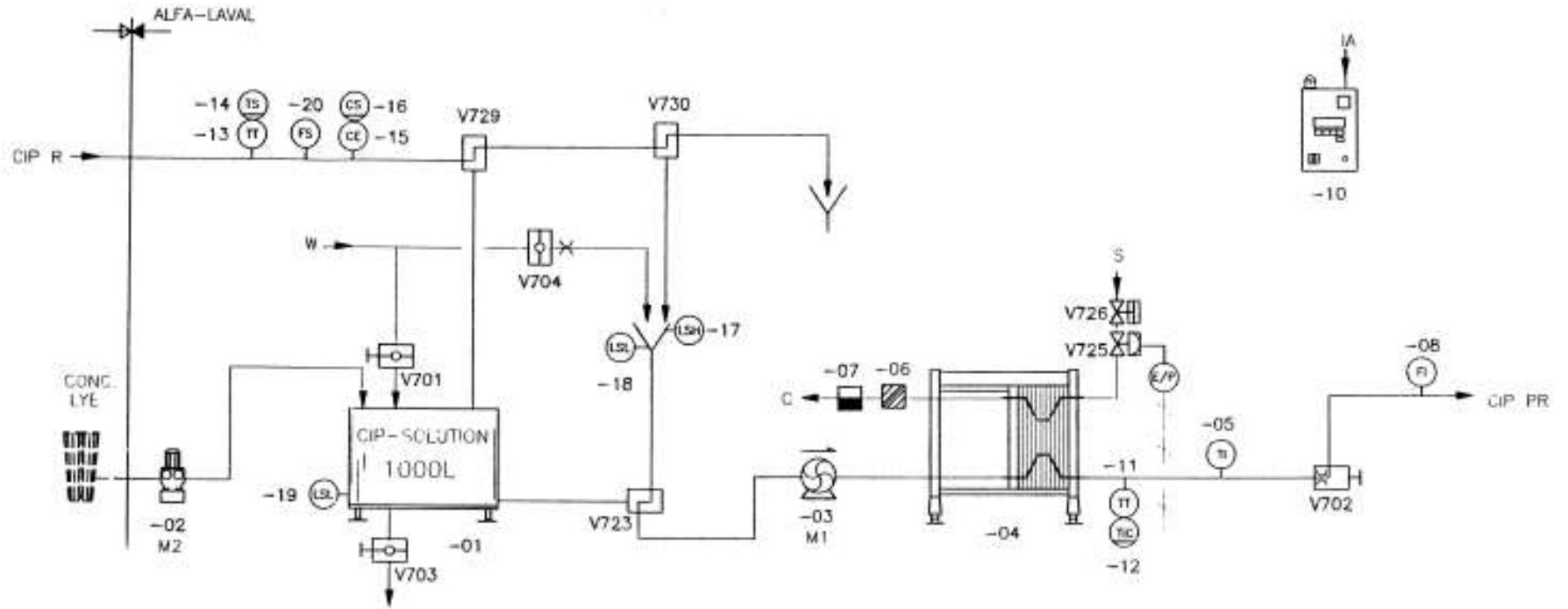
7.1.7 LISTADO DE SEÑALES

En la Tabla 29 se representaron las diferentes señales del proceso clasificadas, entre señales de Entrada (I) y Salida (O) analógicos y digitales, (DI, DO, AI y AO) de igual manera la señal RTD (señal emitida por un transmisor de temperatura). Las cuales se identifican con ayuda del diagrama PI&D.

Tabla 29. Clasificación de Señales

| Componentes | Cantidad | DI | DO | RTD | AI | AO |
|---------------------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Bombas | 2 | 4 | 2 | | | |
| Válvulas Mariposa | 5 | | 5 | | | |
| Válvulas Reguladora Tipo1 | 5 | | | | | 5 |
| Válvulas Reguladora Tipo2 | 1 | | | | | 1 |
| Válvula Shut-Off | 1 | 1 | 1 | | | |
| PT-100 | 1 | | | 1 | | |
| Indicador de Flujo | 1 | | | | 1 | |
| Switch de Nivel | 4 | | | | 1 | |
| Switch de Flujo | 1 | | | | 1 | |
| Parada de emergencia | 1 | 1 | | | | |
| Pulsador START | 1 | 1 | | | | |
| Pulsador STOP | 1 | 1 | | | | |
| TOTAL | 24 | 8 | 8 | 1 | 3 | 6 |
| PLC | | 8 | 8 | 4 | 4 | 8 |
| Fuente: Autor | | | | | | |

Figura 8. Diagrama PID Tetra Alcip



Fuente: Manual Tetra Pak - Procesos

7.1.8 REQUERIMIENTOS INICIALES DEL CLIENTE

Según la necesidad presente en planta, se identificaron los siguientes puntos para tener en cuenta en el momento del proceso de actualización:

- Conservar el mismo número de instrumentación instalada en el equipo.
- Conservar instrumentación instalada y verificar cual será añadida con el proceso de actualización.
- Verificación de modificaciones realizadas en el equipo.
- Capacidad de almacenamiento alta, ya que el equipo se conecta a diferentes máquinas que manejan diferentes configuraciones de limpieza.
- La interfaz del operador debe ser amigable y confiable para la persona que la maneja.
- Que la fuente de alimentación resista breves cortes de energía sin que se vea afectado el funcionamiento del equipo.

7.1.9 SELECCIÓN DE EQUIPOS

De acuerdo con el número de señales que se reciben tanto digitales y analógicas, presentadas en las secciones 7.5 y 7.6, se determinaron los componentes necesarios para el PLC por medio de manuales propios del proveedor [2].

De igual manera, la propuesta inicial de migración utilizó los componentes estándar de la familia Compact Logix 5370, debido a que estos se adaptan a los requerimientos del cliente [1].

El proceso de selección para de los módulos de E/S analógicas y digitales, como se mencionó anteriormente, dependen de la cantidad de

señales que se conecten a estos y su compatibilidad con el controlador que en este caso es el CompactLogix L30ER [2].

Tabla 30. Selección de Equipos

| REFERENCIA TETRA PAK | REFERENCIA ROCKWELL | DESCRIPCIÓN | Componente |
|---------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|
| 90519-3248 | 1769-L30ER | Processor CompactLogix L30ER 1 MB | Controlador |
| 90459-2455 | 1769-PA2/A | Power Supply 120/240 VAC, 1769-PA2/A | Batería |
| 90606-2225 | 1734-AENT/B | Point I/O Adapter Mod, 1734- AENT Ser. B | Adaptador de entradas |
| 90511-3117 | 1734-IB8 | Input module Point I/O, 8DI 24VDC sink | Entrada Digital |
| 90459-6560 | 1734-OB8E/C | Digital Output 8 PTS, 1734- OB8E/C | Salida Digital |
| 90459-2509 | 1734-IE2C | Remote I/O Analog Input Current 2 PTS | Entrada Análoga |
| 90459-2511 | 1734-OE2C | Analog Output Current Module 2PTS | Salida Análoga |
| 90459-2526 | 1734-TB/A | Remote I/O Base Module 8 Points, 1734-TB | Base modulo |
| 90522-3697 | 2711P- T6C21D8S | Operator Display PanleView Plus 7 5.7" touch color screen Single Ethernet USB 2.0 high- speed port 24V DC, Windows CE, 0-55degC 152x176x56.5mm, 640x480 VGA 512MB RAM, 35W Manufacturers ID:2711P- T6C21D8S Manufacturer:Rockwell Automation | Pantalla de Control |
| <i>Fuente: Autor</i> | | | |

CompactLogix 5370

Los controladores CompactLogix™ 5370 ofrecen lo más reciente en elementos de control, comunicación y E/S, en un paquete de control distribuido.

- Brinda soporte para el movimiento integrado en EtherNet/IP™ a fin de lograr una mayor capacidad.
- Proporciona soporte para las topologías de red de anillo a nivel de dispositivo (DLR) para ayudar a lograr una resiliencia (disponibilidad continua de datos críticos) de red mejorada.
- Elimina la necesidad de baterías de litio con almacenamiento de energía incorporada
- Ofrece un factor de formato más pequeño para maximizar el espacio en el gabinete
- Brindan la capacidad de conectarse con opciones de HMI en escala del portafolio de PanelView™ Plus.

Además de la velocidad brindada por el controlador, uno de los factores de selección es que en este componente, se tiene una alta capacidad de memoria, ya que, puede ser expandible hasta 2 GB por medio de una tarjeta SD, lo cual le brinda al cliente no solo la posibilidad de guardar más configuraciones deseadas en el sistema, sino que además le permite restaurar los programas de manera sencilla y de tener un respaldo de registros y recetas en el caso de falla.

PanelView Plus 7

Los terminales PanelView Plus 7 Performance son dispositivos de interface operador-máquina. Monitorean y controlan los dispositivos conectados a los controladores ControlLogix® y CompactLogix™ 5370 en una red EtherNet/IP.

- Gráficos animados y mensajes de texto permiten a los operadores ver el estado de operación de una máquina o proceso. Los operadores interactúan con el sistema de control mediante una pantalla táctil.
- Entre las características se incluyen las siguientes: Software FactoryTalk View Machine Edition, versión 8, ofrece un ambiente familiar para crear aplicaciones HMI, Sistema operativo Windows CE con acceso al escritorio para la configuración y aplicaciones de otros fabricantes
- Comunicación Ethernet compatible con topologías de red de anillo a nivel de dispositivos (DLR), lineal o en estrella
- Navegador web, visores de archivos de Microsoft, editor de texto, visor de PDF, conexión a escritorios remotos y reproductor multimedia en el escritorio del terminal

Como se observa en las especificaciones técnicas de este componente, es un equipo que le permite al operario manejar y conocer de forma sencilla el proceso de la máquina.

En los anexos 5 y 6 se encuentran las fichas técnicas con especificaciones de cada uno de estos componentes.

7.1.10 ACTIVIDADES Y ENTREGABLES AL CLIENTE

- Verificación del estado actual de equipo, con registros de modificaciones realizadas por parte del cliente y variables actuales que se manejen, para la propuesta final del proyecto de actualización.
- Diseño de planos de acuerdo con los requerimientos del usuario y de las señales identificadas en contacto con el equipo en planta.
- Desarrollo de programación y configuración del PLC y HMI (lógica de control)
- Propuesta técnica y comercial de la actualización/migración de los sistemas de control del equipo
- Acompañamiento en arranque y puesta en marcha.
- Entrenamiento especializado a los operarios del equipo.
- Entrega de listado de mantenimiento para los componentes eléctricos instalados en la propuesta de actualización.
- Entrega de manuales eléctricos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como parte de la propuesta, se identificaron exitosamente los paneles de control instalados en las máquinas de procesamiento fabricadas por el Market Company Brasil. Durante este estudio, se concluyó que los equipos evaluados tienen un tiempo prolongado de funcionamiento en la industria (entre 18-20 años) sin cambio ni actualizaciones en sus sistemas de control, haciendo que estos se encuentren en un estado obsoleto, donde no se cuenta con reemplazos ni cambios de sus componentes. Lo anterior, resulta en una situación poco favorable para el cliente en cuestiones de confiabilidad y productividad, dado que, existe la posibilidad de presentarse inconvenientes en aspectos como la eficiencia del proceso, por problemas en ejecución y precisión de señales, paradas no programadas, afectación directa a la calidad final del producto, entre otros, lo cual se evidencio en el desarrollo de esta propuesta.

En el desarrollo del ejemplo de aplicación presentado, se evidencia que el cliente presentaba en planta varias fallas reportadas, principalmente la ausencia de estabilidad en las variables del proceso, que para este equipo es fundamental para la garantía de su funcionamiento. Debido a esto, se prosiguió con la identificación de situaciones de riesgo que se evidenciaban por inconvenientes en estos sistemas de control, donde se reflejan pérdidas monetarias y de volumen de producto. Por último, se establecieron las ventajas de la actualización como garantías de funcionamiento, reducción en pérdidas de materia prima y producto, confiabilidad en el equipo, entre otros.

A partir del modelo de desarrollado en el capítulo 7, se entregaron las diferentes propuestas de actualización por referencias identificadas como obsoletas a Tetra Pak, donde fue necesario el análisis detallado de cada uno de los clientes, teniendo en cuenta el proceso, el tipo de máquinas empleadas y sus diferentes fuentes de

señales. De igual manera, es importante recalcar el trabajo de ingeniería que se desarrolló de la mano con el cliente, sus requerimientos y necesidades.

El diagnóstico y determinación de alternativas obtenido por medio de esta propuesta de actualización, tuvo un alto impacto dentro de Tetra Pak ya que ha sido usado por parte del área de ventas técnicas como base en proyectos de actualizaciones presentes en otro tipo de equipos.

Es importante resaltar que este proyecto es empleado dentro de la empresa para obtener una comunicación más clara y puntual de los inconvenientes y problemas futuros que tienen los clientes usando un equipo con sistemas de control en estado obsoleto, además del aporte generado a la compañía para el propósito del crecimiento del 12% en sus líneas de automatización y actualización de máquinas comercializadas.

Como recomendaciones principales para la empresa está la importancia de hacer conscientes a los clientes de Tetra Pak Colombia sobre el ciclo de vida de los componentes de control que actualmente se encuentran en las máquinas de procesamiento, ya que, en el caso de una emergencia no habría la respuesta eficiente que busca la compañía. Adicionalmente, se sugiere la organización y correcto almacenamiento de información de máquinas provenientes del Market Company Brasil, debido a que, la falta de esta afecta directamente la generación de propuestas como la vista en este documento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tetra Pak Processing, “Base Instalada Procesos,” 2018.
- [2] T. P. Colombia, “Presentación TS&S,” 2017.
- [3] Tetra Pak Processing Systems, “Base de Datos- Boletines Técnicos,” 2018. .
- [4] Tetra Pak Processing Systems, “Reportes Técnicos,” 2018. .
- [5] J. Velazques, “CÓMO JUSTIFICAR UN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN,” *Fac. Ing. URP*, no. 7, pp. 7–11.
- [6] M. A.P, “¿Podría llegar a ser más barata la caja que la bolsa de leche?,” *Rev. Dinero*, 2018.
- [7] Universidad de Oviedo, “Tema 1. Introducción a la Automatización.” [Online]. Available: <http://isa.uniovi.es/docencia/autom3m/Temas/Tema1.pdf>.
- [8] Tetra Pak Processing, *Plant Component Catalogue*. 2017.
- [9] R. Cobo, “Hmi,” *El ABC la Autom.*, p. 23, 2012.
- [10] Departamento de Ingeniería and PAC, “Módulo 1. Controladores Lógicos Programables (PLC).”
- [11] J. M. D. Casado, “Procesado de Señales Analógicas,” 2012.
- [12] WIKI, “Señales de salida analógicas en la instrumentación.” [Online]. Available: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. [Accessed: 18-Aug-2018].
- [13] National Instruments, “RS-232, RS-422, RS-485 Serial Communication General Concepts -,” 2018. [Online]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/11390/es/>. [Accessed: 18-Aug-2018].
- [14] Rockwell Automation, “SLC 500™ Programmable Controllers & I/O Modules,” 2001.
- [15] Higuera García Andre, *El Control Automático en la Industria*. 2005.
- [16] Pablo A. Daneri, *PLC Automatización y Control Industrial*. 2008.
- [17] E. P. López, “PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN BODEGA DE PRODUCTO DE HIGIENE PERSONAL EN COSTA RICA,” *Intersedes*, vol. XVI, p. 20, 2015.

- [18] O. A. Vega, "Efectos colaterales de la obsolescencia tecnológica," vol. 21, no. 32, pp. 55–62, 2012.
- [19] Bonilla Isaza Rubén Dario, "Sustitución o reconversión de maquinaria en las pyme : alternativas de desarrollo.," *Tecnura, Univ. Dist. Fr. José Caldas*, vol. 12, p. 13, 2008.
- [20] SDI NEWS, "Integración HMI-PLC," *SDI NEWS*, p. 7, 2012.
- [21] Rockwell Automation, "PanelView Operator Interface Portfolio Features Comparison," 2018.
- [22] R. Midence, R. Moore, and G. Allen, "The Migration of Serial Ethernet Communications- Why Bother?," *IEEE*, no. 242, pp. 8–11, 2009.
- [23] ABB, "SattCon OP45/OP45SB," 2000.
- [24] Siemens, "SIMATIC HMI Panels," *SIMATIC HMI Panels – Tak. a look*, vol. E20001-A76, 2014.
- [25] Rockwell Automation, "MicroLogix 1500 Programmable Controllers User Manual," 2015.
- [26] © International Association of Oil & Gas Producers, "Obsolescence and life cycle management for automation systems," 2016.
- [27] Rockwell Automation, "PRODUCT LIFECYCLE STATUS," 2018. [Online]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/global/support/product-compatibility-migration/lifecycle-status/overview.page>.
- [28] Siemens, "SIMATIC HMI HMI devices Comfort Panels Migration Guide," pp. 1–54, 2012.
- [29] S. Burtch and J. Dirks, "Migrating your HMI," 2012.
- [30] L. Morris and S. Anthony, "Lifecycle Extension & Migrations," 2012.
- [31] Siemens Industry Inc., "Rockwell to HMI Panels," 2017.
- [32] Rockwell Automation, "PanelView Plus Terminal, User Manual."
- [33] Rockwell Automation, "CompactLogix Controllers Specifications Technical Data," pp. 1–74, 2018.
- [34] Rockwell Automation, "Controladores CompactLogix 5370," *Man. del Usuario*, p. 334, 2016.

- [35] C. Numbers, "CompactLogix 5380 and Compact GuardLogix 5380."
- [36] Siemens Industry Inc., "S7-1500 Technical Data," pp. 1–11, 2015.
- [37] Siemens Industry Inc., "Controlador Programable SIMATIC S7-1200," pp. 1–378, 2009.
- [38] U. Manual, "MicroLogix 1400 Programmable Controllers."

10. ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de flujo para la identificación de equipos fabricados en el **Market Company Brasil**

Anexo 2: Diagrama de flujo para el diagnóstico de pantallas de control obsoletas

Anexo 3: Carta de Anuncio del status del Ciclo de Vida para el Controlador Micrologix 1500

Anexo 4: Reporte de Asistencia Técnica

Anexo 5: Presentación de la Propuesta Inicial al Cliente.

Nota: Estos anexos se encuentran añadidos en el archivo .rar que se encuentra adjunto a este documento.