



**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA  
DE CONTROL AUTOMATIZADO DEL  
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HOJUELAS  
DEL ÁREA DE LAMINACIÓN EN APC  
PLANTA INDUSTRIAL VALENCIA.**



**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
HOJUELAS DEL ÁREA DE LAMINACIÓN EN APC PLANTA  
INDUSTRIAL VALENCIA.**

**Autor:** Roxy Aguilar

Urb. Yuma II, calle nº 3. Municipio San Diego  
Teléfono (0241) 8714240 (master)-Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
HOJUELAS DEL ÁREA DE LAMINACIÓN EN APC PLANTA  
INDUSTRIAL VALENCIA.**

**Empresa:** Alimentos Polar Comercial, Planta Industrial Valencia.

**Autor:** Roxy Aguilar  
C.I. V-24.103.982  
**Tutor:** Ing. José Hernández

San Diego, marzo del 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
HOJUELAS DEL ÁREA DE LAMINACIÓN EN APC PLANTA  
INDUSTRIAL VALENCIA.**

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN**

---

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

---

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial

**Autor:** Roxy Aguilar  
C.I. V-24.103.982

San Diego, marzo del 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero José Hernández, portador(a) de la cédula de identidad V-13.514.550, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana Roxy Aguilar, portadora de la cédula de identidad V-24.103.982, titulado “**Propuesta de mejora del sistema de control automatizado del proceso de producción de hojuelas del área de laminación en APC Planta Industrial Valencia**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 17 días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

---

Firma

José Hernández

C.I. V-13.514.550



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Erick León, portador(a) de la cédula de identidad C.I. V-16.117.661, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana Roxy Aguilar, portadora de la cédula de identidad V-24.103.982, titulado “**Propuesta de mejora del sistema de control automatizado del proceso de producción de hojuelas del área de laminación en APC Planta Industrial Valencia.**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 17 días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

---

Firma

Erick León

C.I. V-16.117.661

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta donde estoy, sin tu ayuda nada sería posible. Gracias por darme fuerzas para seguir adelante durante toda mi carrera y en los momentos más fuertes de mi vida.

Gracias a mis padres y a mis hermanas por haberme apoyado en todo momento para poder estar aquí, sin su ayuda no lo hubiese logrado.

Gracias a mis amigas Angélica Escorcha, Jessica Herrera y Mariangel Palermo, por siempre darme ánimos y estar en los malos y buenos momentos, por haberme hecho sentir en casa estando fuera de mi hogar y convertirse en mi familia en Valencia.

Gracias a mis amigos Fabio Padoan, Carlos Henríquez y Alejandro Jaspe, por brindarme su amistad incondicional, ayudarme durante mi carrera y facilitar mi estadía en Valencia con su apoyo.

Gracias a mis compañeros de clases y profesores por compartir esta experiencia de aprendizaje en mi vida y ser parte crucial de la misma con su ayuda.

Gracias a mi tutor José Hernández, por haberme ayudado en el desarrollo de este trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación, va dedicado principalmente a Dios por amarme tanto, dárme todo y estar siempre a mi lado en cada paso que he dado hasta hoy.

A mi madre Nellys Tovar, por ser mi fortaleza, apoyarme en cada decisión que he tomado, darme su amor de madre incondicional, por siempre estar ahí para mí cuando lo he necesitado y cuando no también. Esto es para ti mami porque no estaría aquí gracias a ti y tu fe ciega que siempre has tenido en mí y por hacerme ver siempre que estoy hecha para cosas grandes, te amo con mi alma.

A mi padre Jorge Aguilar, por haberme dado siempre tu apoyo, ayudarme para poder estar donde estoy, por siempre estar cuidando de mi

De igual manera a mis hermanas Nelitza Aguilar y Rosa Aguilar, por haber estado conmigo y brindarme su apoyo incondicional durante toda mi carrera y vida.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I. LA EMPRESA	
1.1. Ubicación actual.....	4
1.2. Descripción de la empresa .....	4
1.3. Reseña histórica .....	5
1.4. Misión .....	6
1.5. Visión.....	7
1.6. Valores .....	7
1.7. Organigrama departamento.....	8
1.8. Organigrama general.....	9
CAPÍTULO II. EL PROBLEMA	
2.1. Planteamiento del problema.....	10
2.2. Formulación del Problema .....	13
2.3. Objetivos de la Investigación .....	13
2.3.1. Objetivo General .....	13
2.3.2. Objetivos Específicos.....	13
2.4. Justificación de la investigación .....	13
2.5. Alcance .....	14
2.6. Limitaciones.....	15
CAPÍTULO III. MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL	
3.1. Antecedentes .....	16
3.2. Bases Teóricas .....	17

3.2.1. El maiz .....	17
3.2.2. Produccion de hojuelas cerveceras .....	19
3.2.2.1. Acondicionamiento .....	19
3.2.2.2. Coccion .....	20
3.2.2.3. Laminado .....	20
3.2.2.4. Secado .....	20
3.2.2.5. Enfriado.....	20
3.2.2.6. Pre-Molienda.....	20
3.2.2.7. Almacenamiento .....	21
3.2.3. Proceso de Laminación .....	22
3.2.4. Remojo del grits.....	24
3.2.5. Sistema de lubricación .....	25
3.2.5.1. Sistema de línea doble.....	25
3.2.6. Sensor Inductivo de subvelocidad.....	27
3.3. Definición de términos básicos .....	27
 <b>CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO</b>	
4.1. Tipo de Investigación.....	30
4.2. Diseño de la Investigación .....	31
4.3. Nivel de la Investigación.....	31
4.4. Fases Metodológicas .....	32
Fase I: Estudiar el proceso e identificar las fallas que afectan el proceso de laminación.....	32
Fase II: Determinar los aspectos de mayor influencia que hay en el sistema de control automatizado del proceso de laminación. ....	32

Fase III: Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y financiera para la determinación de la viabilidad de los sensores, cableado, INTOUCH y entradas/salidas del PLC para el sistema.....	33
Fase IV: Diseñar la propuesta de mejora del sistema de control de automatizado que permita la adecuación a las fallas presentes en el proceso de laminación .....	33

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Fase I: Estudiar el proceso e identificar las fallas que afectan el subproceso de laminación.....	34
5.1.1. Descripción del proceso . .....	34
5.1.2. Descripción del proceso de laminación por sección.....	36
5.1.3 Variables que afectan el proceso .....	38
5.1.4. Fallas que afectan el proceso de laminación. ....	39
5.1.4.1. Compactación en el mezclador de premojo intensivo.....	39
5.1.4.2. Falla en el sistema de lubricación a los rodamientos del laminador. ....	41
5.1.4.3. Desajuste en la presión hidráulica en las masas del laminador.....	42
5.2. Fase II: Determinar los aspectos de mayor influencia que hay en el sistema de control automatizado del proceso de laminación. ....	46
5.2.1. Mezclador de premojo intensivo .....	46
5.2.2. Molino laminador .....	48
5.2.2.1. Unidad de lubricación del laminador.. ....	49
5.2.2.2. Unidad hidráulica del laminador. ....	52
5.2.3. Información del sistema. ....	55
5.3. Fase III: Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y financiera para la determinación de la viabilidad de los sensores, cableado, INTOUCH y entradas/salidas del PLC para el sistema. ....	58

5.4. Fase IV: Diseñar la propuesta de mejora del sistema de control de automatizado que permita la adecuación a las fallas presentes en el proceso de laminación.. .....	61
5.4.1. Diseño de mejora para el mezclador premojo intensivo.. .....	61
5.4.2. Diseño de mejoras para el molino laminador.....	77
5.4.2.1. Diseño de mejora en la presión de las masas.....	81
5.4.2.2. Diseño de mejora en el sistema de lubricación.....	92
RESUMEN .....	105
RECOMENDACIONES .....	106
REFERENCIAS	
Impresas .....	107
Electrónicas.....	108

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PP.</b>
1	Composición del maíz.....	17
2	Histórico de fallas en laminación.....	43
3	Tabla de costos para implementación total de mejoras en laminación.....	58
4	Tabla de símbolos, para mejora del premojo en el Step7 SIMATIC.....	68
5	Tabla de símbolos, para ajuste de presión en el Step7 SIMATIC.....	82
6	Tabla de símbolos, para unidad de lubricación en el Step7 SIMATIC.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP.
1	Departamento de mantenimiento en la empresa APC Planta Industrial Valencia .....	8
2	Organigrama estructural de la empresa APC Planta Industrial Valencia.....	9
3	Composición del grano de maíz.....	19
4	Diagrama del proceso productivo en la elaboración de hojuela cervecera.....	21
5	Laminadores de dos rodillos .....	24
6	Transportador sinfín .....	25
7	Proceso de laminación, Supervisorio del SCADA .....	35
8	Sección dos del proceso de laminación, Supervisorio del SCADA .....	37
9	Salida del mezclador premojo compactada de arroz.....	40
10	Área de premojo en el proceso de laminación, Supervisorio del SCADA.....	40
11	Unidad hidráulica y de lubricación del laminador, Supervisorio del SCADA.....	41
12	Mezclador de premojo intensivo.....	47
13	Molino Laminador vista frontal.....	48
14	Molino Laminador vista lateral.....	49
15	Unidad de lubricación del laminador.....	50
16	Manguera de salida en la unidad de lubricación del laminador.....	51
17	Unidad hidráulica del laminador.....	52
18	Transmisor indicador de presión de los laminadores.....	54
19	Especificaciones del Ceraphant T PTP31.....	55
20	Especificaciones de los PLC que controlan el proceso.....	56
21	Topología de la red del proceso completo de la planta.....	56
22	Estructura del programa Step7 para el proceso de laminación.....	57
23	Estructura de arranque de bloques y vías.....	57
24	Tolva de salida del mezclador premojo.....	62
25	Especificaciones del sensor XSA-V12801.....	63
26	Diagramas de los bloques 1-2 y 2-2.....	67

27	Tabla de símbolos con variables creadas en el proceso, sección 1 y 2.....	69
28	Tabla de creación de los sensores en la instrumentación digital sección 1 y 2 en el bloque de datos DB4, para el proceso de laminación.....	70
29	Alarma sonora de falla de instrumentación sección 1 y 2 creada en la función FC4 asociada al DB4.....	71
30	Alarma sonora de parada para la vía 1-07 y 2-07, de la sección 1 y 2 respectivamente creada en la función FC4....	72
31	Activación de la alarma del sensor sección 1, creado en el FB217.....	73
32	Activación de la alarma del sensor sección 2, creado en el FB227.....	73
33	Contacto de parada por la alarma del sensor agregado al aviso de falla en la vía 1-07 sección 1, en el FC227.....	74
34	Contacto de parada por la alarma del sensor agregado al aviso de falla en la vía 2-07 sección 2, en el FC237.....	74
35	Contacto de parada por la alarma del sensor agregado a la parada de la vía 1-07 sección 1, creado en el FB217.....	75
36	Contacto de parada por la alarma del sensor agregado a la parada de la vía 2-07 sección 2, creado en el FB227.....	75
37	Alarma por subvelocidad mezclador premojo sec. 1 y 2.....	76
38	Aviso de vía detenida por velocidad en premojo sec. 1 y 2..	76
39	Diagramas de los bloques 1-1 y 2-1, de las vías que activan los laminadores de ambas secciones.....	80
40	Tabla de símbolos con variables creadas en el proceso, sección 1 y 2.....	83
41	Transmisores ubicados en el DB3 instrumentación analógica de laminación, sección 1 y 2.....	84
42	Programa para la detección del desajuste de presión Lam 1.	85
43	Programa para la detección del desajuste de presión Lam 2.	86
44	Programa para la detección del desajuste de presión Lam 3.	87
45	Programa para la detección del desajuste de presión Lam 4.	88
46	Activación de la alarma sonora y visual por falta de ajuste de presión en cualquiera de los cuatro laminadores.....	89
47	Ejemplo de ventanas de aviso de presión, alta y baja.....	90
48	Ventana de alarma por desajuste de presión en los Lam.....	90
49	Ventanas de aviso para presión baja y alta en los Lam.....	91
50	Especificaciones del Sensor de flujo FC10B04 ICOS.....	92
51	Ubicación para la instalación del interruptor de flujo .....	95
52	Tabla de símbolos creados para el proceso sección 1 y 2.....	96

53	Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación L1..	97
54	Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación L2..	97
55	Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación L3..	98
56	Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación L4..	98
57	Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 1, para detener la vía 1-05.....	99
58	Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 1, para detener la vía 1-06.....	100
59	Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 2, para detener la vía 2-05.....	101
60	Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 2, para detener la vía 2-06.....	102
61	Activación de alarma sonora por interruptor de flujo en la unidad de lubricación sección 1 y 2.....	103
62	Alarmas por flujo en unidad de lubricación, sección 1 y 2...	104
63	Aviso de vías detenidas por flujo unidad de lubricación, sección 1 y 2.....	104



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
HOJUELAS DEL ÁREA DE LAMINACIÓN EN APC PLANTA  
INDUSTRIAL VALENCIA.**

**Autores:** Roxy Aguilar

**Tutor:** Ing. José Hernández

**Fecha:** Octubre, 2017

**RESUMEN**

Este trabajo se establece como un proyecto factible con diseño de campo no experimental y transversal tipo descriptivo que tiene como objetivo general de realizar mejoras del sistema de control automatizado en el proceso de laminación en la producción de hojuelas de APC Planta Industrial Valencia. Este sistema de control utilizará como técnicas principales la automatización por medio de la programación de PLC Siemens S7300 y la implementación de dispositivos de adquisición y transmisión de datos. En este proyecto se desarrollará un sistema de control automatizado con la adición de las ventanas en el supervisorio manteniendo la interfaz amigable para los operadores. Este proyecto pretende desarrollar una adecuación al proceso para solventar las fallas en planta, y mejorar su proceso productivo.

**Descriptor:** Automatización, Control, Sensores, PLC, Intouch, Siemens.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo realizado en APC Planta Industrial Valencia busca proponer una mejora para mejorar el proceso de laminación en la planta mediante la adaptación del sistema de control automatizado, las empresas se han visto en la necesidad de implementar actualizaciones tecnológicas para mejorar sus equipos y maquinarias para brindar un mejor desempeño y seguridad.

En la actualidad el campo de la automatización paso de ser una tendencia tecnológica a ser una necesidad en las empresas. Mayormente las que manejan procesos complejos donde no es segura del todo la intervención humana como por ejemplo las de suministro eléctrico, altas temperaturas, manejo de sustancias químicas entre otras; deben tener procesos automáticos para evitar incidentes en el proceso y mejorar la producción del mismo.

Sin embargo, en procesos de poco riesgo igualmente se necesita que sus procesos se automaticen para mejorar su productividad y obtener mejores resultados en sus productos. La automatización en procesos de alimentos es esencial, ya que garantiza una menor manipulación humana de los mismos obteniendo así una mayor inocuidad y garantía en los productos.

El proceso de producción de hojuelas, trabaja una maquinaria rústica y gran variedad de equipos que se accionan simultáneamente para laborar el proceso. Mantener el proceso actualizado solventando las fallas y a acondicionando el sistema de control automático es de suma importancia, al igual que se debe buscar mejoras progresivas que aumenten la producción.

Para lograr desarrollar estas mejoras adaptadas a la problemática existente en el proceso de producción de hojuelas en APC Planta Industrial Valencia, se desarrollarán los capítulos que se mencionan a continuación:

El Capítulo I. La empresa. Está conformado por la información esencial de la empresa tal como lo es su misión, visión, reseña histórica, valores con los cuales se rigen y la estructura organizacional de la planta.

El Capítulo II. El problema. Se mostrarán los hechos causantes de la problemática en el proceso, los objetivos que se aspiran alcanzar con su implementación, la justificación que avale la propuesta, el plan que se pretende alcanzar y las limitaciones existentes en el trayecto.

El Capítulo III. El marco teórico. Se describen los antecedentes o estudios previos de la presente investigación, además se realiza un compendio de las bases teóricas en las cuales se sustenta la misma y se reúnen los elementos conceptuales que definen el objeto de estudio.

El Capítulo IV. El marco metodológico. Se especificará el tipo, diseño y nivel de la investigación; también se describirá la metodología a utilizar en el proyecto. Es aquí donde se describirá la población y muestra y se plantearán las fases de la investigación.

Por ultimo en el Capítulo V. En este capítulo se describirán los resultados de la investigación realizada.

## **CAPÍTULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1.Ubicación actual.**

Polígono industrial vía de servicios sur, detrás de la planta Protinal. Valencia-Edo. Carabobo.

#### **1.2.Descripción de la empresa.**

Empresas Polar es una corporación industrial venezolana cuyas actividades productivas abarcan los sectores de alimentos, bebidas alcohólicas, gaseosas y productos de consumo masivo bajo sus filiales Alimentos Polar, Cervecería Polar, y Pepsi-Cola Venezuela.

Alimentos Polar Comercial C.A. es una subsidiaria del conglomerado venezolano Empresas Polar que opera en Venezuela, Colombia y Estados Unidos. Se encarga del segmento de alimentos, bebidas naturales y productos de limpieza de la compañía. Es considerada la empresa de alimentos más sólidas y con mayor demanda y producción de Venezuela.

En la actualidad, Alimentos Polar cuenta en sus plantas de alimentos con una gran variedad de productos y marcas como lo son la Harina P.A.N., Aceite Mazeite, Primor, Mayonesa Mavesa, Pampero, Rikesa, Margarita, Galera, Quaker, Toddy, Helados EFE, Mermeladas La Vienesita, Alimentos para perros (Super Can, Dogourmet), Jabón Las Llaves, Margarinas, Lipton Ice Te, Gelatinas Golden, Yogurt Migurt, Vinagre Mavesa, entre otros productos.

Planta Industrial Valencia forma parte del Negocio de Alimentos Polar Comercial C.A. Esta se encuentra ubicada en la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, y tiene como finalidad el Almacenamiento y despacho de granos (Maíz,

Arroz, Avena entre otros); e igualmente el de transformar el maíz en un producto semielaborado para la materia prima de plantas cerveceras y otras. El proceso de transformación del maíz consta de las siguientes fases:

1. Recepción, almacenamiento y secado.
2. Desgerminación
3. Laminación.
4. Molienda.
5. Despacho (granel).

### **1.3. Reseña histórica.**

Alimentos Polar, nace en 1954 como Alimentos Remavenca con el objetivo de producir las hojuelas de maíz necesarias para producir cerveza en la Cervecería Polar.

Desde entonces se comienza a plantear la posibilidad de crear un producto de harina de maíz que llega en 1960 con el lanzamiento de la marca Harina PAN bajo el eslogan de "se acabó la piladera" en alusión a la forma en la que se debían hacer las arepas sin este producto.

En 1967 se crea la empresa Procria especializada en alimentos para animales, aunque ésta operaba de manera independiente respecto a Alimento Remavenca, pero dentro de Empresas Polar.

En 1986 crean la empresa Corporación Agroindustrial Corina especializada en producción de arroz y un año después incursionan en la venta de pastas con la compañía Mosaca.

En 1987 adquieren la Heladería EFE que ha sido la principal compañía de helados junto a Tío Rico en Venezuela.

En 1996 Empresas Polar inaugura una nueva planta de Alimentos en la localidad de Facatativá, Cundinamarca en Colombia, a fin de abastecer este mercado de productos como Harina P.A.N., Quaker, Mavesa, Promasa, entre otros, además de producir alimentos para mascotas. Dicha planta sirve además como principal

exportadora de dichos productos para varios países de América Latina y Europa.

En 2001 compran la compañía Margarinas Venezolanas S.A. (Mavesa) líder en productos de salsas, enlatados y productos de limpieza entre ellos Mayonesa Mavesa, Margarina Mavesa, Atún Margarita y Jabón Las Llaves entre otros.

En 2003 nace oficialmente Alimentos Polar al fusionar en una sola empresa todos los rubros alimenticios de las Empresas Polar.

En el 2012 Alimentos Polar inaugura su nueva Planta Migurt en Valencia, Venezuela, para la producción de nuevo producto de yogur Migurt, en asociación con la empresa española Calidad Pascual. Dicho producto se posiciona rápidamente como el yogur más consumido en Venezuela.

Para el año 2015 la nueva planta en Estados Unidos, alivia la demanda de la Planta Colombia, en materia de exportaciones. Alimentos Polar se expande a nivel internacional, e inaugura una nueva planta en asociación con International Grains and Cereal para la producción de la Harina P.A.N., en la localidad de Greenville, Texas en Estados Unidos, a fin de satisfacer el mercado norteamericano, además de exportar dicho producto para Centroamérica, el Caribe y Europa. La Harina P.A.N. es distribuida en Estados Unidos por Goya Foods bajo licencia de Alimentos Polar International Inc.

#### **1.4.Misión.**

La misión de la empresa está expresada de la siguiente manera:

Satisfacer las necesidades de consumidores, clientes, compañías vendedoras, concesionarios, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de sus productos y de la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio/valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el desarrollo del país.

### **1.5. Visión.**

La visión de la empresa está expresada de la siguiente manera:

Ser una corporación líder en alimentos y bebidas tanto en Venezuela como en los mercados de América latina, donde participa mediante adquisiciones y alianzas estratégicas que aseguren la generación de valor para nuestros accionistas. Están orientados al mercado con una presencia predominante en el punto de venta y un completo portafolio de productos y marcas de reconocida lealtad.

### **1.6. Valores.**

La empresa se rige por los siguientes valores:

- Respeto Mutuo: Respetar es actuar o dejar de actuar, procurando no perjudicar ni dejar de beneficiarse a sí mismo ni a los demás. Tenemos derecho a ser respetados y el deber de respetar a las otras personas, sentando las bases para la convivencia, el diálogo y la colaboración.
- Libertad Responsable: Creemos que las personas están dotadas de conciencia, voluntad y posibilidades de libre elección. Consideramos que el derecho a la libertad individual de elegir debe estar enmarcado en el deber de responder ante los otros por los efectos de dicha elección.
- Justicia: Entendemos la Justicia como la voluntad permanente de dar, reconocer y respetar a cada quien lo que le corresponda. Creemos en la igual dignidad del valor de la vida de cada persona y su diversidad de aportes, para crear condiciones de justicia para todos, al interior de nuestra organización.
- Solidaridad: Significa concebirnos como parte integrante del todo, involucrarnos, identificarnos y actuar con determinación firme y perseverante por el bien común, es decir, por el bien de todos y de cada uno.

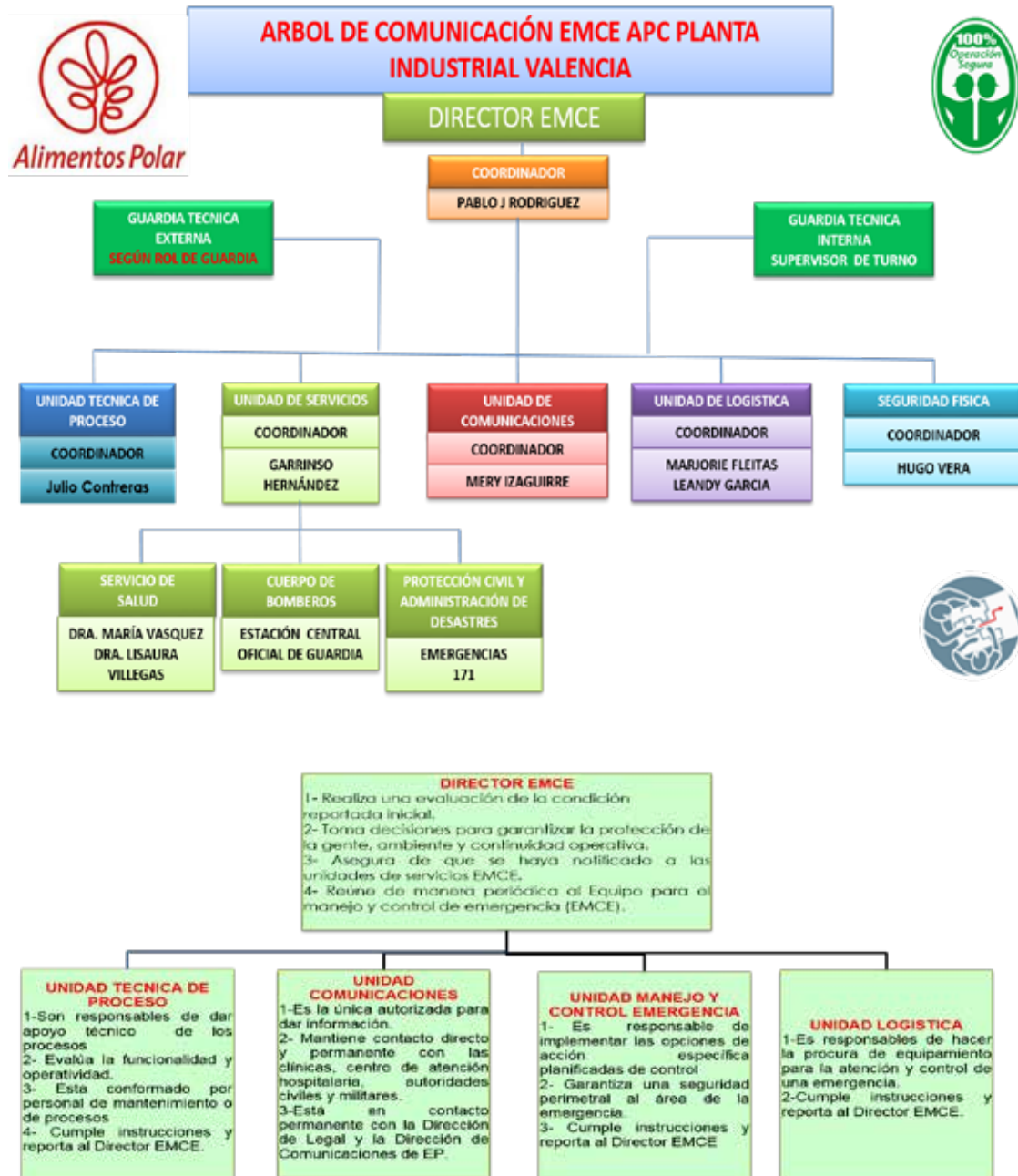
### 1.7.Organigrama departamento.



**Figura 1. Departamento de mantenimiento en la empresa APC  
Planta Industrial Valencia.**

Fuente. Alimentos Polar Comercial, Planta Industrial Valencia (2017).

## 1.8. Organigrama general.



**Figura 2. Organigrama estructural de la empresa APC Planta Industrial Valencia.**

Fuente. Alimentos Polar Comercial, Planta Industrial Valencia (2017).

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1.Planteamiento del problema.**

El actual desarrollo alcanzado en el ámbito científico - técnico a nivel mundial ha obligado al hombre a crear y mejorar los métodos para optimizar, mantener y preservar los activos de cualquier empresa, para así obtener de ellos un uso más eficiente y al mismo tiempo, disminuir al máximo los gastos o pérdidas que se imponen al producirse una falla o inconveniente. Dicho esto, cuando las empresas no cuentan con un mantenimiento bien planeado o una actualización frecuente en sus procesos, siempre está latente la posibilidad de que se presenten un gran número de fallas en los equipos, trayendo consigo pérdidas que afectan la productividad y las ganancias de una organización.

La Planta Industrial Valencia forma parte del Negocio de Alimentos Polar Comercial C.A. y está ubicada en la ciudad de Valencia, Estado Carabobo. Su finalidad es el almacenamiento y despacho de granos (Maíz, Arroz, Avena entre otros), además de transformar el maíz en producto semielaborado que sirve de materia prima para plantas cerveceras y otras. El proceso de transformación del maíz está conformado por las siguientes fases Recepción, almacenamiento y secado, Desgerminación, Laminación, Molienda y Despacho (granel).

El proceso de laminación consiste en alcanzar la modificación de la estructura molecular de los almidones de maíz por medio del choque mecánico de un par de rodillos lisos contra el endospermo de maíz y mantenerlos modificados para su posterior utilización en otros procesos industriales. Para lograr el objetivo definido se divide el proceso de laminación en los siguientes subprocesos: Acondicionamiento, cocción, laminador, secado, enfriado, pre-molienda y almacenamiento.

El área de laminación está dividida en dos secciones la 1 y la 2. Cada sección consta de un mezclador sinfín premojo intensivo de grits, un sinfín distribuidor, un sinfín dosificador, dos molinos laminadores, una unidad de lubricación para los dos laminadores, dos temperbines, dos cocinas verticales entre otros equipos. Actualmente en los subprocesos de acondicionamiento y laminador se han presentado diversas fallas, las cuales han estado afectando el proceso productivo de la planta.

En el subproceso de acondicionamiento el endospermo terminado se envía, con la ayuda de un sistema neumático, desde los silos de almacenamiento hasta los sinfines de premojo intensivo donde se adiciona agua y vapor. Por medio de altas revoluciones y un grupo de álabes rectos se logra una mezcla homogénea del agua con todas las fracciones del grano. El endospermo permanecerá en premojo dentro de unos temperbines, con lo cual se asegura que todos y cada uno de los granos de endospermo absorban el agua su interior y se vuelven esponjosos.

En acondicionamiento se encuentra el mezclador sinfín premojo intensivo de grits o sinfín de premojo, el cual se encarga de mezclar, dosificar y transportar el grits o endospermo acondicionado. Cuando el producto pasa por el mezclador, al salir se compacta y produce que el eje del mezclador se ralentice y como el motor sigue girando a su velocidad de trabajo produce que las correas se rompan por rozamiento con las poleas, que el producto se filtre hacia los sistemas de aspiración, desgaste del equipo, compactación de tuberías y exclusiva. Sin embargo, el mezclador sigue recibiendo producto que se acumula y no es detectada la falla en el Supervisorio del SCADA.

El subproceso de laminación inicia una vez que el endospermo se gelatiniza, este se hace pasar por medio de un rodillo alimentado, a través de un par de rodillos lisos a alta presión con el objetivo de ejercer un trabajo mecánico sobre el endospermo y obtener las hojuelas de maíz. En Planta de Valencia existen cuatro bancos de rodillos lisos, uno por cada cocina. Los laminadores se encargan de recibir el grits pasado por las cocinas verticales para laminarlo. Este se compone de dos

masas controladas por presión, una fija y una móvil.

El sistema de control de las masas de los laminadores se realiza a través de una unidad hidráulica, esta se regula y deja fija mediante una válvula. Se necesita controlar la presión en las masas del laminador, la cual tiene que permanecer en el rango de (48 a 52) bar; esta tiende a variar y en muchas ocasiones se sale del rango establecido, lo cual produce diversas fallas bien sea si aumenta o disminuye la presión.

Si la presión es menor de los 48bar, las masas se separan y el producto no cumple con los parámetros de laminación establecidos o en su defecto no lamina adecuadamente, ocasionando problemas también en el área de calidad. Si la presión sube mayor a los 52bar las masas se acercan más lo cual produce mucha vibración en el equipo, daño de la base y ruptura de las barras roscadas del gato hidráulico, desgaste y deformación de las masas, las uñas de los pistones, cilindro hidráulico, deformación de las uñas del pistón que sujetan la ballesta.

Los laminadores mencionados anteriormente necesitan tener en sus rodamientos una lubricación constante para su funcionamiento efectivo; el cual se suministra mediante una unidad de lubricación. Si la unidad de lubricación deja de suministrar el lubricante a los rodamientos del laminador, este continuara funcionando y no se cuenta actualmente con una alarma que indique que la unidad de lubricación no está bombeando aceite o si el filtro se encuentra tapado y esto ocasiona que los rodamientos de las masas del laminador se dañen.

Cuando se deja de suministrar el lubricante a los rodamientos, estos se rozan y de ellos se desprenden partículas las cuales quedan dentro del sistema de lubricación cuando se reestablece lo que a su vez produce la obstrucción del filtro y se deberá hacer un vaciado del sistema de lubricación para que el filtro no se obstruya.

Actualmente no se cuenta con un mecanismo que detecte estas fallas ni que les indique a los operadores en el sistema Supervisorio del SCADA que deben tomar alguna medida para evitar que el proceso se detenga. En el histórico de fallas desde el 2016 hasta finales del 2017 se han presentado en conjunto las 3 fallas

mencionadas, un total de 66 paradas que se traducen en 153 horas de paradas en la producción y pérdidas en reposición de materiales dañados.

## **2.2. Formulación del problema.**

Considerando la situación anteriormente planteada, surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede mejorar el sistema de control automatizado del proceso de producción de hojuelas en el área de laminación en APC Planta Industrial Valencia?

## **2.3. Objetivos de la investigación.**

### **2.3.1. Objetivo general.**

Proponer una mejora para el sistema de control automatizado del proceso de producción de hojuelas en el área de laminación en APC Planta Industrial Valencia.

### **2.3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar las fallas que afectan el proceso de laminación.
- Determinar los aspectos de mayor influencia que hay en el sistema de control automatizado del proceso de laminación.
- Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y financiera para la determinación de la viabilidad de los sensores, cableado, INTOUCH y entradas/salidas del PLC para el sistema.
- Diseñar la mejora del sistema de control de automatizado que permita la adecuación a las fallas presentes en el proceso de laminación.

## **2.4. Justificación de la investigación.**

La automatización de los procesos industriales en las últimas décadas, por su rendimiento, rapidez en los procedimientos, seguridad de información, la precisión y exactitud minimizando los errores es lo que más se está implementando en las empresas como el avance y desarrollo organizacional. Atendiendo a estas consideraciones mencionadas, se tiene que buscar mantener los procesos lo más

actualizado posible aplicando a su vez mejoras que permitan solventar las fallas que se estén presentando en los procesos.

Al llevar a cabo lo previamente planteado se obtendrán mejoras notables en el sistema de control automatizado del proceso de laminación, disminuyendo a si la cantidad de paradas existentes en el proceso a causa de las fallas mencionadas, se asegurara una vida útil más larga a los equipos afectados, menor desgaste en las piezas mecánicas del sistema, mayor vida útil de los motores, aumento de la producción, mayor calidad en los productos debido a una menor cantidad de fallas.

La universidad José Antonio Páez, también recibirá un gran aporte con esta investigación, debido a que, si algún estudiante de la escuela de Electrónica o bien de otra carrera tiene una inquietud o desea aprender más acerca del tema, podrá acceder a esta investigación y obtener la información fácilmente.

Finalmente es oportuno mencionar que este trabajo tiene un importante significado debido a que los objetivos a desarrollar representan un avance para futuros lineamientos con respecto al tema, ya que, si en algún momento la empresa desea realizar alguna ampliación en sus líneas de producción se tendrá diseñado el sistema con las mejoras, o bien si existe una problemática similar en otra planta servirá como guía.

## **2. 5. Alcance.**

Este proyecto de pasantía abarca el diseño de una mejora en el sistema automatizado que permita el control y supervisión del proceso de laminación en la producción de hojuelas cerveceras de la Planta Industrial Valencia. Esta propuesta consta de un informe especificado entregado al Gerente de la planta, la propuesta de modificación en el programa del PLC, el diseño de ventanas y adaptación de las variables al supervisorio y diseño de instalación de los sensores necesarios. La culminación del proyecto tendrá lugar con la finalización y entrega del diseño.

## **2. 6. Limitaciones.**

En esta investigación, al igual que en otras, presenta ciertas limitantes momento de implementar un proyecto de automatización, entre ellas se encuentra la falta de acceso a los materiales y equipos más avanzados que se observan en el campo de la automatización. También, debido a la falta de instrumentos y componentes electrónicos a nivel nacional, dificulta la adquisición, sobre todo los importados que no se encuentren en el almacén de planta.

## CAPÍTULO III

### MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

#### 3.1. Antecedentes.

En primer lugar, Carlos Mendoza (2015). Universidad Técnica Salesiana. En su tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, titulada **Diseño e implementación de un prototipo de sistema automatizado para la alimentación y climatización de una granja porcina**, tuvo como objetivo principal la creación de un diseño que se basa en una propuesta del diseño de un sistema semiautomático para la alimentación y climatización de una granja porcina siendo el objetivo específico la utilización de la tecnología para el crecimiento de los cerdos que permitirá optimizar tiempos y recursos, que resulta complejo al realizar las operaciones manuales. Se observa en esta investigación un alto grado de conexión con el presente trabajo debido a que se automatizara con un PLC Siemens al igual que el que se encuentra en la planta y también posee en su maquinaria del proceso, equipos similares como lo son, los tornillos sinfín, tolvas, elevadores de cangilones, elevador con tornillo sinfín. Esta investigación también se describe la aplicación de los controles de lazo cerrado y abierto como los que se encuentran en APC Planta industrial Valencia.

Así mismo Luis Betancourt (2015). Procedente de la misma universidad y optando por el título, realizó su trabajo de investigación que se titula **Diseño e implementación un sistema SCADA utilizando el software INTOUCH con red Ethernet para la planta Liofilizado para la compañía de elaborados de café “EL CAFÉ C.A.”**. Expresa en él un completo ejemplo de un diseño para un sistema SCADA utilizando el mismo software INTOUCH al cual le ofrece un uso y ejemplos detallados tanto de la adquisición de las variables del PLC como también los diseños de ventabas y alarmas, tomando en su trabajo variables similares a las que se trataran en este trabajo de investigación como los son la presión y su ajuste a un SetPoint.

Del mismo modo Juan E. Guarella (2011), presento un proyecto de motores de Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, titulado *Sensores y actuadores en motores*. En el cual se hace una descripción de aplicaciones, estructura y explicación de una gran variedad de sensores usados en las industrias para los proyectos de automatización. Entre esta gamma de sensores se encuentran varios usados en la planta y pensados para implementarlos en las mejoras del proceso de laminación como lo son el inductivo de proximidad y el sensor de flujo.

### 3.2. Bases teóricas.

#### 3.2.1. El Maíz.

Es una especie de gramínea anual originaria y domesticado por los pueblos indígenas en el centro de México<sup>12</sup> desde hace unos 10 000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

La longitud de la mazorca madura oscila entre 7,5 cm y hasta 50 cm, con un número de filas de granos que puede ir desde 8 hasta 36 o más. En el maíz de harina predomina el almidón blando o menos compacto, que facilita la molienda del grano. Se cultiva mucho en los Andes sudamericanos, en los territorios que ocupaba el antiguo Imperio inca.

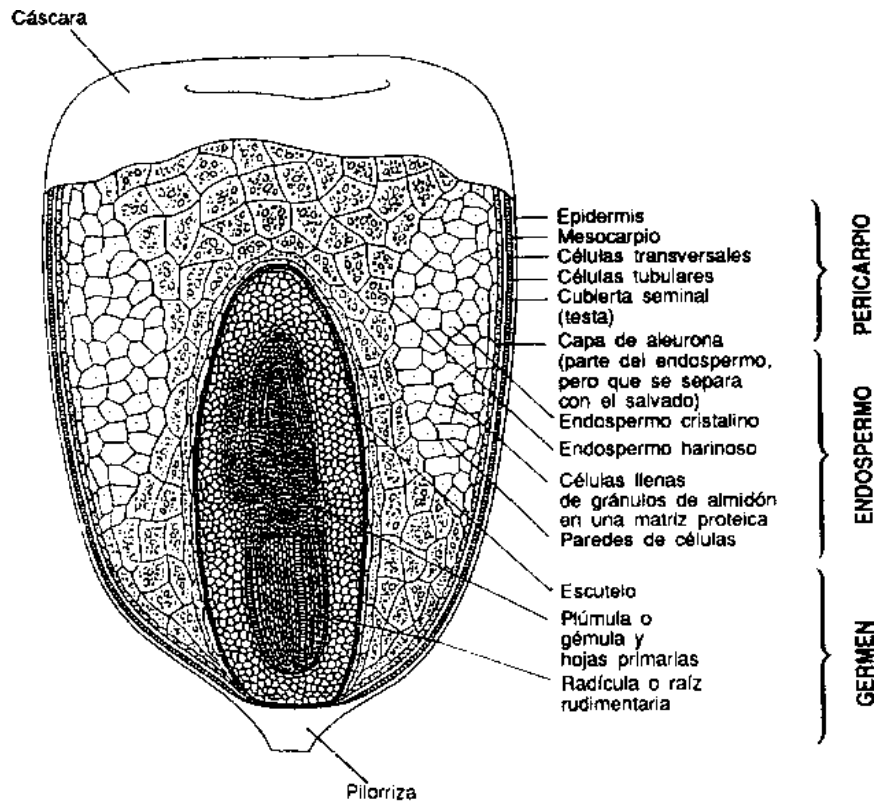
COMPOSICION	% EN PESO	% EN GRASA	% PROTEINA	% CENIZA	% ALMIDON
MAIZ ENTERO	100	4.8	9.2	1.4	77.0
ENDOSPERMO	82	0.9	9.0	0.3	86.0
CONCHA	5	1.0	3.5	0.5	7.5.
GERMEN	12	34.5	18.0	10.0	9.0
PICO	1	3.8	9.3	1.5	5.3

**Cuadro 1. Composición del maíz.**

Fuente. Roxy Aguilar (2018)

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. El grano de maíz maduro está compuesto por 3 partes principales:

- **Pericarpio:** Capa exterior de cubierta protectora dura y fibrosa que encierra al grano. Comprende el pericarpio la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege al embrión. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias
- **Endospermo:** Reserva energética, representa el 80-84% de peso total del grano. Compuesta por 90% de almidón y 7% proteína. acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos. Funciona como dador de energía a la planta en su desarrollo.
- **Germen:** En el extremo más bajo del grano ocupando el 9,5 al 12 % del volumen total de grano. Posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo que constituye una gran reserva de alimento. En el grano maduro el germen contiene alto porcentaje de aceites (35 - 40%).



**Figura 3. Composición del grano de Maíz.**

Fuente. Recopilación de ILSI Argentina. (2006).

### 3.2.2. Producción de hojuelas cerveceras.

Consiste en alcanzar la modificación de la estructura molecular de los almidones de maíz por medio del choque mecánico de un par de rodillos lisos contra el endospermo de maíz y mantenerlos modificados para su posterior utilización en otros procesos industriales. Para lograr el objetivo definido se divide en proceso de laminación en los siguientes subprocesos:

#### 3.2.2.1. Acondicionamiento.

El endospermo terminado se envía, con la ayuda de un sistema neumático, desde los silos de almacenamiento hasta los sinfines de premojo intensivo donde se adiciona aguay vapor. Por medio de altas revoluciones y un grupo de álabes rectos se logra una mezcla homogénea del agua con todas las fracciones del grano. El

endospermo permanecerá en premojo dentro de unos temperbines, con lo cual se asegura que todos y cada uno de los granos de endospermo absorban el agua su interior y se vuelven esponjosos.

#### **3.2.2.2. Cocción.**

El endospermo pre mojado se extrae de los temperbines por medio de un mecanismo vibratorio y cae por gravedad hasta las cocinas verticales, donde es adicionado vapor saturado a través de una flauta, con el objetivo de lograr la gelatinización de los almidones de maíz.

#### **3.2.2.3. Laminado.**

Una vez que el endospermo se gelatiniza se hace pasar, por medio de un rodillo alimentador, a ajo mecánico sobre el endospermo y obtener las hojuelas de maíz mediante el proceso de laminación en caliente. En Planta de Valencia existen cuatro bancos de rodillos lisos, uno por cada cocina.

#### **3.2.2.4. Secado.**

Las hojuelas inmediatamente después de producidas se recolectan en un sinfín y se introducen en una secadora de haz tubular con vapor. El objetivo del secado es extraer la humedad que existe en las hojuelas y evitar la retrogradación de los almidones.

#### **3.2.2.5. Enfriado.**

Las hojuelas secas se envían por medio de un sistema neumático hasta las enfriadoras verticales de cascadas, las cuales, por medio de aire ambiental forzado disipan el calor remanente de las hojuelas para evitar la condensación de agua dentro de los silos y prevenir la retrogradación de los almidones.

#### **3.2.2.6. Pre- Molienda**

Con las hojuelas secas y frías se procede a reducir su tamaño con la utilización de los bancos de rodillo estriado. El objetivo del molido es reducir el tamaño de las hojuelas para lograr un mejor aprovechamiento de los silos de almacenamiento de hojuela.

### 3.2.2.7. Almacenamiento.

Luego que a la hojuela se le reduce de tamaño en los molinos estriados, caen por gravedad hasta dos sinfines distribuidores, los cuales se encargan de depositarla en el almacenamiento deseado. Se dispone de una capacidad de almacenamiento de 628 m<sup>3</sup> de hojuela para un posterior despacho a granel.



**Figura 4. Diagrama del proceso productivo en la elaboración de hojuela cervecera.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

### **3.2.3. Proceso de Laminación.**

La laminación consiste en la reducción de la sección transversal de un material, al hacerlo pasar entre rodillos cilíndricos que giran en sentido opuesto. Dichos cilindros producen la deformación plástica del material por medio de esfuerzos de compresión y corte. Los de compresión se deben a que según el material se introduce entre los rodillos, el espesor libre entre ellos va siendo menor; los esfuerzos cortantes son debidos a que las fibras externas del material están sujetas a la fuerza de fricción de los rodillos.

Hoy en día, la laminación es el medio más económico para reducir la sección transversal de un material, y tiene por esto un gran campo de aplicaciones tanto en frío como en caliente. Algunas de sus características y limitaciones son:

Laminación en frío:

- Buen acabado superficial
- Buen control dimensional
- Bajo porcentaje de reducción posible. Se hace necesario un recocido para aliviar tensiones por deformación plástica en frío (acritud)

Laminación en caliente:

- Posibilidad de altos porcentajes de reducción
- Deficiente acabado superficial
- Limitado control dimensional
- Menores cargas de deformación

Las teorías desarrolladas para laminado en caliente no han alcanzado el grado de avance que se tiene para laminado en frío, debido principalmente a que las condiciones de fricción (varía punto a punto en función de materiales, lubricación y temperatura) y el esfuerzo de cedencia es una función compleja de la temperatura y de la velocidad de deformación, para un material dado.

La potencia necesaria para laminar un material se consume principalmente en cuatro puntos; (a) Deformación del material, (b) Pérdidas debidas a fricción en los rodamientos, (c) Pérdidas en reductores de velocidad y en la transmisión en general,

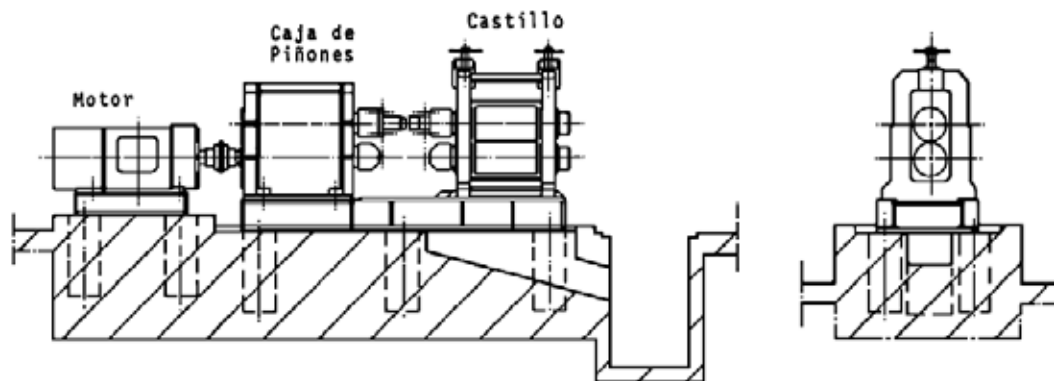
(d) Pérdidas de tipo eléctrico en motores y generadores.

La fricción existente entre los rodillos y el material durante el proceso es de gran importancia para un adecuado desarrollo de éste. Las grandes producciones comunes de los modernos trenes de laminación, vuelven imperativa la necesidad de que estas instalaciones estén bajo un control automático. El espesor del material laminado puede variar tanto a lo ancho como a lo largo.

La unidad básica a través de la cual se realiza el proceso se denomina caja de laminación. Está constituida por el bastidor, chumaceras, medios de accionamiento y sistemas de ajuste de la apertura de los rodillos, así como de otros elementos auxiliares tales como las guías de entrada y salida. Estos arreglos se designan o clasifican de acuerdo con el número y disposición de los rodillos, se tiene entonces:

- Laminador o arreglo dúo
- Arreglo trío
- Laminador cuarto
- Laminador de racimo
- Laminador sendzimir

Laminador o arreglo dúo: Es la disposición más antigua, sencilla y versátil, ya que se emplea tanto en desbaste como en acabado. Consiste en dos rodillos que giran en sentido opuesto, cuyo eje de rotación es horizontal, y están contenidos en un mismo plano vertical. En el caso de que se cuente con una sola caja para realizar el proceso, éste será lento debido al tiempo que se pierde al llevar el material a la entrada del laminador, además de que se requieren mesas elevadoras.



**Figura 5. Laminadores de dos rodillos.**

Fuente. Modelado de procesos de manufactura, Laminación (2004).

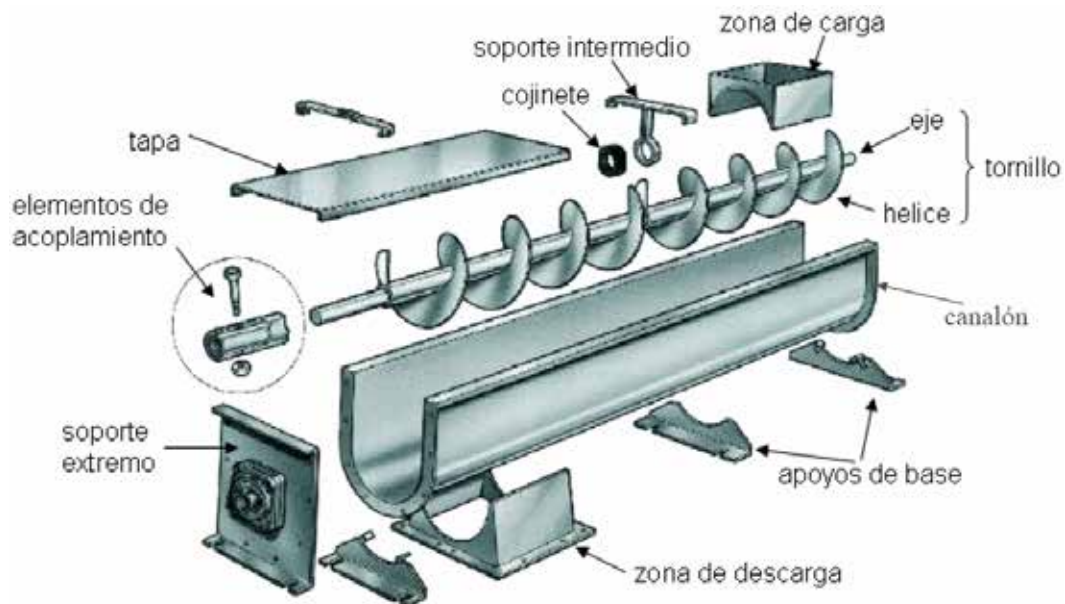
#### 3.2.4. Premojo del grits.

En el subproceso de acondicionamiento el endospermo terminado se envía, con la ayuda de un sistema neumático, desde los silos de almacenamiento hasta los sinfines de premojo intensivo donde se adiciona agua y vapor. Por medio de altas revoluciones y un grupo de álabes rectos se logra una mezcla homogénea del agua con todas las fracciones del grano. El endospermo permanecerá en premojo dentro de unos temperbines, con lo cual se asegura que todos y cada uno de los granos de endospermo absorban el agua su interior y se vuelven esponjosos.

El premojo se divide en tres partes:

- **Mezclador:** En esta etapa se recibe el endospermo y se mezcla y acondiciona con una dosificación de agua y vapor, el producto pasa a través de un equipo llamado sinfín premojo intensivo de grits. Este equipo es un cilindro inclinado que transporta el producto mediante un tornillo sinfín.
- **Acondicionador:** Se encarga de mezclar el producto al salir del acondicionador y continúa dosificando e igualmente, es un tornillo sinfín que lo transporta hasta el selector.
- **Selector:** Es similar al mezclador, su función es transportar mediante un tornillo sinfín el producto hacia cualquiera de los temperbines seleccionados con una

válvula de posición en el supervisorio, e incluso a ambos.



**Figura 6. Transportador sinfín.**

Fuente. Universidad Carlos III de Madrid, Tornillos sin fines (2004).

### 3.2.5. Sistema de lubricación.

El principio de funcionamiento consiste en utilizar una bomba para repartir grasa o aceite desde un depósito central hacia los puntos de lubricación de forma completamente automática. Este sistema aporta perfectamente las cantidades de grasa o aceite especificadas por los fabricantes de maquinaria. Todos los puntos de lubricación alcanzados reciben el suministro óptimo de lubricante, reduciendo el desgaste. Como consecuencia se incrementa considerablemente la vida de servicio de los elementos de la máquina y a su vez se reduce el consumo de lubricante.

#### 3.2.5.1. Sistema de línea doble.

- **Aplicaciones:** Los sistemas de línea doble se usan para lubricar máquinas e instalaciones con un gran número de puntos de lubricación, largas distancias y condiciones adversas de funcionamiento. Plantas de generación (turbinas,

ventiladores), acerías, fundiciones, trenes de laminado, hornos continuos, minería (roto palas), cintas de transporte, plantas de azúcar (molinos y secadores), industria de la alimentación (líneas envasadoras), industria química, petroquímica, fábricas de cemento, canteras, etc.

- **Principio:** Este sistema de lubricación centralizada, está basado en 2 líneas principales, que son presurizadas y despresurizadas alternativamente. Está diseñado para aceite ISO VG con una viscosidad mayor de 50 mm<sup>2</sup> también para grasa de hasta grado NLGI 3. Estos sistemas pueden diseñarse para circuitos abiertos en operaciones intermitentes.
- **Componentes:**
  - Bomba neumática o eléctrica con depósito o sobre barril.
  - Válvula inversora.
  - Unidad de control.
  - Distribuidores de línea doble.
  - Presostatos y dos líneas principales, así como de todos los racores y material necesario para su instalación.
- **Ventajas:**
  - Elevada seguridad de trabajo gracias a la medida de la diferencia de presión al final de las líneas, así como fácil supervisión.
  - Facilidad de cambio en la aportación de grasa a cada uno de los puntos por el uso de distribuidores de línea doble.
  - Tamaño del sistema, con posibilidad de más de 1000 puntos de lubricación dentro de un rango de 100 m (longitud de línea efectiva) alrededor de la bomba.
  - Seguridad de operación en los puntos de lubricación gracias a que la presión máxima del sistema es de 400 bar.

### **3.2.6. Sensor Inductivo de subvelocidad.**

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Entre los tipos de sensores inductivos, tenemos los sensores para control de rotación, detección de deslizamiento, eje detección de sobrecarga. Estos sensores autónomos de monitoreo en velocidad de rotación incorporan la electrónica de detección y procesamiento de impulsos, así como la salida que son necesarios para establecer un dispositivo de control de rotación integrado.

La unidad proporciona una solución económica para detectar el deslizamiento, rotura de la correa, sobrecarga, etc., en las siguientes aplicaciones: cintas transportadoras, elevadores de cangilones, archemedianos tornillos, trituradoras, trituradoras, bombas, secadoras centrífugas, mezcladoras, etc.

La señal de salida de sensores como el XSA-V12801 es procesada por un comparador de impulsos incorporado en el sensor. La frecuencia de impulso  $F_c$  generada por la parte móvil a controlar es en comparación con la frecuencia  $F_r$  preestablecida en el sensor. El circuito de conmutación de salida del sensor en el estado cerrado para  $F_c > F_r$  y el estado abierto para  $F_c < F_r$ . Los sensores XSA-V son especialmente adecuados para la detección de la sobrevelocidad: cuando la parte móvil  $F_c$  cae por debajo de un umbral predeterminado  $F_r$ , esto hace que el circuito de salida del sensor se apague.

### **3.3. Definición de términos básicos.**

**Tornillo sinfín:** Es un dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí, mediante un sistema de dos piezas: el "tornillo" (con dentado helicoidal), y un engranaje circular denominado "corona".

**Desgerminación:** Consiste en la separación entre el grano de maíz y el germen y el

pericarpio, dejando solo el endospermo.

**Grits:** Material que se usa en el proceso el cual está conformado por el endospermo luego de ser acondicionado.

**Temperbines:** Son contenedores que se utilizan para almacenar el grits luego de pasar por el premojo, estos ayudan a mantener la temperatura del producto y contienen en su salida un rotoflow que evita la compactación del producto provocando un libre flujo.

**Motorreductor:** Los Reductores o Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Los Motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

**Esclusa:** También conocidas en el sector como válvulas rotativas, es un elemento preseparator, consiste en un rotor con cavidades que gira dentro de una carcasa cilíndrica, la cual permite el flujo de producto a través de ella conservando las condiciones de los equipos presentes aguas arriba y aguas debajo de la válvula rotativa.

**Gato hidráulico:** Los gatos hidráulicos se utilizan en aplicaciones que requieren una gran capacidad de carga, o bien una máxima facilidad y velocidad de accionamiento para cargas medianas.

**Pistón:** Su función principal es la de constituir una pared móvil de la cámara de combustión, transmitiendo a la energía de los gases de la combustión al cigüeñal mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro.

**Lubricación:** La lubricación o lubricación es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas. La película de lubricante interpuesta

puede ser un sólido, (por ejemplo, grafito, MoS<sub>2</sub>), un líquido (grasa) o excepcionalmente un gas.

**Rodamiento:** Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

**Subvelocidad:** Es un termino que se utiliza para referirse a la cualidad de ciertos sensores de proximidad para control de rotación.

**Interruptor de flujo:** El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas. Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrolla. Al respecto, Balestrini (2006, p.125) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”.

En el capítulo a continuación se expondrán las técnicas metodológicas usadas y se detallaran cada una de las fases las cuales comprenden la investigación.

#### **4.1 Tipo de investigación**

Según Balestrini (2002, p.9), los proyectos factibles “son aquellos que proponen la formulación de modelos, sistemas entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad o estudios de las necesidades a satisfacer”.

Así mismo, un proyecto factible o investigación proyectiva, de acuerdo con Hurtado (2008, p.47), “consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, una programa o modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo practico, ya sea de un grupo social, o de una institución, región o área geográfica de un área particular a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades”.

De todo lo antes mencionado se puede señalar que la investigación es un proyecto factible o proyectiva por cuanto consiste en elaborar una propuesta para mejorar el sistema de control automatizado del proceso de producción de hojuelas en el área de laminación de la empresa Alimentos Polar Comercial, Planta Industrial Valencia.

## **4.2 Diseño de la investigación.**

Éste trabajo también está diseñado con una estrategia de una investigación de campo. Que el manual de la UPEL (2005) define como:

El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito, bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o producir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquier paradigma o enfoques de investigaciones conocidas o en desarrollo.

De igual manera, la información utilizada se deriva de fuentes sacadas mediante entrevistas, documentación encontrada y cualquier otro recurso que suministre información del proyecto de investigación.

## **4.3 Nivel de la investigación.**

La investigación a realizar será de carácter descriptivo. Que según Sabino (1986) dice que: La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada.

De acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, la investigación referida a la cultura de innovación en las organizaciones de investigación de los institutos Universitarios de Tecnología de la Región Andina, se considera como una investigación de tipo descriptiva, orientada a analizar el comportamiento de la variable en el contexto de estudio. Para Arias (2016, p.24), la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Al mismo tiempo Silva (2008, p.20), considera que la investigación descriptiva es “caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta: señala sus características y propiedades, interpreta lo que es y describe la situación de las cosas en el presente”.

#### **4.4 Fases de la investigación.**

Para el desarrollo y culminación de esta parte de la investigación se deberá seguir una serie de fases con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en el capítulo I. Se procede a exponer y explicar la forma en la que se va a lograr que los mismos se cumplan:

**Fase I: Estudiar el proceso e identificar las fallas que afectan el subproceso de laminación.** En esta fase se identificará por medio de las técnicas de observación directa todas las variables que afectan el proceso de laminación y que acarrearán las fallas mencionadas en capítulos anteriores; con el fin de describirlas e interpretarlas. Se hará una visita al lugar donde se encuentre ubicado el proceso a estudiar y luego se intentará determinar mediante la observación cualquier comportamiento inusual del mecanismo, el cual se registrará en un cuaderno de notas.

**Fase II: Determinar los aspectos de mayor influencia que hay en el sistema de control automatizado del proceso de laminación.** En esta fase se inspeccionarán los equipos con mayor recurrencia de falla, estos son el mezclador premojo y el molino laminador, a su vez sus sensores, motores y control a fin de poder determinar cuáles son los aspectos que tienen mayor influencia en el proceso de laminación y que pudieran ser el motivo de las fallas frecuentes que ha venido presentando el proceso.

**Fase III: Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y financiera para la determinación de la viabilidad de los sensores, cableado, INTOUCH y entradas/salidas del PLC para el sistema.** Gracias a los datos obtenidos en la fase anterior, se procederá a realizar el estudio de factibilidad, que permitirá conocer las posibilidades que tiene de lograrse la propuesta en estudio; esto se realizará mediante la evaluación de Proyecto Factible.

**Fase IV: Diseñar la propuesta de mejora del sistema de control de automatizado que permita la adecuación a las fallas presentes en el proceso de laminación.** En esta fase se diseñará una adaptación del proceso que permita la adecuación del sistema de control automatizado; el mismo debe de ser apto para las condiciones en las cuales se va a desarrollar, de fácil uso, y de bajo costo y rentable para la empresa.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

**5.1. Fase I: Estudiar el proceso e identificar las fallas que afectan el subproceso de laminación.** En esta fase se identificará por medio de las técnicas de observación directa del proceso, todas las variables que afectan el proceso de laminación y que acarrearán las fallas mencionadas en capítulos anteriores; con el fin de describirlas e interpretarlas. Se hará una visita al lugar donde se encuentre ubicado el proceso a estudiar y luego se intentará determinar mediante la observación cualquier comportamiento inusual del mecanismo, el cual se registrará en un cuaderno de notas.

#### **5.1.1. Descripción del proceso.**

En la planta se cuentan con cuatro (4) subprocesos, los cuales son Recepción, donde se recibe el producto bien sea maíz, arroz o avena; Desgerminación, este subproceso solo es usado cuando se está produciendo hojuelas de maíz ya que el arroz que se recibe en la planta se encuentra desgerminado, en este proceso se separa del grano de maíz el endospermo, germen, pericarpio y el pico. El pericarpio es llamado material extraíble, el cual se seca y envía como materia prima para la producción de aceite; así mismo el germen y el pico del maíz son usados en otra planta para la producción de alimentos para animales debido a su alto contenido en grasa y proteína. El endospermo es el subproducto que se utiliza para la elaboración de la hojuela cervecera, ya que por sus propiedades es la más idónea para el proceso cervecero y no ocasionara conflictos con el proceso de fermentación de la cerveza, el cual se ve gravemente afectado por la aparición de la grasa.

En Laminación se crea la hojuela cervecera a partir del endospermo y finalmente el Despacho, bien sea de material extraíble, hojuelas o flakes y los desechos. A continuación se muestra el Supervisorio del Proceso de laminación:

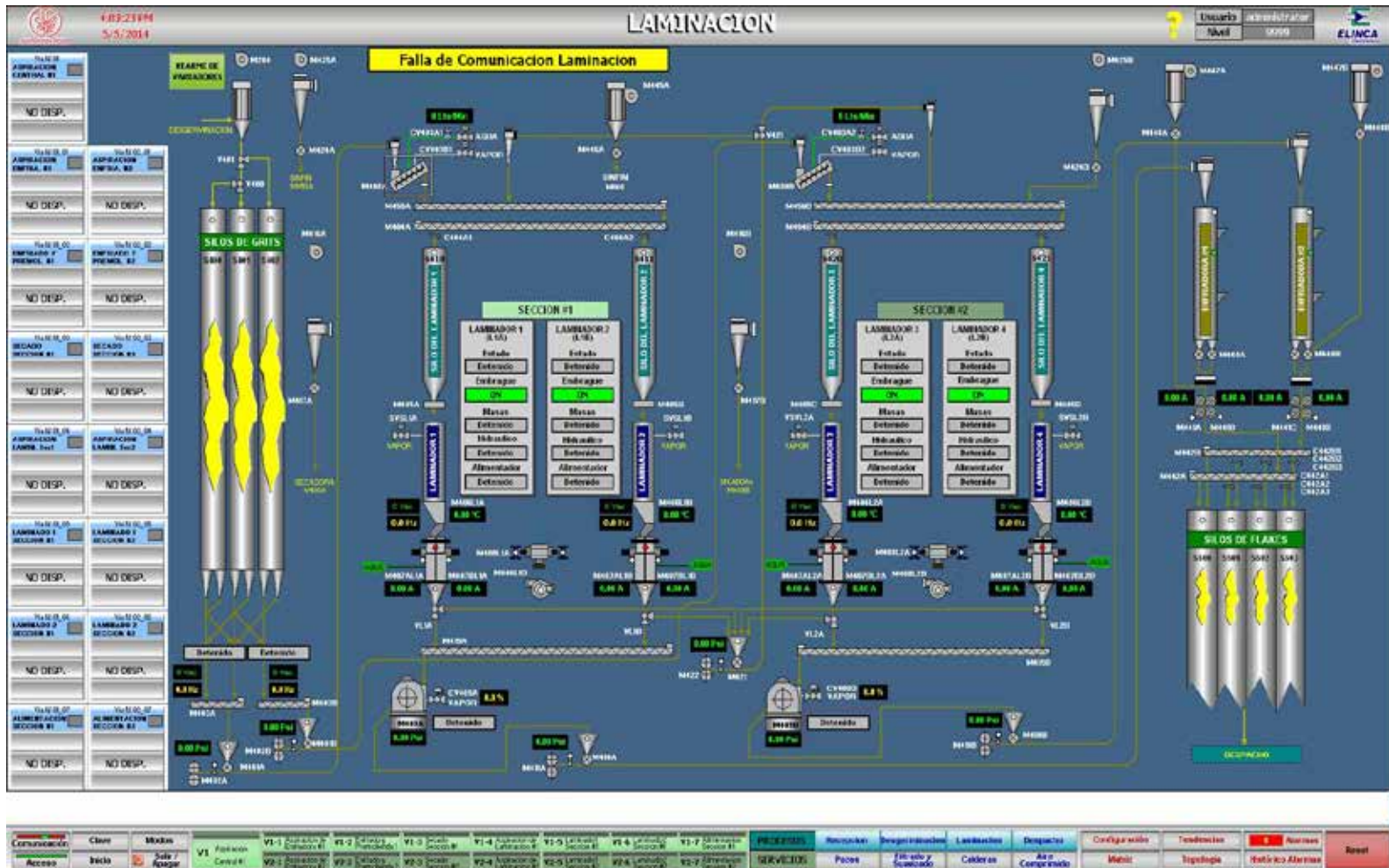


Figura 7. Proceso de laminación, Supervisor del SCADA.

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

El proceso de laminación consiste en alcanzar la modificación de la estructura molecular de los almidones de maíz por medio del choque mecánico de un par de rodillos lisos contra el endospermo de maíz y mantenerlos modificados para su posterior utilización en otros procesos industriales. Para lograr el objetivo definido se divide el proceso de laminación en los siguientes subprocesos: Acondicionamiento, cocción, laminador, secado, enfriado, pre-molienda y almacenamiento.

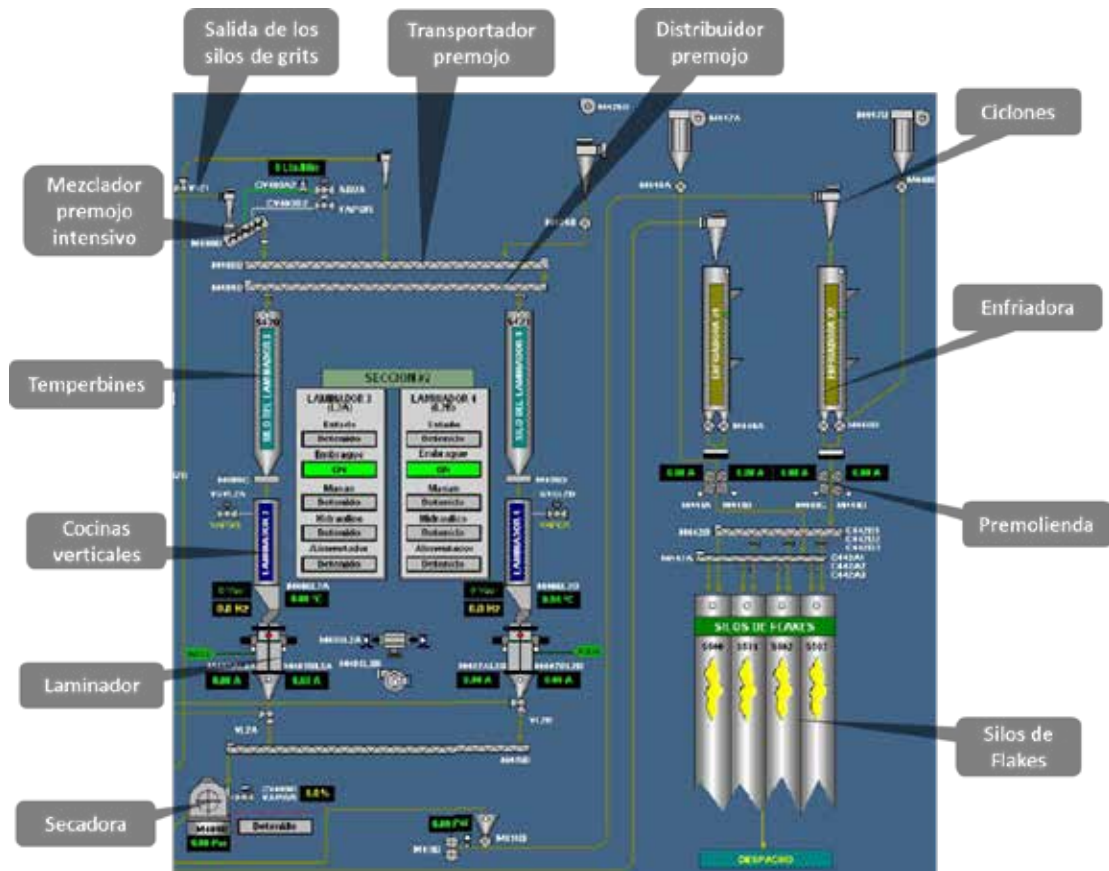
Es el proceso posterior al de desgerminación si se trabaja con maíz, cuando se trata de arroz no amerita desgerminación y se inicia directamente con la laminación luego de su transferencia a planta. Dicho proceso inicia desde los silos de grits hasta finalmente, antes de su despacho, los silos de flakes.

### **5.1.2. Descripción del proceso de laminación por sección.**

Está formado por dos secciones la 1 y la 2 independientes cada una; procedemos a describir el funcionamiento de una sección. Cada una de ellas consta de un mezclador premojo intensivo de grits, un sinfín distribuidor, un sinfín dosificador, dos molinos laminadores, una unidad de lubricación para los dos laminadores, dos temperbines, dos cocinas verticales entre otros equipos. Actualmente en los subprocesos de acondicionamiento y laminador se han presentado diversas fallas, las cuales han estado afectando el proceso productivo de la planta.

Al salir el producto de los silos de grits se da inicio al proceso de laminación, dicho producto es subido por conductos hacia el mezclador premojo intensivo de grits mediante el impulso de las bombas soplante. Allí el grits es acondicionado con agua y vapor; dicho equipo posee una estructura de manera inclinada para prolongar el tiempo de tránsito del producto sobre él, y así el maíz pueda absorber de manera eficiente el agua y el vapor. Posteriormente es enviado al dosificador de premojo el cual se encarga de continuar aplicando la dosificación al producto de agua y vapor, de igual manera se encarga de transportar el producto hasta el distribuidor de

premojo que selecciona hacia cual laminador irá, cada sección consta de dos laminadores. A continuación, se detalla los equipos de una sección de laminación:



**Figura 8. Sección dos del proceso de laminación, Supervisorio del SCADA.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

Luego de pasar por el distribuidor es enviado a los temperbines, para almacenar y preservar la temperatura y humedad del grits ya acondicionado, posteriormente es enviado a las cocinas verticales para otra pre cocción. Luego el maíz blando pasa al molino laminador, en donde el grits es sometido a la fuerza aplicada por los dos rodillos, para convertirse en hojuelas las cuales se secan y enfrían para concluir el proceso en la premoleda, en esta se tritura el maíz no en su totalidad; finalmente se

obtiene la hojuela cervecera la cual se almacena en los silos de Flakes para su posterior despacho.

### **5.1.3. Variables que afectan el proceso.**

Las variables con mayor incidencia en el proceso son: Flujo, bien sea del producto en el proceso, o de los líquidos involucrados como el agua y lubricante aplicado a equipos de gran protagonismo en el proceso como lo es el molino laminador. La mayoría de estas variables son ajustadas mediante válvulas manuales y automáticas. De igual manera, se encuentra la presión hidráulica que es aplicada a diversos equipos es parte fundamental en el proceso, ya que dichos equipos aseguran la calidad de la hojuela para que se mantenga dentro de sus parámetros, y a su vez cuidar la durabilidad del equipo.

En el proceso se cuenta con áreas de pre cocido para el maíz en desgerminación, al igual que cocción y secado de la hojuela en el área de laminación; por lo tanto, la temperatura y la humedad, son de total importancia para que durante el proceso para que así el producto se mantenga en todo momento dentro de las especificaciones o los parámetros establecidos por el departamento de producción y el de calidad.

La velocidad en los equipos, es un aspecto que influye de diferentes maneras, según sea el caso para cada uno. Por ejemplo, la velocidad que posea el motor de un sinfín transportador, es directamente proporcional al flujo de producto que saldrá de él. En otros equipos como por ejemplo las cocinas verticales, tiene que ser una velocidad controlada que asegure la estancia del producto, el tiempo suficiente para su cocción. De igual manera en todos los equipos se tiene que controlar, ya que, si no mantiene la relación de entrada y salida de producto, este puede ocasionar compactaciones del mismo. En la mayoría de ellos se realiza con un variador de frecuencia.

La mayoría de los equipos en la planta son de maquinaria pesada, y utilizan sistemas hidráulicos al igual que los neumáticos. Al ser equipos mecánicos de gran tamaño, se tiene que cuidar su mantenimiento continuo para asegurar una vida útil de los mismos; debido a ello, la lubricación juega un papel fundamental en los equipos y a su vez en la producción de la planta. La correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante.

#### **5.1.4. Fallas que afectan el proceso de laminación.**

##### **5.1.4.1. Compactación en el mezclador de premojo intensivo.**

Actualmente en el proceso de laminación, se han estado presentando diversas fallas que afectan la productividad de la planta, se han tomado tres para el análisis y propuesta de la mejora. Una de ellas ocurre en su mayoría cuando se producen hojuelas de arroz, ya que posee una mayor higroscopia, la cual es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante. Cuando este se dosifica con agua y vapor, modifica sus propiedades físicas haciéndolo esponjoso y se adhiere a las paredes del sinfín.

Cuando el producto pasa por el mezclador, al salir se compacta (ver figura 9) y produce que el eje del mezclador se ralentice y como el motor sigue girando a su velocidad de trabajo produce que las correas se rompan por rozamiento con las poleas, que el producto se filtre hacia los sistemas de aspiración, desgaste del equipo, compactación de tuberías y exclusiva. Sin embargo, el mezclador sigue recibiendo producto que se acumula y no es detectada hasta que ocurre la falla ya que el acople del sin fin no está asociado a diferencia del motor. Finalmente se muestra la parada del equipo en el Supervisorio del SCADA después de sucedida la falla. A continuación se muestra la ilustración del equipo en el Supervisorio.



**Figura 9. Salida del mezclador premojo compactada de arroz.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2017).



**Figura 10. Área de premojo en el proceso de laminación, Supervisorio del SCADA.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

#### 5.1.4.2. Falla en el sistema de lubricación a los rodamientos del laminador.

Dos de las fallas a analizar suceden en el molino laminador, el cual es un equipo de suma importancia para la planta y su producción, el primero consiste en el sistema de lubricación que es aplicada en los rodamientos de cada uno de las masas del laminador. Dicha lubricación es suministrada mediante una unidad de lubricación, esta se mantiene en constante circulación por los rodamientos. El problema es si la unidad de lubricación deja de suministrar el lubricante, este continuara funcionando y no se cuenta actualmente con una alarma que indique que la unidad de lubricación no está bombeando aceite o si el filtro se encuentra tapado y esto ocasiona que los rodamientos de las masas del laminador se dañen.

Cuando se deja de suministrar el lubricante, estos se rozan a sus cavidades y desprenden partículas metálicas, las cuales quedan dentro del sistema de lubricación cuando se reestablece, lo que a su vez produce desgaste físico de los rodamientos y la obstrucción del filtro, por ello se deberá hacer un vaciado del sistema de lubricación para que no se obstruya nuevamente. Actualmente el motor de la bomba es la única variable asociada al PLC, el cual solo indica su estado ON/OFF; dichos problemas suceden cuando la bomba está en estado ON por lo cual el sistema no lo detecta.



**Figura 11. Unidad hidráulica y de lubricación del laminador, Supervisorio del SCADA.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

#### **5.1.4.3. Desajuste en la presión hidráulica en las masas del laminador.**

Por otro lado, se encuentra la falla ocasionada en el sistema de control de las masas en los laminadores se realiza a través de una unidad hidráulica, esta se regula y deja fija mediante una válvula manual. Se necesita controlar la presión en las masas del laminador, la cual tiene que permanecer en el rango de (48 - 52) bar; esta tiende a variar y en muchas ocasiones se sale del rango establecido, lo cual produce diversas fallas bien sea si aumenta o disminuye la presión.

Si la presión es menor de los 48bar, las masas se separan y el producto no cumple con los parámetros de laminación establecidos o en su defecto no lamina adecuadamente, ocasionando problemas también en el área de calidad. Si la presión sube mayor a los 52bar las masas se acercan más lo cual produce mucha vibración en el equipo, daño de la base y ruptura de las barras roscadas del gato hidráulico, desgaste y deformación de las masas, las uñas de los pistones, cilindro hidráulico, deformación de las uñas del pistón que sujetan la ballesta.

El desajuste de la presión en las masas no solo afecta el equipo de forma mecánica, de igual manera la hojuela final es afectada. Debido a que el equipo siguiente al laminador es la secadora, la cual está adaptada para un flujo y aplicación de vapor determinado para un tamaño promedio de la hojuela, al ocurrir un aumento del mismo debido a la apertura o baja presión en las masas del laminador, la hojuela final sale fuera de parámetros en humedad al igual que en las pruebas de calidad realizadas con el consistometro que afecta directamente la consistencia del producto, la cual son la separación y expansión.

Actualmente no se cuenta con un mecanismo que detecte estas fallas ni que les indique a los operadores en el sistema Supervisorio del SCADA que deben tomar alguna medida para evitar que el proceso se detenga. En el histórico de fallas desde el 2016 hasta finales del 2017 se han presentado en conjunto las 3 fallas mencionadas, un total de 66 paradas que se traducen en 153 horas de paradas en la producción y perdidas en reposición de materiales dañados. La siguiente tabla nos

indica los avisos B2 de producción generados en SAP en el periodo estudiado, que ocasionaron las paradas asociadas a las fallas mencionadas:

Aviso	Fecha	Equipo	Descripción de la falla	Parada (H)
18542067	05.01.2016	MOLINO LAMINADOR #2 S1	Rotura de anclaje portacuchilla L2	1,5
18543109	05.01.2016	MOLINO LAMINADOR #2 S1	CUCHILLA DESGASTADA DE LAMINADOR 2	0,42
18601345	18.02.2016	MOLINO LAMINADOR #4 S2	SE PARTE BARRA ROSCADA ESTABILIZADORA	1,5
18602750	19.02.2016	MOLINO LAMINADOR #4 S2	SE PARTE ESPÁRRAGO INFERIOR DEL LAM 4	4,17
18609814	24.02.2016	MOLINO LAMINADOR #3 S2	SE PARTE ESPÁRRAGO DE PORTACUCHILLA L3	0,17
18610150	24.02.2016	MOLINO LAMINADOR #1 S1	PARADA DE LAMINADOR 1	3,58
18640278	17.03.2016	MOLINO LAMINADOR #4 S2	SE PARTE ESPÁRRAGO INFERIOR DEL LAM 4	0,83
18867527	15.11.2016	MOLINO LAMINADOR #4 S2	SISTEMA HIDRAULICO DE MASAS DAÑADO	1,5
18901228	20.12.2016	MOLINO LAMINADOR #3 S2	RUPTURA INTENA BASTAGO GATO HIDRAULICO	23
18902446	21.12.2016	MOLINO LAMINADOR #3 S2	RUPTURA INTERNA DEL VASTAGO DE LAM3	2,37
18939814	08.02.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	Rodamiento dañado Lam 3	11,5
18979706	28.03.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	Cambio de cuchillas en laminador 02	0,67
19016005	16.05.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	CUCHILLAS DEL LAMINADOR DAÑADAS	1
19016873	16.05.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	Cambio y Ajuste cuchillas laminador 1	2
19018532	18.05.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	Ajuste de Cuchillas Laminador 4	1,17
19018533	18.05.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	postizo de pistón lado derecho L4	7,67
19019338	18.05.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	Rotura de pistón masa móvil	8
19022880	23.05.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	Cambio de cuchillas en laminador 03	4
19023509	23.05.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	ruptura de barra roscada	0,75
19031414	01.06.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	Desgaste de cuchilla lam2	1,5
19034919	06.06.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	RODAMIENTO DE MASA LAM#3 DAÑADO	26,75

19035758	06.06.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	Rodamiento del Laminador 3	0
19037418	08.06.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	CAMBIO DE CUCHILLAS LAMINADOR 1	2
19043862	15.06.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	barra corta de laminador 3	6
19044388	16.06.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	VALVULA REGUADORA DE PRESION DE MASAS	1
19053356	27.06.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	CAMBIO DE CUCHILLAS LAMINADOR 2	0,67
19053361	27.06.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	RUPTURA TENSOR DE CUCHILLA LAM#2	0,75
19064381	11.07.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	Montar cuchillas en laminador 3	1,25
19077640	26.07.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	Ajuste de cuchillas Laminador 1	0,75
19082095	01.08.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	Ajuste de cuchillas del Laminador 2	0,42
19084200	03.08.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	SE PARTE BARRA ROSCADA DE PORTACUCHILLAS	0,75
19086210	05.08.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	CAMBIO DE CUHCILLAS	1,5
19089110	08.08.2017	MOLINO LAMINADOR #2 S1	Cambio de cuchillas LAM #2	1,43
19089370	09.08.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	AJUSTE DE CUHCILLAS	0,55
19089467	09.08.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	AJUSTE DE CUCHILLAS	1,5
19090117	09.08.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	RUPTURA DE BARRA ROSCADA DE LAMINADOR 04	0,33
19090291	09.08.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	CAMBIO CUCHILLAS LAMINADOR 04	1,5
19095424	15.08.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	CAMBIO DE CUCHIILLAS Lam #3	2,05
19102105	22.08.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	AJUSTE DE ARO DEL EJE DE MASA MOVIL LAM4	1,67
19102110	22.08.2017	MOLINO LAMINADOR #1 S1	CAMBIO DE CUCHILLAS DEL LAMINADOR 01	0,67
19128784	21.09.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	RUPTURA EN PORTACUCHILLA DEL LAMINADOR 4	1,5
19129137	22.09.2017	MOLINO LAMINADOR #4 S2	Falla en cuchillas de laminador 4	2,75
19135361	29.09.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	RUPTURA BARRA ROSCADA PORTA CUHCILLAS	0,75
19144804	10.10.2017	MOLINO LAMINADOR #3 S2	AJUSTE DE CUCHILLAS	0,75
18592733	12.02.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	SE ROMPEN LAS CORREAS DEL PREMOJO SECC1	1,17
18601324	18.02.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS SINFIN INCLINADO S1	1

18603210	19.02.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	ROTURA DE CORREAS SINFIN INCLINADO 1	1
18604790	20.02.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	SE ROMPEN LAS CORREAS DEL PREMOJO SECC2	1
18611966	26.02.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	SE ROMPE LAS CORREAS DE LA SECCION 2	1,53
18632617	10.03.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	SE ROMPEN LAS CORREAS DEL PREMOJO SECC2	0,5
18662785	07.04.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	ROMPEN CORREAS SINFIN INCLINADO PREMOJO	0
18758197	12.07.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S2	0
18765979	20.07.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S1	0
18770988	26.07.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S1	0
18800213	23.08.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S1	0
18800214	23.08.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S1	0
18821243	13.09.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS PREMOJO INTENSIVO S1	1,08
18883295	30.11.2016	MEZCLADOR PREMOJO S1	Ruptura de correa premojo S2	1,5
18908603	30.12.2016	MEZCLADOR PREMOJO S2	RUPTURA CORREA DEL PREMOJO INTENSIVO II	2,05
18993528	18.04.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	Ruptura de Correas de Premojo s2	1,17
19059718	04.07.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	ruptura de correa	1
19129051	21.09.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	Ruptura de Correas premojo s 1	2
19129142	22.09.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	Ruptura de Correas premojo s 1	1,25
19141029	05.10.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS DE PREMOJO SECCION 01	0,5
19159855	27.10.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS DE PREMOJO SECCION 01	0,78
19171897	09.11.2017	MEZCLADOR PREMOJO S1	RUPTURA DE CORREAS DE PREMOJO SECCION 01	0,75
<b>Total en paradas: 66</b>			<b>Total en horas: 153</b>	

## Cuadro 2. Histórico de fallas en laminación.

Fuente. SAP. (2018).

**5.2. Fase II: Determinar los aspectos de mayor influencia que hay en el sistema de control automatizado del proceso de laminación.** En esta fase se inspeccionarán los equipos con mayor recurrencia de falla, estos son el mezclador premojo y el molino laminador, a su vez sus sensores, motores y control a fin de poder determinar cuáles son los aspectos que tienen mayor influencia en el proceso de laminación y que pudieran ser el motivo de las fallas frecuentes que ha venido presentando el proceso.

### **5.2.1. Mezclador de premojo intensivo.**

Uno de los equipos con mayor recurrencia de fallas en el proceso es el Mezclador premojo intensivo. Este equipo es básicamente un transportador cilíndrico en cuyo eje se encuentra un tornillo sinfín. Su funcionamiento consiste en recibir el producto por su entrada, mezclarlo con una dosificación aplicada de agua y vapor para que el grits absorba las mismas, al mismo tiempo que lo va transportando hacia el sinfín dosificador. Este equipo posee una inclinación de 45° para darle un mayor tránsito al producto y así aprovecharlo al máximo.

Para cada sección se cuenta con uno de estos mezcladores, estos se encuentran ubicados en el quinto (5) piso del edificio de producción. Reciben el producto de los silos de grits y antes de entrar al equipo es pasado por un ciclón para la separación del mismo. La dosificación del acondicionamiento se da a 30 Hz de alimentación de grits compuesto por agua de (6-7) litros por minutos y vapor de (50-60) °C que se le suministra al producto en el premojo. A continuación se describen las partes del equipo.



**Figura 12. Mezclador de premojo intensivo.**

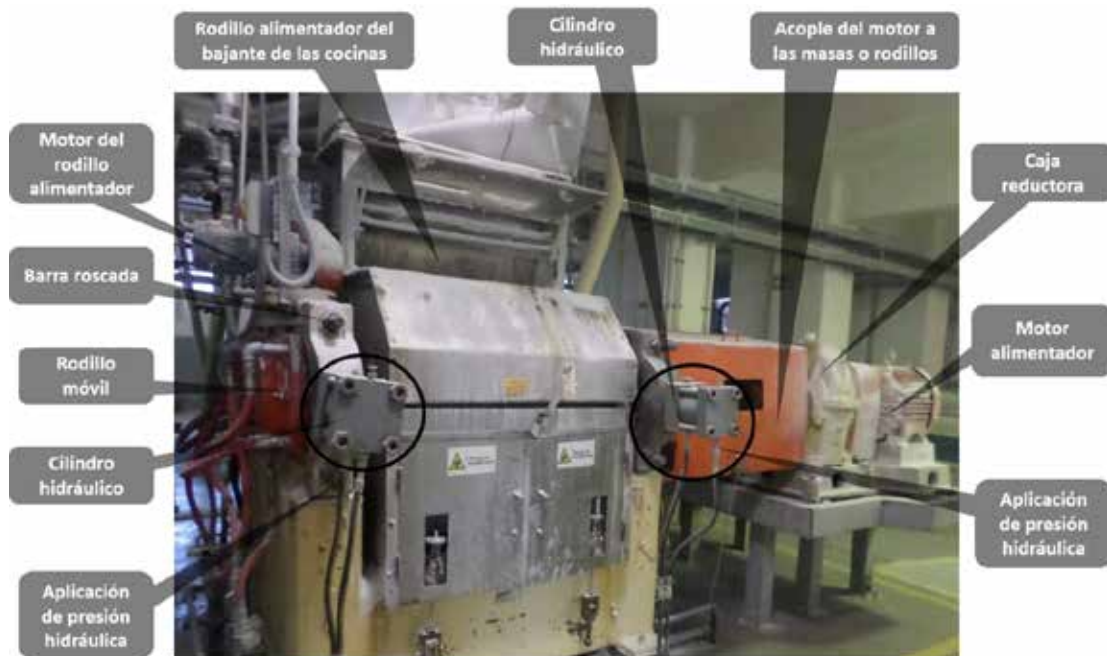
Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

Una de las características que cabe destacar del equipo es su motor de alimentación y su acople al eje del sinfín. El acople del motor al sinfín está compuesto por una guarda ovalada de hierro y tres (3) correas lisas modelo **XX**. Este es un motor de corriente alterna jaula de ardilla, es el mismo modelo de motor tanto como para la sección 1 como la sección 2, las especificaciones son las siguientes:

Especificaciones del motor Mezclador premojo intensivo de grits					
<b>Tag Sección 1: M400A</b>	460V	60Hz	10HP	13,7A	338 rpm
<b>Tag Sección 2: M400B</b>					

### 5.2.2. Molino laminador.

Este es un equipo de suma importancia en el proceso, es el equipo central del proceso de laminación. Cada laminador está formado por dos masas o rodillos, una fija y otra móvil que varía su proximidad mediante la aplicación de presión hidráulica, suministrada por la unidad hidráulica; dicha presión se les suministra directamente a los cilindros hidráulicos ubicados uno en cada extremo del rodillo móvil. Ambos rodillos giran mediante la alimentación de dos motores; a su vez otro motor hace girar un rodillo alimentador de producto a los laminadores, que provienen de los bajantes de las cocinas verticales. Así lo muestra la imagen con su vista frontal:



**Figura 13. Molino Laminador vista frontal.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

En la siguiente imagen se muestra la vista lateral del laminador, donde se puede apreciar el cilindro hidráulico de doble efecto y sus dos suministros de presión para la extensión y retracción del mismo. De igual manera se puede observar las mangueras

que proporcionan la lubricación a los rodamientos del laminador, el cual s suministrado por la unidad de lubricación. Adicional a ello, a las masas se les mantiene refrigerada también con una aplicación continua de agua, para evitar el sobrecalentamiento.



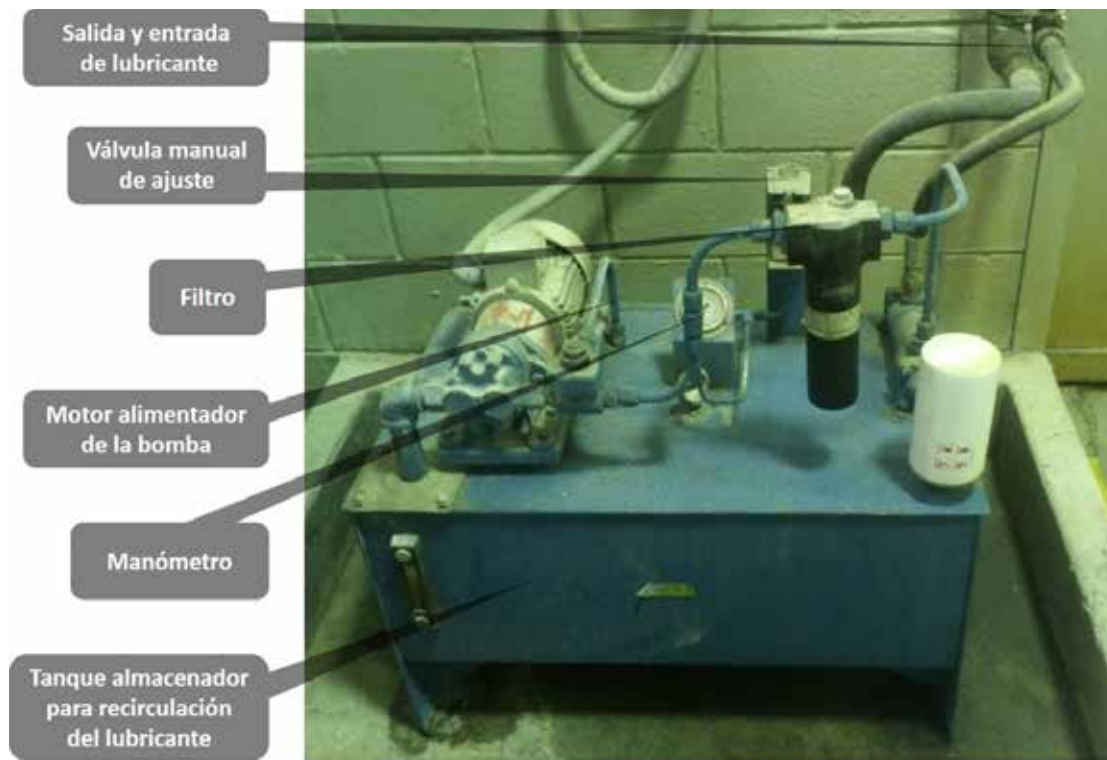
**Figura 14. Molino Laminador vista lateral.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

### **5.2.2.1. Unidad de lubricación del laminador.**

Uno de los equipos al cual amerita tener una lubricación constante debido a su tamaño y horas de trabajo es el molino laminador, dicha lubricación se le suministra constantemente en sus rodamientos mediante la unidad de lubricación. Tiene como finalidad bombear el aceite ubicado en el tanque hacia los rodamientos del laminador de manera constante. Luego de pasar por ellos, el mismo lubricante es pasado por un filtro y es nuevamente almacenado en el tanque para su recirculación.

Para cada sección de laminación, se cuenta con una unidad de lubricación; lo que significa que cada una se encarga de dos laminadores. Son dos unidades, una para cada sección y se encuentran ubicadas en planta baja (PB) del edificio de producción.



**Figura 15. Unidad de lubricación del laminador.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

Esta unidad cuenta con un tanque almacenador del lubricante, según la clasificación ISO de los aceites industriales, la cual designa el tipo de aceite según sea el grado de viscosidad necesaria, se utiliza el ISO VG 220 dado al necesario para este tipo de rodamientos que son dos (2) por cada rodillo, en total cuatro (4) por cada laminador; el tipo es 24040 CC/W33 marca SKF. La unidad de lubricación trabaja a una presión entre los (45 - 50) psi. Cabe destacar que la variación en la presión de la misma, no afecta su función de mantener lubricado los rodamientos del laminador. La

manguera que sale de esta unidad hacia los laminadores mide ¾” y la que se devuelve al tanque luego de su recorrido mide 1”. La manguera de salida es una COVALCA: H0102 2SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R2AT 12:



**Figura 16. Manguera de salida en la unidad de lubricación del laminador.**

Fuente. Covalca. (2018).

El motor alimentador de las bombas en ambas secciones es uno de corriente alterna jaula de ardilla, cuyas especificaciones son las siguientes:

Especificaciones del motor de bomba en la unidad de lubricación					
Tag Laminador 1 y 2: M408-L1B Tag Laminador 3 y 4: M408-L2B	460V	60Hz	10HP	13,7A	1450 rpm

### 5.2.2.2. Unidad hidráulica del laminador.

Al igual que la unidad de lubricación, otro de los equipos encargados del funcionamiento efectivo de los laminadores es la unidad hidráulica. Esta encargada de suministrar la presión hidráulica con aceite a las masas o rodillos en los laminadores mediante su sistema de filtración y bombeo a aceite, que a su vez controlara su proximidad mediante el rodillo móvil en referencia al fijo. Dicho equipo tiene como sistema de control, una válvula manual de ajuste de presión, una válvula de accionamiento, al igual que un manómetro para indicar la presión que está suministrando a las masas del laminador.



**Figura 17. Unidad hidráulica del laminador.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

La unidad hidráulica cuenta con un tanque para almacenar el aceite que es suministrado para aplicar la presión, según la clasificación ISO de los aceites industriales, la cual designa el tipo de aceite según sea el grado de viscosidad necesaria, se utiliza el ISO VG 68. Las mangueras de salida y entrada al tanque de esta unidad hacia los laminadores miden ½”. La unidad hidráulica se necesita ajustar a una presión de trabajo entre los (48 - 52) bar o (696.181 - 754.196) psi. Dicha presión debe mantenerse en esos rangos para evitar las complicaciones ya mencionadas. El motor alimentador de las bombas en ambas secciones es uno de corriente alterna jaula de ardilla, cuyas especificaciones son las siguientes:

Especificaciones del motor de bomba en la unidad hidráulica					
<b>Tag Laminador 1 y 2: M408-L1A</b> <b>Tag Laminador 3 y 4: M408-L2A</b>	460V	60Hz	10HP	13,7A	1450 rpm

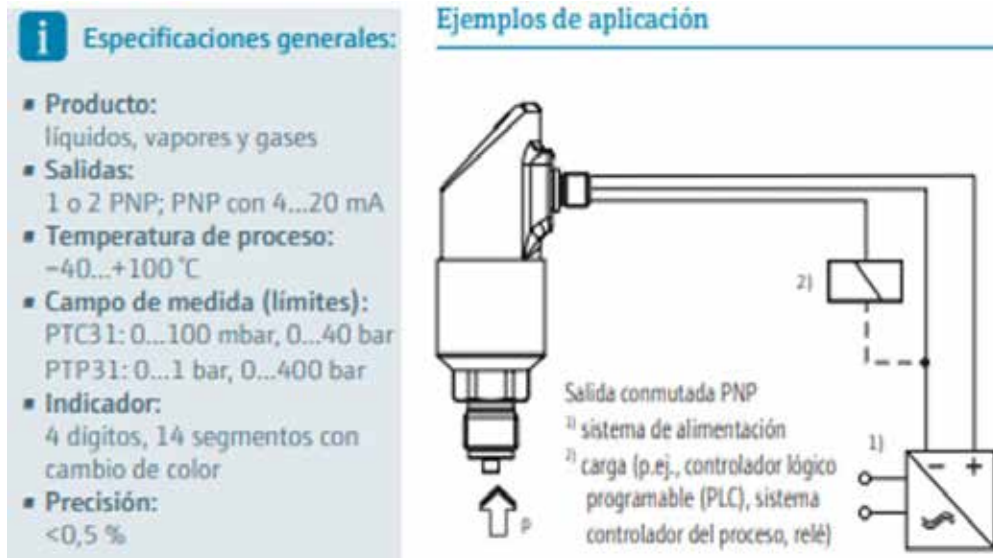
Cada sección cuenta con una unidad para los dos laminadores, estas se encuentran ubicadas y en el piso dos (2) del edificio de producción; debido a que los laminadores están ubicados en piso uno (1) del mismo edificio, se encuentra instalado un transmisor indicador de presión digital junto a los laminadores para facilitar el ajuste de presión; esta presión suele salirse de su rango de control por diversas razones, una de ellas es el aumento o disminución del flujo de producto debido a alguno de sus equipos predecesor, para ello el ajuste se tiene que realizar manualmente en la actualidad, con el método de visualización del valor la presión y luego ajuste de la misma.



**Figura 18. Transmisor indicador de presión de los laminadores.**

**Fuente.** Roxy Aguilar. (2018).

Este instrumento se encuentra junto a los laminadores, uno para cada uno. Se encarga de mostrar la presión que se le está suministrando a las masas, y a su vez envía una señal analógica de (4-20) mA con el valor de la misma hacia los PLC que controlan el proceso. Es del modelo Ceraphant T PTP31, marca Endress+Hauser; Su funcionamiento consiste en que cuando la presión de proceso actúa sobre el diafragma del sensor, ésta hace variar la capacidad interna variando la señal de salida. Un microprocesador evalúa la señal y conmuta la salida o salidas correspondientes al valor medido. Algunas de sus especificaciones son las siguientes:



**Figura 19. Especificaciones del Ceraphant T PTP31.**

Fuente. Endress+Hauser. (2015).

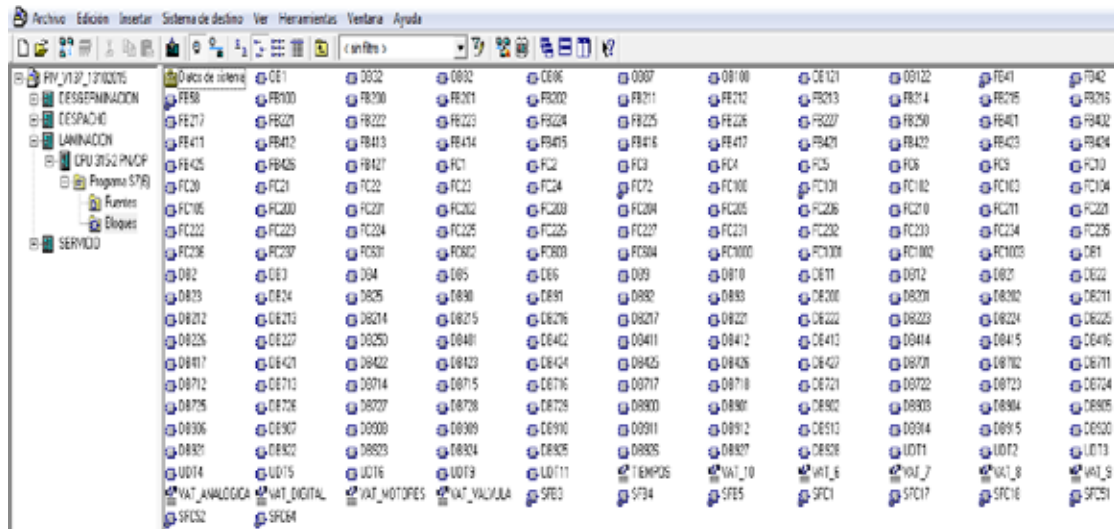
### 5.2.3. Información del sistema.

El programa se controla mediante un sistema de bloques para los procesos automáticos y vías para los que son semiautomáticos. Los bloques están compuestos por vías encargadas de pequeñas partes del proceso. El sistema de control propuesto está basado en un arquitectura SCADA “ Sistema de control y adquisición de Datos” compuesta por dos (2) PC de última generación conectados en configuración redundante los cuales estarán interrogando a través de una red industrial Ethernet a los PLC’s que son los responsables de ejecutar la lógica de control para los procesos involucrados.

El controlador lógico programable “PLC” tiene como responsabilidad la ejecución de la lógica de control del proceso una vez recibida las señales de entrada, procesarlas y activando las señales de salidas correspondientes. Permite establecer la adquisición de datos para subir la información de las variables del proceso a niveles superiores. Los datos del programa y su topología de instalación son las siguientes:

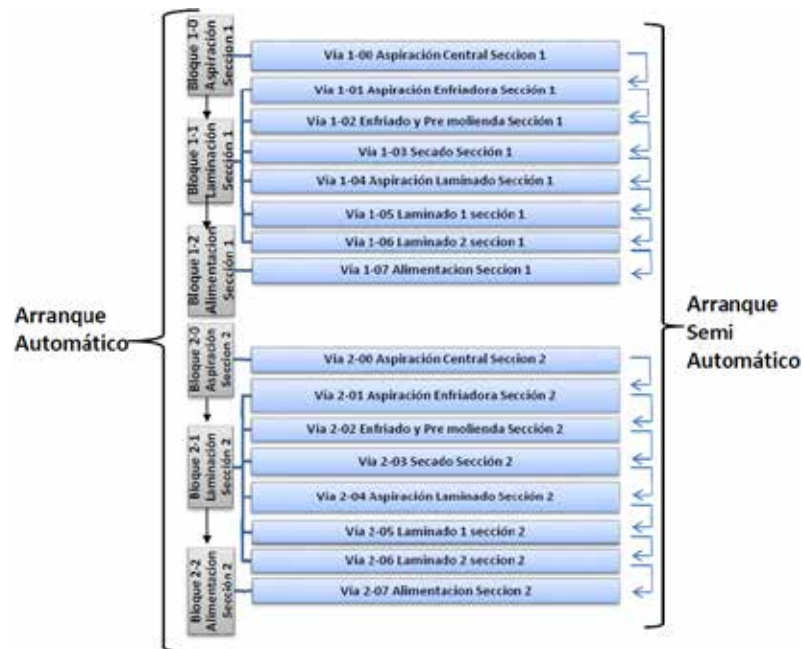


En las siguientes imágenes se muestra la estructura del programa en el PLC y su estructura funcional de Bloques y Vías de laminación:



**Figura 22. Estructura del programa Step7 para el proceso de laminación.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 23. Estructura de arranque de bloques y vías.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

**5.3. Fase III: Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y financiera para la determinación de la viabilidad de los sensores, cableado, INTOUCH y entradas/salidas del PLC para el sistema.** Gracias a los datos obtenidos en la fase anterior, se procederá a realizar el estudio de factibilidad, que permitirá conocer las posibilidades que tiene de lograrse la propuesta en estudio; esto se realizará mediante la evaluación de Proyecto Factible.

La implementación de las propuestas de mejoras mencionadas, serán de gran utilidad para la empresa ya que ocasionaran una mejora directa en la producción de la planta, al igual que la calidad del producto final. Los costos de implementación de las mismas se detallarán en una tabla a continuación:

Cantidad	Material	Precio (\$)
<b>2 Pza.</b>	Sensor inductivo de proximidad XSA-V12801	0\$ (Disponible en planta)
<b>2 Pza.</b>	Base de hierro para soporte del sensor inductivo de proximidad XSA-V12801	0\$ (Disponible en planta)
<b>4</b>	Entrada digital 24VDC al PLC Siemens S7-300	0\$ (Disponible en planta)
<b>23</b>	TAG'S tipo I/O Discreta, asociadas al PLC en el programa INTOUCH de Wonderware	0\$ (Disponible en planta)
<b>21</b>	Variabes con dirección de memoria en el PLC Siemens S7-300	0\$ (Disponible en planta)
<b>3</b>	Variabes con dirección de temporizador en el PLC Siemens S7-300	0\$ (Disponible en planta)
<b>2 Pza.</b>	Interruptor de flujo FC10B04 ICOS	164\$ c/u = 328\$ x2Pza.
<b>3 Horas</b>	Personal para capacitación	0\$ (Disponible en planta)

<b>10 Horas</b>	Personal Eléctrico	0\$ (Disponible en planta)
<b>6 Horas</b>	Personal Mecánico	0\$ (Disponible en planta)
<b>190 Metros</b>	Cable 2X16AWG	78\$ x100m = 156\$ x200m
<b>TOTAL 484\$</b>		

**Cuadro 3. Tabla de costos para implementación total de mejoras en laminación.**

Fuente. Roxy Aguilar (2018.).

Como se mostró en la tabla anterior, el costo total para implementar el diseño en ambas secciones de laminación es de 484\$. Dicha inversión será única para la empresa, ya que los equipos a implementar se pueden controlar, hacer mantenimiento y reparación con el personal existente en planta. Considerando lo mencionado en el cuadro del histórico de fallas se registraron en el periodo 2016-2017 un total de 66 paradas asociadas a las fallas estudiadas en laminación, las cuales se traducen a 153 horas de paradas que interrumpieron el proceso productivo de la planta.

Los presupuestos de costos mencionados en la tabla se obtuvieron en la página MercadoLibre Venezuela y convertidos a dólares con la conversión propuesta de la página DolarToday, para la fecha 14 de marzo del 2018 se obtiene un precio de 216.732Bs por 1\$ estadounidense para las conversiones ya realizadas.

Actualmente estando la planta operativa produce 2.880 Kilogramos de hojuelas cerveceras por hora, valorado en 16.174Bs el Kilogramo, Traducido a Dólares serian 0.075\$ por cada kilogramo producido, en total se producen estando operativa la planta aproximadamente 216\$ por hora. Se estima que la empresa podrá recuperar la inversión de la propuesta fabricando 6.624 Kilogramos de producto, el cual se puede realizar en un tiempo de 2.3 horas de producción sin interrupción.

Sin contar con la disminución de paradas por las fallas tratadas en el proceso de laminación, con la implementación completa de esta mejora aplicada se podrán evitar gastos mayores ocasionados por consumo de repuestos en cambio de los equipos afectados, al igual que las pérdidas de tiempo, material y producto por las

fallas ya mencionadas. A continuación, se muestran algunas consideraciones que fortalecen la importancia y beneficios de la implementación de la propuesta de mejora como lo son:

- Al realizarse la instalación del sensor de subvelocidad, se podrá detectar a tiempo si el producto empieza a compactarse cuando el eje del mezclador premojo se ralentice, si esto ocurre se evitarán gastos ocasionados por las consecuencias de esta falla como lo son la ruptura de las correas del mismo. Dichas correas tienen una valoración de XX \$, este presupuesto fue otorgado por los proveedores de la planta para la fecha de marzo del 2018.
- El ajuste de la presión en las masas del laminador es de suma importancia, ya que con él se podrá evitar el desgaste de las masas y las piezas afectadas en esa parte del equipo. De igual manera se podrá reducir el producto fuera de especificaciones por el departamento de Calidad, el cual ocasiona una pérdida de 0.075\$ por cada kilogramo que es desechado por salirse de los parámetros, este precio del producto es el actual para la fecha de marzo del 2018.
- Con la implementación del interruptor de flujo se podrá tener mejor manejo del sistema de lubricación suministrada por la unidad, y se evitaran gastos de recambio por desgaste o daño del material. En este caso podrían ser los rodamientos de las masas en los laminadores, los cuales tienen un costo aproximado de 1.123\$ c/u, dicho presupuesto fue dado por los proveedores de la planta en noviembre del 2017. Cabe destacar que cada laminador posee 4 rodamientos, 2 en cada rodillo o masa.

Este proyecto de investigación se considera un proyecto factible, ya que la empresa podrá recuperar en poco tiempo la inversión realizada para la implementación de la misma. De igual manera ocasiona una mejora en el proceso productivo de la planta, al igual que el ahorro preventivo por evitar futuras fallas ya estudiadas que se pudieran presentar dentro del proceso de laminación.

**5.4. Fase IV: Diseñar la propuesta de mejora del sistema de control de automatizado que permita la adecuación a las fallas presentes en el proceso de laminación.** En esta fase se diseñará una adaptación del proceso que permita la adecuación del sistema de control automatizado; el mismo debe de ser apto para las condiciones en las cuales se va a desarrollar, de fácil uso, y de bajo costo y rentable para la empresa.

#### **5.4.1. Diseño de mejora para el mezclador premojo intensivo.**

Del problema principal que es la compactación del producto en la salida del premojo a la tolva se han contemplado varias soluciones a considerar. La primera es modificar la dosificación del acondicionamiento a 30 Hz de alimentación de grits compuesto por agua de (6-7) litros por minutos y vapor de (50-60) °C que se le suministra al arroz en el premojo y así lograr que su consistencia física sea más firme y se adhiera menos al sinfín para evitar la compactación en la tolva. Si esta modificación sucede la hojuela final estaría fuera de los parámetros establecidos y requeridos por producción y calidad, causando así pérdidas en el material; Ya que estos parámetros ya fueron estudiados para determinar las especificaciones del producto.

La segunda es modificar el diseño de la tolva, para evitar el choque del producto al salir del sinfín de premojo y se compacte tanto en las paredes por dificultad de circulación. El estudio y diseño de para la modificación se está llevando a cabo por agentes externos a la planta en conjunto con el departamento de mantenimiento. En la siguiente imagen se muestra la tolva de salida:



**Figura 24. Tolva de salida del mezclador premojo.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2017).

No obstante, a las soluciones anteriormente planteadas, el sistema del premojo necesita poseer en su mecanismo de trabajo, un sensor que pueda transmitir una señal al sistema de control que indique cuando suceda esa ralentización causada por la compactación del material, para a su vez mostrar en el supervisorio una señal de alarma que le indique a los operadores que el sinfín de premojo necesita ser descompactado mediante una limpieza que se le realiza actualmente al sistema cada dos horas cuando se procesa el arroz. Al operador reconocer la alarma deberá dirigirse a hacer la descompactación, si esto no sucede después de un determinado tiempo, será enviada una señal que desactivará el sistema en cascada para evitar la compactación total y así evitar las fallas en el equipo ya mencionadas.

Al llevar a cabo lo previamente planteado se obtendrán mejoras notables en el sistema de control automatizado del proceso de laminación, disminuyendo a si la cantidad de paradas existentes en el proceso a causa de las fallas mencionadas, se asegurara una vida útil más larga a los equipos afectados, menor desgaste en las piezas mecánicas del sistema, mayor vida útil de los motores, aumento de la producción, mayor calidad en los productos debido a una menor cantidad de fallas.

El sensor que se selecciono fue uno inductivo de proximidad, con disponibilidad en el almacén de la planta. Su principio de funcionamiento es la siguiente, la señal de salida de sensores como el XSA-V12801 es procesada por un comparador de impulsos incorporado en el sensor. Ajuste del umbral de frecuencia del sensor: con el potenciómetro, 15 vueltas aproximadamente. Para aumentar el umbral de frecuencia: gire el tornillo de ajuste en el sentido de las agujas del reloj (+). Para disminuir el umbral de frecuencia: gire el tornillo de ajuste en sentido anti horario (-).

La frecuencia de impulso  $F_c$  generada por la parte móvil a controlar es en comparación con la frecuencia  $F_r$  preestablecida en el sensor. El circuito de conmutación de salida del sensor en el estado cerrado para  $F_c > F_r$  y el estado abierto para  $F_c < F_r$ . Los sensores XSA-V son especialmente adecuados para la detección de la sobrevitancia: cuando la parte móvil  $F_c$  cae por debajo de un umbral predeterminado  $F_r$ , esto hace que el circuito de salida del sensor se apague.

	DC	DC	AC/DC	AC/DC
Nominal sensing distance (Sn)	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Adjustable frequency range	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min
<b>References</b>				
3-wire PNP / NC	XSA V11373	XSA V12373	-	-
2-wire or ~ / NC	-	-	XSA V11801	XSA V12801
Weight (kg)	0.300			
<b>Characteristics</b>				
Connection	Pre-cabled, 3 x 0.34 mm <sup>2</sup> , length 2 m (1)			
Degree of protection conforming to IEC 60529	IP 67			
Operating zone	0...8 mm			
Repeat accuracy	3% of Sr			
Differential travel	3...15% of Fr			
Operating temperature	-25...+70 °C			
Output state indication	Red LED			
Rated supply voltage	12...48 V with protection against reverse polarity			
Voltage limits (including ripple)	10...58 V			
Switching capacity	200 mA with overload and short-circuit protection			
Voltage drop, closed state	1.8 V			
Residual current, open state	15 mA			
Current consumption, no-load	15 mA			
Maximum switching frequency	6000 impulses/min (for XSA V11...); 48,000 impulses/min			
"Run-up" delay following power-up	9 seconds ± 20% + 1/Fr (3)			



Figura 25. Especificaciones del sensor XSA-V12801.

Fuente. Telemaquenique. (2017).

### **Lista de materiales (sección 1)**

- 1 sensor inductivo de proximidad XSA-V12801
- 1 base de hierro para soporte del sensor
- 1 entrada digital al PLC Siemens S7-300
- 4 TAG'S tipo I/O Discreta, asociadas al PLC en el programa INTOUCH de Wonderware
- 65m de cable 2X16AWG
- 3 variables con dirección de memoria y una de temporizador en el PLC Siemens S7-300

### **Lista de materiales (sección 2)**

- 1 sensor inductivo de proximidad XSA-V12801
- 1 base de hierro para soporte del sensor
- 1 entrada digital al PLC Siemens S7-300
- 4 TAG'S tipo I/O Discreta, asociadas al PLC en el programa INTOUCH de Wonderware
- 60m de cable 2X16AWG
- 3 variables con dirección de memoria y una de temporizador en el PLC Siemens S7-300

### **Disponibilidad de materiales.**

- Sensor inductivo de proximidad XSA-V12801: Actualmente se cuenta con un total de 5 sensores disponibles en el almacén de repuestos.
- Bases de hierro para soporte del sensor: Disponibilidad de material para ser fabricado por los mecánicos de la planta.
- Entradas digitales al PLC Siemens S7-300: Se cuenta con 3 entradas digitales disponibles en el slot 6 del PLC de laminación, las cuales son:
  - E 61.5

- E 61.6
- Cable 2X16AWG: Solo hay disponibilidad de 20m en el almacén.

### **Requisiciones para la implementación.**

- Cable 2X16AWG: Para implementar en ambas secciones se necesita una cantidad de 105m.
- Personal Mecánico: Para la elaboración de la base del sensor, la marca de detección, adaptación de la guarda del acople y la instalación de dichas piezas. El tiempo estimado para ello es 2 horas por sección aproximadamente.
- Personal Electricista: Para realizar el cableado del sensor, la instalación del mismo y la conexión al PLC. El tiempo estimado para ello es 3 horas por sección aproximadamente.
- Capacitación al personal: Realizar una capacitación sobre los cambios al personal, los operadores, mecánicos, electricistas y a los supervisores. El tiempo estimado para ello sería de 1 hora aproximadamente.

### **Adaptación del sensor al sistema de control (sección 1).**

- Descripción: Sensor de subvelocidad de mezclador premojo sección 1
- TAG del Sensor: SSV400A
- Ubicación de instalación: Piso 5, Motor del sinfín premojo sección 1 M400A
- Ubicación en el sistema: Bloque 1-2, en la Vía 1-07

### **Adaptación del sensor al sistema de control (sección 2).**

- Descripción: Sensor de subvelocidad de mezclador premojo sección 2
- TAG del Sensor: SSV400B
- Ubicación de instalación: Piso 5, Motor del sinfín premojo sección 1 M400B
- Ubicación en el sistema: Bloque 2-2, en la Vía 2-07

### **Funcionamiento del sensor al ser incorporado al sistema.**

Después del arranque del equipo, el sensor se tomará un tiempo de espera de 5s mientras el motor llega a su velocidad de trabajo la cual será de 338rpm. El sensor realizara una comparación de la frecuencia con que detecta la marca y la comparara con la configurada. Al sensor detectar una caída en la velocidad por debajo de los 254rpm pasara a su estado de alerta.

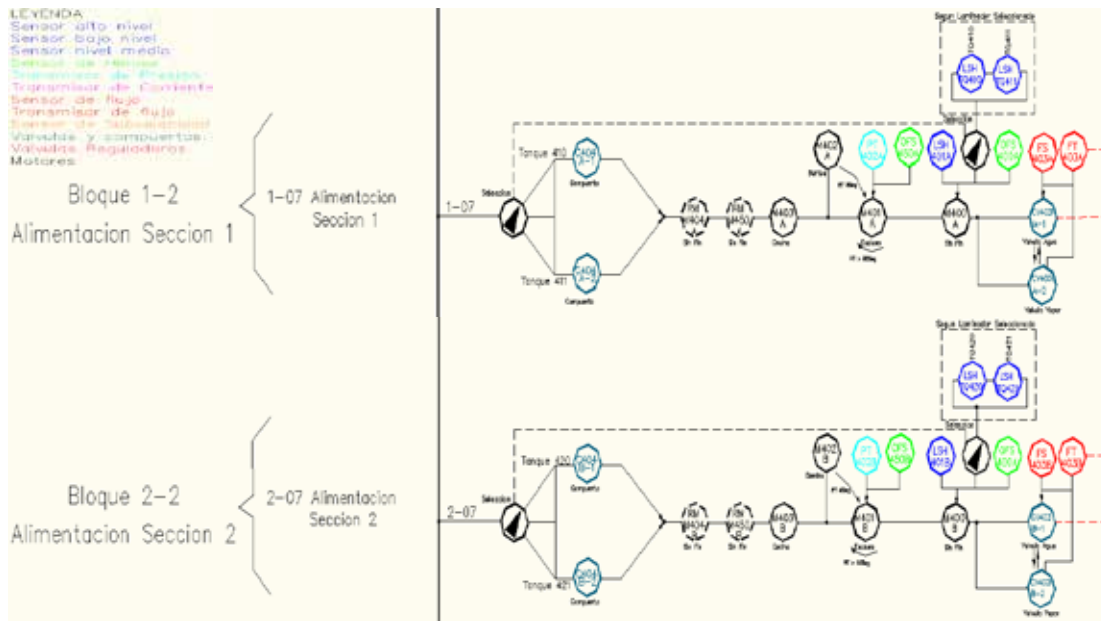
- Secuencia de parada: Se inicia la parada con la verificación de enclavamientos entre vías (no existe enclavamiento entre vías en este bloque), La secuencia de Parada se inicia con la orden de parada del mezclador premojo, 10 segundos después se detiene la esclusa que de los tanques de grits, 20 segundos después se detiene la bomba soplante de la sección y finalmente se detiene el sinfín que recibe la salida de los silos. Finalizada la parada la Vía pasa a estatus Detenida.
- Enclavamiento del Sensor: En el acople mecánico del motor del mezclador premojo se encuentra el sensor de subvelocidad SSV400A o SSV400B dependiendo de la sección, el cual al detectar que la velocidad bajado 1/3 de su velocidad nominal, mandará una alarma de velocidad baja al supervisorio.

El operador deberá reconocer la alarma y proceder a realizar la limpieza para descompactar el material acumulado, si el operador no reconoce la alarma en un periodo de 5min se detendrá en cascada el Bloque 1-2 o el 2-2 dependiendo de la sección, dicho bloque está compuesto por la vía 1-07 o 2-07 de alimentación de la sección 1 o 2 y se mandará un aviso de apagado del Bloque 1-2 o 2-2 respectivamente, por alerta de baja velocidad del mezclador sinfín de la sección afectada, bien sea el M400A o M400B.

### **Vías intervenidas en la adaptación.**

- Vía 1-07: se encarga de manipular los equipos para alimentar con el producto a la sección 1 de laminación.

- Vía 2-07: se encarga de manipular los equipos para alimentar con el producto a la sección 1 de laminación.



**Figura 26. Diagramas de los bloques 1-2 y 2-2.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

### **Bloques del programa involucrados en la adaptación.**

- FB217: Este bloque de función está asignado para la sección 1 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 1-07 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención.
- FB227: Este bloque de función está asignado para la sección 2 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 2-07 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención.
- FC4: Es la función de llevar a cabo las alarmas sonoras del proceso de laminación.
- DB4: Es un bloque de datos que se encarga de registrar toda la instrumentación digital del proceso de laminación.
- FC227: Esta función se encarga de controlar el estado de la vía 1-07.

- FC237: Esta función se encarga de controlar el estado de la vía 2-07.

### Descripción del diseño en el STEP7 SIMATIC.

Principalmente se crearon las variables a utilizar en la tabla de símbolos:

SIMBOLO	DIREC.	DATO	DESCRIPCION
SSV408A	E 61.5	BOOL	Sensor de subvelocidad mezclador premojo S1
SSV408B	E 61.6	BOOL	Sensor de subvelocidad mezclador premojo S2
Alarm_SSV_premojo_Sec1	M 150.6	BOOL	Alarma subvelocidad mezclador premojo S1
Alarm_SSV_premojo_Sec2	M 150.7	BOOL	Alarma subvelocidad mezclador premojo S2
T_SSV_Premojo_SEC1	T 30	TIMER	Temporizador para orden de parada Sección 1
T_SSV_Premojo_SEC2	T 31	TIMER	Temporizador para orden de parada Sección 2
Par_via_1_07_premojo	M 150.2	BOOL	Orden de parada en vía 1-07 por alarma subv.
Par_via_2_07_premojo	M 150.3	BOOL	Orden de parada en vía 2-07 por alarma subv.
Reconocer_Sec1	M 150.0	BOOL	Reconocimiento de la alarma S1
Reconocer_Sec2	M 150.1	BOOL	Reconocimiento de la alarma S2

**Cuadro 4. Tabla de símbolos, para mejora del premojo en el Step7 SIMATIC.**

Fuente. Roxy Aguilar (2018).

Luego se agregaron los sensores al bloque de datos DB4, que se encarga de llevar el registro de los instrumentos digitales de laminación. Dichos sensores se agregaron de igual manera a la función de alarma FC4, en el segmento de las alarmas sonoras por falla de instrumentación, al igual que se agregó a la parada por la falla de velocidad en el mezclador premojo de las vías 1-01 y 2-07 en el segmento de detención de vías. En el bloque de funciones principales de cada sección el FB217 y FB227, se crearon el programa para tratar la alarma de subvelocidad dada por el sensor, la cual se accionará mientras la vía esta arrancada y el sensor mande la señal de, dará la alarma y si no se reconoce antes de 5 minutos detendrá la vía y dará un aviso de que se detuvo; dicho aviso y alarma se mostraran en el supervisorio del SCADA con un botón de “Reconocer” que las retirara luego de quitarse la condición, la alarma será con el título parpadeante para más énfasis.

Adicionalmente a ello, se agregó el contacto de parada de la vía al registro de fallas de las mismas en la función FC227 y FC237, la cual se encarga de llevar el

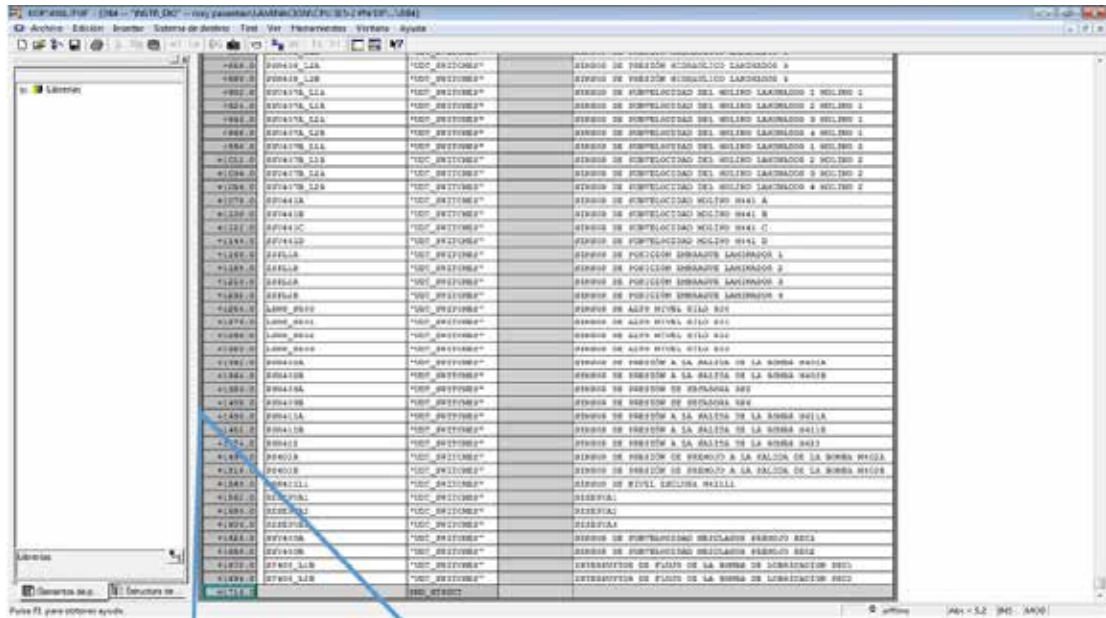
registro de las fallas y sus cambios de estado en el programa. Finalmente se agregó el mismo contacto en el FB217 y FB227 en el segmento encargado de la retención y parada de la vía, para que se encargue de hacer la detención de la misma en cascada con los otros equipos pertenecientes a cada sección.

### Diseño de la propuesta en el STEP 7 SIMATIC.

Interno	Simbolo	Direccion	Tipo de dato	Comentario
1090	Z190_V_13A	E 85.1	BOOL	SENSOR DE SEGURIDAD ROTUCTIVO VALVULA V13A HACIA TOLVA DE RECICLACION
1091	Z190_V_13B	E 85.3	BOOL	SENSOR DE SEGURIDAD ROTUCTIVO VALVULA V13B HACIA TOLVA DE RECICLACION
1097	Z190_V15	E 85.9	BOOL	SENSOR DE SEGURIDAD ROTUCTIVO VALVULA V15 HACIA SECCION 2
1098	Z190_V16	E 86.0	BOOL	SENSOR DE ROSCION ENBRAGUE LAMINADOR 1
1099	Z190_V18	E 86.8	BOOL	SENSOR DE ROSCION ENBRAGUE LAMINADOR 2
1070	Z190_V24	E 85.7	BOOL	SENSOR DE ROSCION ENBRAGUE LAMINADOR 3
1071	Z190_V26	E 81.8	BOOL	SENSOR DE ROSCION ENBRAGUE LAMINADOR 4
1072	Z190_C400A_1	A 86.0	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Laminador 1
1073	Z190_C400A_2	A 86.1	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Laminador 2
1074	Z190_C400A_3	A 86.2	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Laminador 3
1075	Z190_C400A_4	A 86.3	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Laminador 4
1076	Z190_C400A_5	A 86.4	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Sin 10 Palets
1077	Z190_C400A_6	A 86.5	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Sin 12 Palets
1078	Z190_C400A_7	A 86.6	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Senfo Areas De Entrar A Sin 14 Palets
1079	Z190_C400B_1	A 86.8	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Senfo Areas De Entrar A Sin 10 Palets
1080	Z190_C400B_2	A 86.9	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Senfo Areas De Entrar A Sin 12 Palets
1081	Z190_C400B_3	A 81.1	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Senfo Areas De Entrar A Sin 14 Palets
1082	Z190_V_027	A 82.8	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V027 hacia seccion 1
1083	Z190_V_034	A 81.4	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V034 hacia senfo 04136
1084	Z190_V_038	A 82.3	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V038 hacia senfo 04136
1085	Z190_V_03A	A 81.8	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V03A hacia senfo 04138
1086	Z190_V_03B	A 82.4	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V03B hacia senfo 04138
1087	Z190_V03L1	A 84.1	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V03L1 hacia senfo L1
1088	Z190_V03L2	A 81.2	BOOL	Orden de apertura seccion 1. Valvula V03L2 hacia seccion 1
1089	Z190_V_051	A 81.5	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V051 hacia seccion 2
1090	Z190_V_05A	A 81.3	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05A hacia tope de reconstruccion
1091	Z190_V_05B	A 81.3	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05B hacia tope de reconstruccion
1092	Z190_V_05C	A 81.7	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05C hacia tope de reconstruccion
1093	Z190_V_05D	A 82.1	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05D hacia tope de reconstruccion
1094	Z190_V05L1	A 84.1	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05L1 hacia senfo L1
1095	Z190_V05L2	A 81.1	BOOL	Orden de apertura seccion 2. Valvula V05L2 hacia seccion 2
1096	SSV000A	E 81.8	BOOL	Sensor de subvelocidad de mezclador premojo seccion 1
1097	SSV000B	E 81.8	BOOL	Sensor de subvelocidad de mezclador premojo seccion 2
1098	Alarm_SSV_premojo_Sec1	M 150.6	BOOL	Alarma por subvelocidad en el mezclador premojo seccion 1
1099	Alarm_SSV_premojo_Sec2	M 150.7	BOOL	Alarma por subvelocidad en el mezclador premojo seccion 2
1100	Aviso_Par_via_1-07	M 150.4	BOOL	Aviso por la parada de la via 1-07
1101	Aviso_Par_via_2-07	M 150.5	BOOL	Aviso por la parada de la via 2-07
1102	T_SSV_Premojo_SEC1	T 30	TIMER	Temporizador por subvelocidad en el mezclador premojo seccion 1
1103	T_SSV_Premojo_SEC2	T 31	TIMER	Temporizador por subvelocidad en el mezclador premojo seccion 2
1104	Par_via_1-07_premojo	M 150.2	BOOL	Parada de la via 1-07 por alarma del premojo
1105	Par_via_2-07_premojo	M 150.3	BOOL	Parada de la via 2-07 por alarma del premojo
1106	Reconocer_Sec1	M 150.0	BOOL	Reconocimiento de la alarma seccion 1 en el supervisorio.
1107	Reconocer_Sec2	M 150.1	BOOL	Reconocimiento de la alarma seccion 2 en el supervisorio.

Figura 27. Tabla de símbolos con variables creadas en el proceso, sección 1 y 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



TICUB.U	MODKVA3	"UDI_SWITCHES"	MODKVA3
+1628.0	SSV400A	"UDI_SWITCHES"	SENSOR DE SUBVELOCIDAD MEZCLADOR PREMOJO SEC1
+1650.0	SSV400B	"UDI_SWITCHES"	SENSOR DE SUBVELOCIDAD MEZCLADOR PREMOJO SEC2
+1672.0	SF408_L1B	"UDI_SWITCHES"	INTERRUPTOR DE FLUJO DE LA BOMBA DE LUBRICACION SEC1
+1694.0	SF408_L2B	"UDI_SWITCHES"	INTERRUPTOR DE FLUJO DE LA BOMBA DE LUBRICACION SEC2
=1716.0		END_STRUCT	

Figura 28. Tabla de creación de los sensores en la instrumentación digital sección 1 y 2 en el bloque de datos DB4, para el proceso de laminación.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

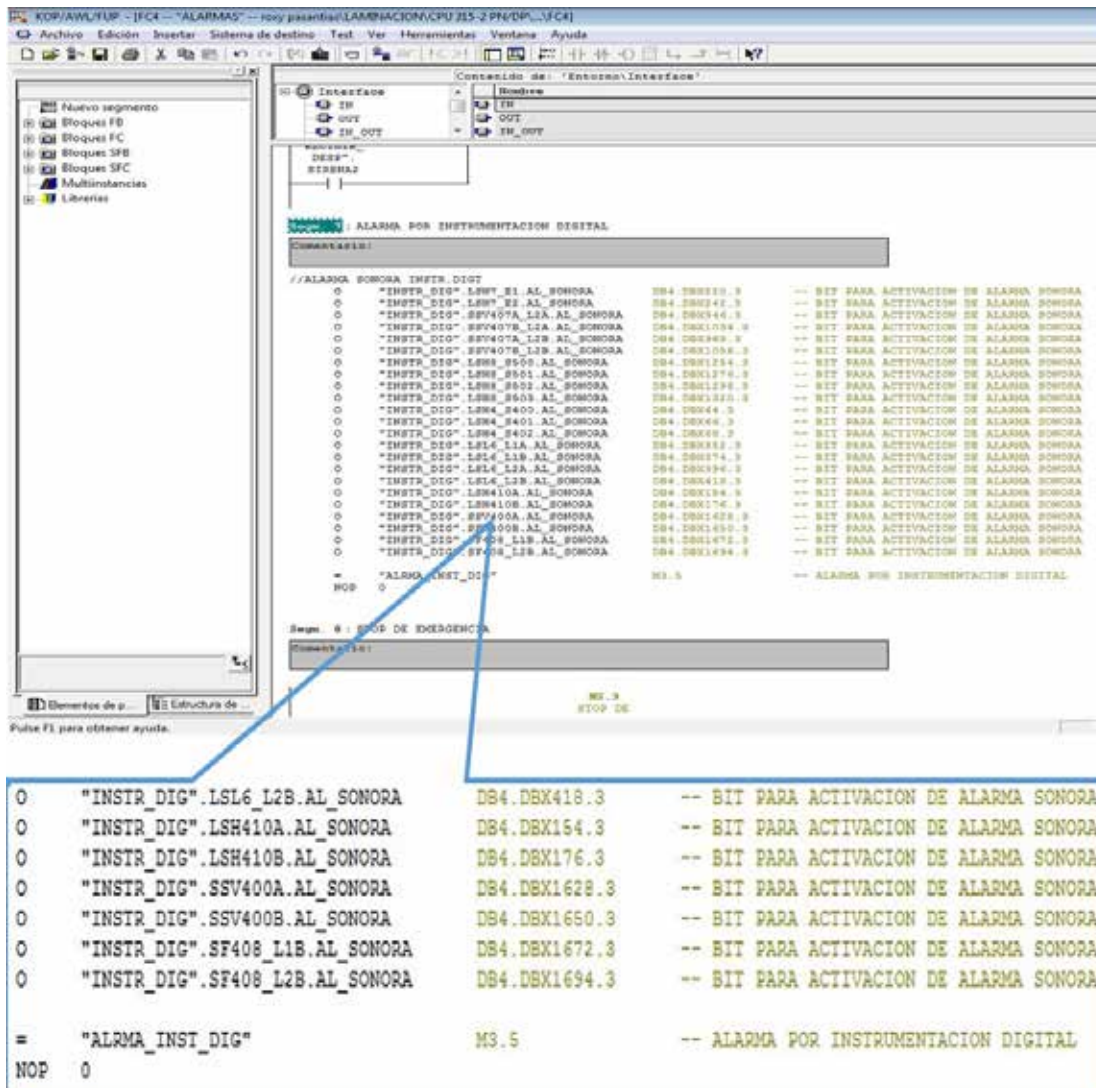
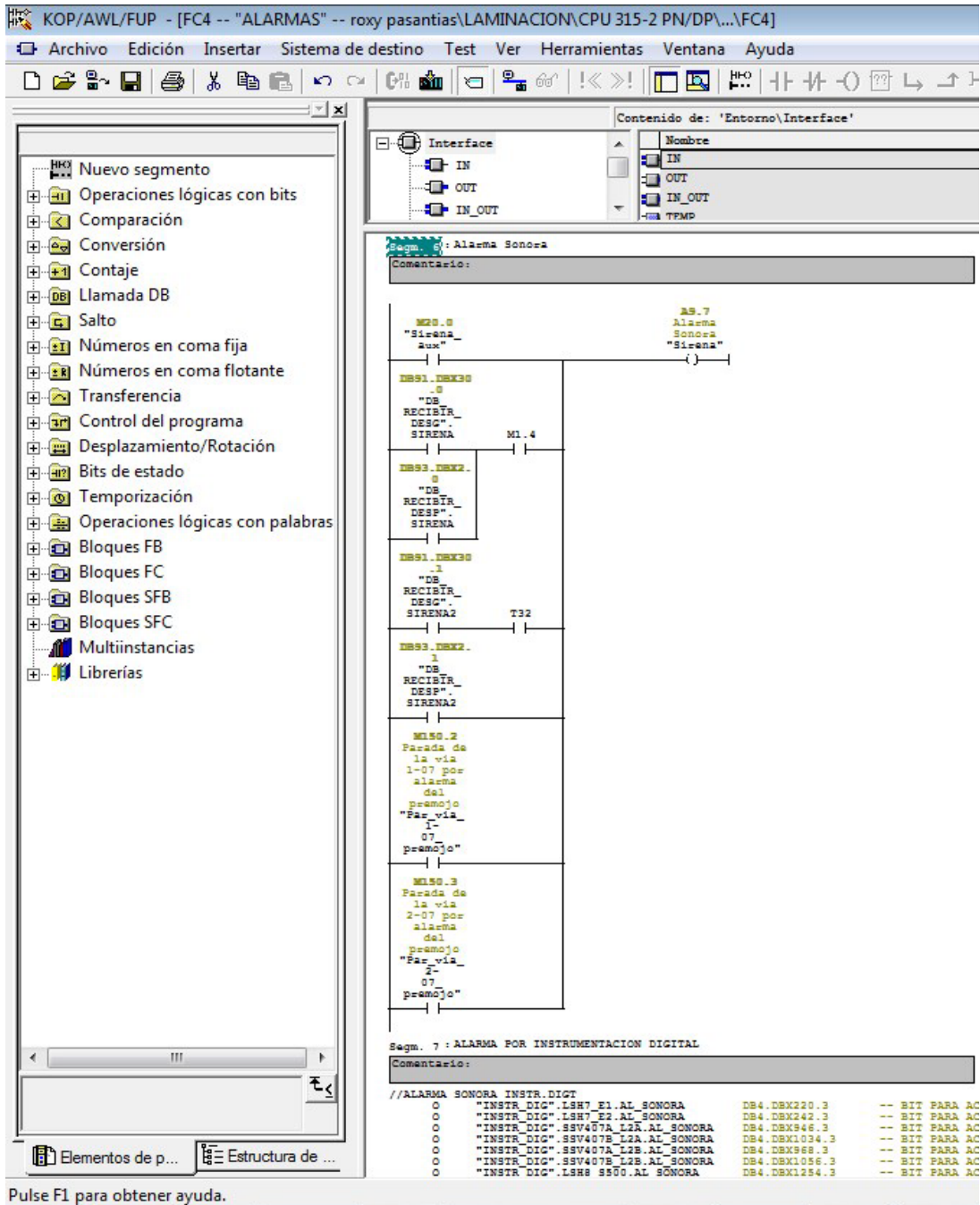


Figura 29. Alarma sonora de falla de instrumentación sección 1 y 2 creada en la función FC4 asociada al DB4.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 30. Alarma sonora de parada para la vía 1-07 y 2-07, de la sección 1 y 2 respectivamente creada en la función FC4.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

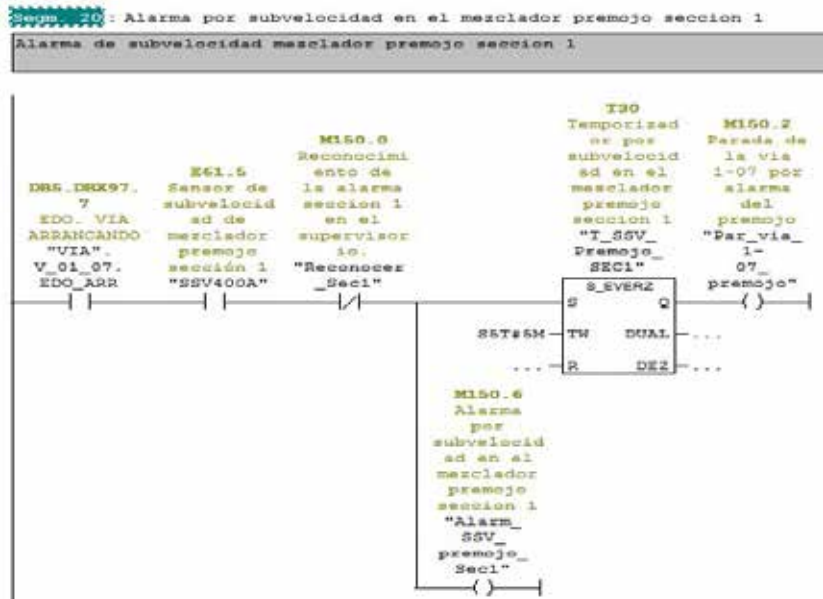


Figura 31. Activación de la alarma del sensor sección 1, creado en el FB217.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

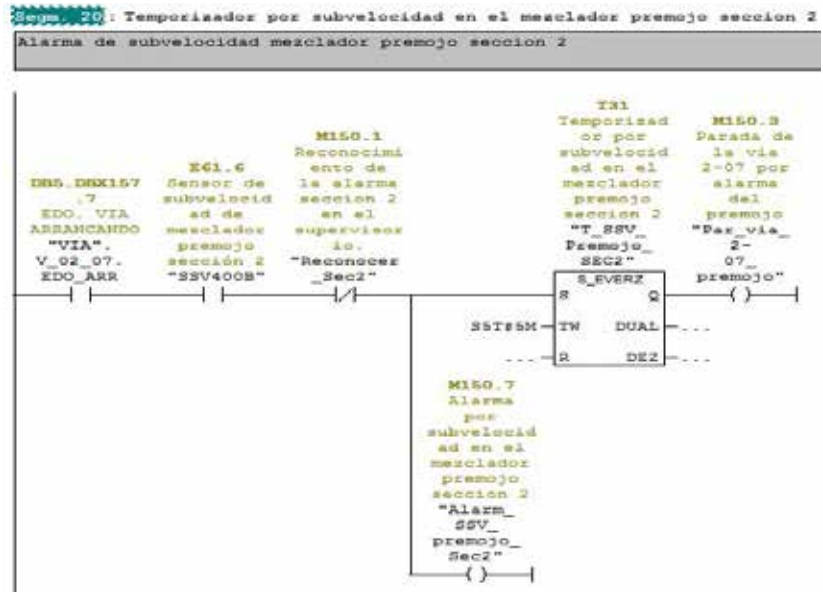


Figura 32. Activación de la alarma del sensor sección 2, creado en el FB227.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

Seqm. 4 : VIA EN FALLO		
Comentario:		
M2000.0 BIT ON VARIABLE PUESTA A CERO EN CR100. FUERA DE REMANENCIA "BIT_ON"	M150.2 Parada de la via 1-07 por alarma del presboto "Par_via_ 1- 07 presboto"	DB5.DBK37. 5 EDO. VIA EN FALLA (PRMT) "VIA". V_01_07. EDO_FALLA
	DB1.DBK133 .3 ESTADO DE LA FALLA DE ARRANQUE MOTOR (ANIMACION ) "MOTOR". M403A. EDO_F_ARR	
	DB1.DBK135 .0 ORDEN/ESTA DO DE LA CONDICION DE MANTEINIE NTO "MOTOR". M403A. MANT_SUPV	DB1.DBK134 .7 ORDEN/ESTA DO DE LA CONDICION DE SIMULACION "MOTOR". M403A. SIM_SUPV

**Figura 33. Contacto de parada por la alarma del sensor agregado al aviso de falla en la vía 1-07 sección 1, en el FC227.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

Seqm. 4 : VIA EN FALLO		
Comentario:		
M2000.0 BIT ON VARIABLE PUESTA A CERO EN CR100. FUERA DE REMANENCIA "BIT_ON"	M150.3 Parada de la via 2-07 por alarma del presboto "Par_via_ 2- 07 presboto"	DB5.DBK157 .8 EDO. VIA EN FALLA (PRMT) "VIA". V_02_07. EDO_FALLA
	DB1.DBK155 .3 ESTADO DE LA FALLA DE ARRANQUE MOTOR (ANIMACION ) "MOTOR". M403B. EDO_F_ARR	
	DB1.DBK157 .0 ORDEN/ESTA DO DE LA CONDICION DE MANTEINIE NTO "MOTOR". M403B. MANT_SUPV	DB1.DBK156 .7 ORDEN/ESTA DO DE LA CONDICION DE SIMULACION "MOTOR". M403B. SIM_SUPV

**Figura 34. Contacto de parada por la alarma del sensor agregado al aviso de falla en la vía 2-07 sección 2, en el FC237.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

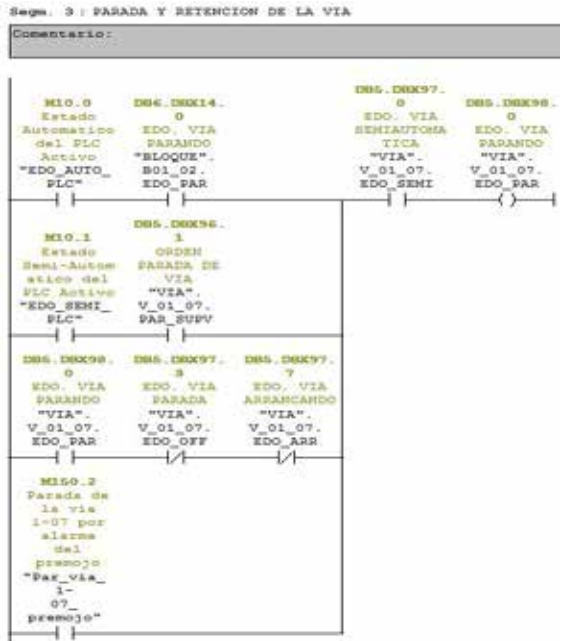


Figura 35. Contacto de parada por la alarma del sensor agregado a la parada de la vía 1-07 sección 1, creado en el FB217.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

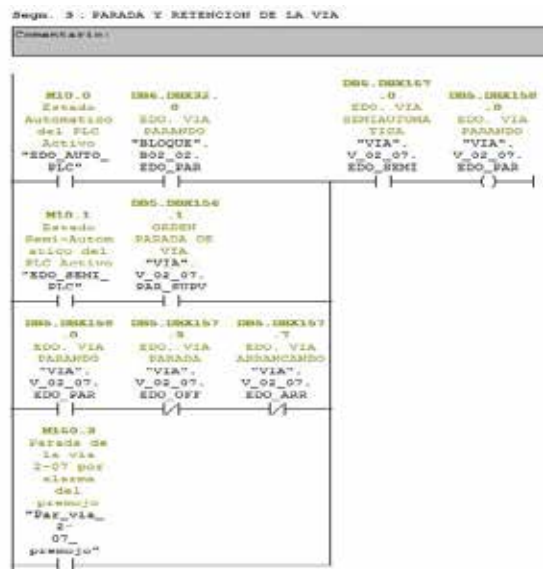
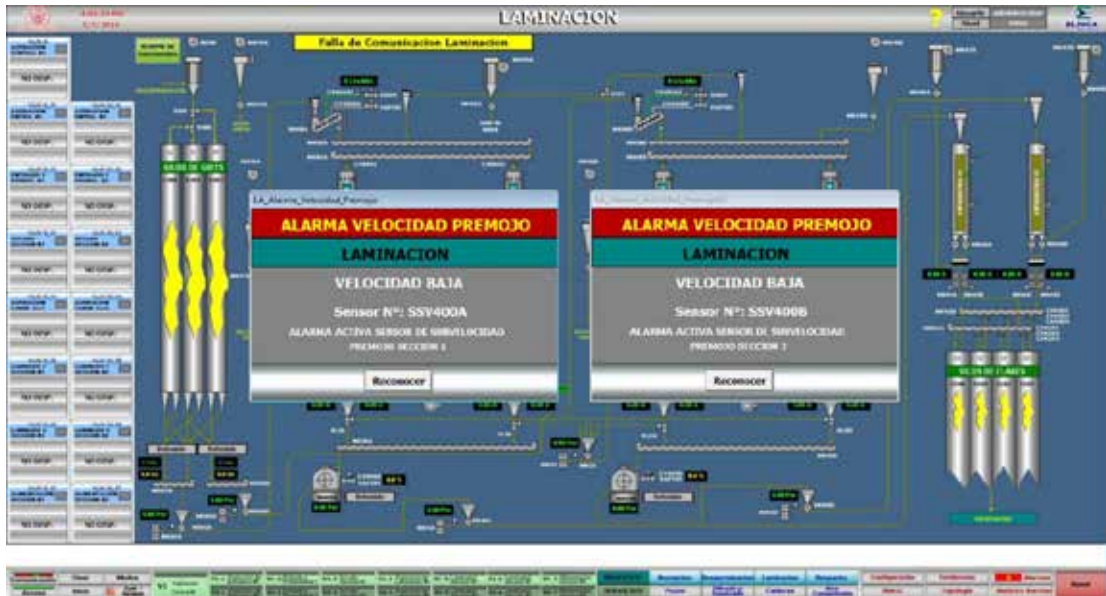


Figura 36. Contacto de parada por la alarma del sensor agregado a la parada de la vía 2-07 sección 2, creado en el FB227.

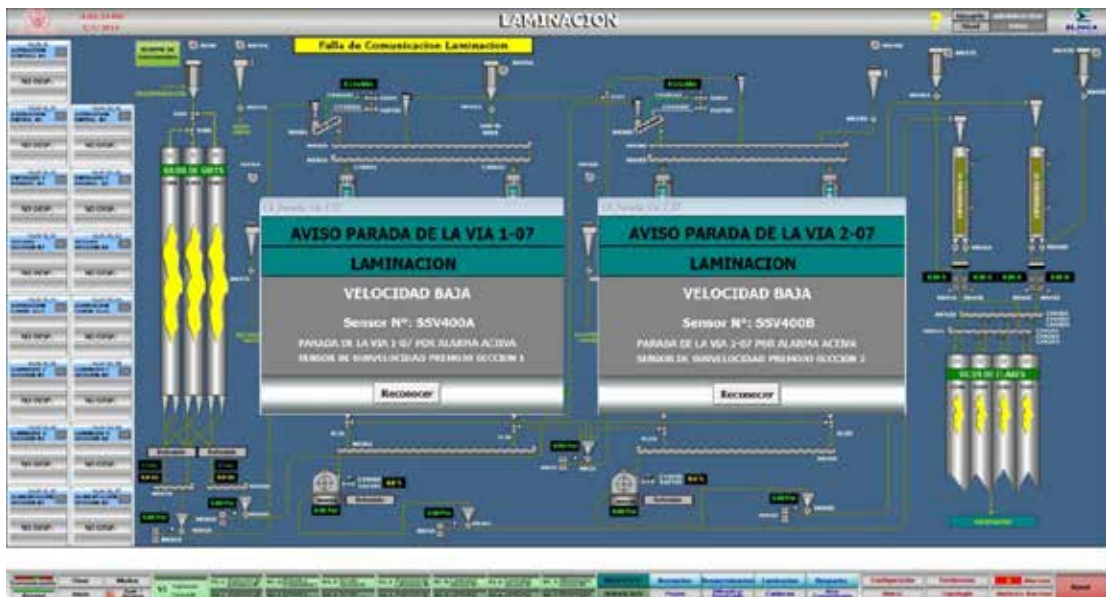
Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

**Diseño de las ventanas en el InTouch de Wonderware.**



**Figura 37. Alarma por subvelocidad mezclador premojo sec. 1 y 2.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 38. Aviso de vía detenida por velocidad en premojo sec. 1 y 2.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

#### **5.4.2. Diseño de mejoras para el molino laminador.**

##### **Funcionamiento del sistema de laminación.**

Se procede a explicar el funcionamiento de una vía 1-05 que se encarga del funcionamiento del laminador 1, ya que las otras vías (1-06 laminador 2, 2-05 laminador 3 y 2-06 laminador 4) de los laminadores funcionan de la misma manera, pero cambiando los instrumentos y motores.

##### **Secuencia de selección.**

Se debe seleccionar, a través de la pantalla de arranque y parada de la vía 1-05 programada en el SCADA si se desea recircular el producto o si se piensa laminar. El operador debe seleccionar si va a operar con Recirculación ó con Laminado mediante un selector de 2 posiciones ubicadas en el Tablero de mando del laminador.

##### **Secuencia de arranque.**

Luego de la selección se solicita el Arranque de la Vía, a través de la pantalla Arranque y Parada de la vía 1-05 programada en el SCADA, se inicia la secuencia con el Aviso de Arranque (Activación de Sirena en Tono de Arranque) durante 10 segundos seguidamente se debe dar la orden de marcha al sinfín M415A. Ahora de acuerdo a la selección realizada la secuencia de arranque es la Siguiente:

Se arrancará la bomba de enfriamiento M412-L1A, luego se le da la autorización de arranque a los molinos del laminador M407A-L1A y M407B-L1A, los cuales arrancaran siempre y cuando los rodillos se encuentren totalmente abiertos lo cual será detectado por el sensor ZSPL1A. En el caso de seleccionar Laminado, el PLC procederá a posicionar la válvula VL1A en posición 1, seguidamente se dará arranque a la unidad hidráulica M408-L1A, al momento que exista la señal del presostato PSH408-L1A (15Bar), el PLC autoriza arrancar localmente el alimentador M406-L1A sin embargo se permitirá su arranque por esta vía después de un tiempo

RT ajustable de 20 segundos, mientras se alcanza la presión de trabajo PSH407-L1A (120 BAR), la cual quedara comandando la vía; o sea en caso de desactivarse PSH407-L1A, el alimentador M406-L1A deberá detenerse, seguidamente el operador a través de un pulsador de confirmación ubicado en el Tablero de mando del laminador accionara la válvula V408-L1A la cual embragara los molinos, luego se dará la orden de marcha al vibrador M405A y finalmente se activara la válvula CVL1A de inyección de vapor en la cocina vertical.

### **Secuencia de parada.**

Se inicia la parada con la verificación de enclavamientos entre vías. La secuencia de Parada se inicia con la orden de parada del vibrador M405A, Seguidamente se detienen el alimentador M406-L1A, 10 segundos después se da la orden de parada del hidráulico M408-L1A, seguidamente se detienen los molinos M407A-L1A y M407B-L1A, luego se detiene la bomba de enfriamiento M412-L1A y por último se detiene el sinfín M415A.

### **Enclavamiento Instrumentación.**

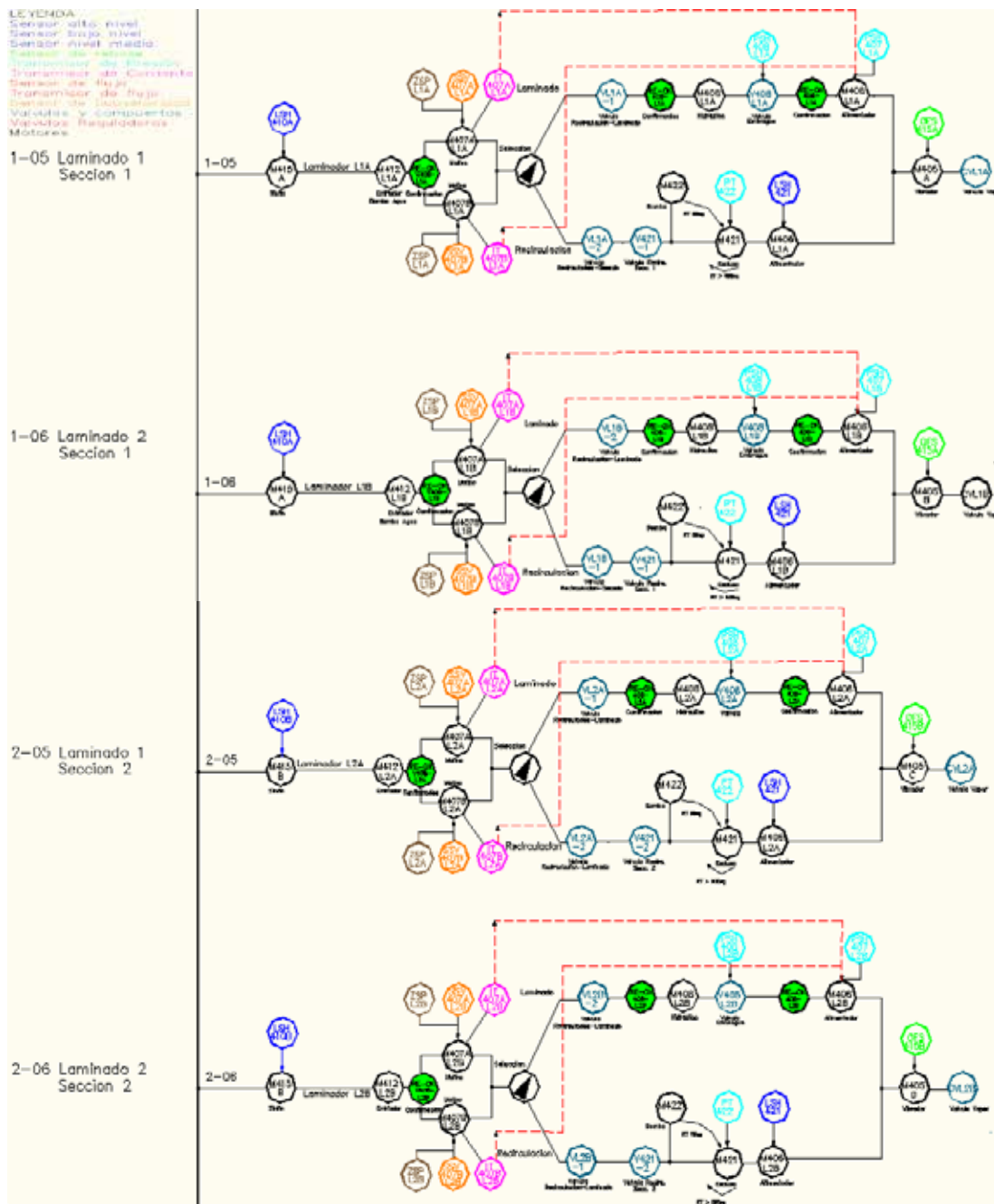
Al momento del arranque el sensor de embrague ZSPL1A no permitirá el arranque de los molinos M407A-L1A y M407B-L1A si este no indica que están totalmente abiertos. Los sensores de subvelocidad SSV407A-L1A y SSV407B-L1A al detectar baja velocidad detentaran los molinos M407A-L1A y M407B-L1A. Al detectarse el sensor de rebose OFS415A, deberán parar al alimentador M406-L1A, si la falla persiste por un tiempo ajustable X segundos, se detendrá el hidráulico M408-L1A desembragando los rodillos, y emitirá una alarma sonora y visual en el sistema supervisorio, al desaparecer la señal de alarma, el operador retomará nuevamente la secuencia de arranque.

### **Vías intervenidas en la adaptación.**

- Vía 1-05: se encarga de manipular los equipos para el funcionamiento del laminador 1, perteneciente a la sección 1.
- Vía 1-06: se encarga de manipular los equipos para el funcionamiento del laminador 2, perteneciente a la sección 1.
- Vía 2-05: se encarga de manipular los equipos para el funcionamiento del laminador 3, perteneciente a la sección 2.
- Vía 2-06: se encarga de manipular los equipos para el funcionamiento del laminador 4, perteneciente a la sección 2.

### **Bloques del programa involucrados en la adaptación.**

- FB215: Este bloque de función está asignado para la sección 1 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 1-05 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención del laminador 1.
- FB216: Este bloque de función está asignado para la sección 1 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 1-06 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención del laminador 2.
- FB225: Este bloque de función está asignado para la sección 2 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 2-05 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención del laminador 3.
- FB226: Este bloque de función está asignado para la sección 2 y se encarga de las acciones que suceden en la vía 2-06 como lo son el arranque, condiciones, intervenciones, parada y retención del laminador 4.
- FC4: Es la función de llevar a cabo las alarmas sonoras de laminación.
- DB4: Es un bloque de datos que se encarga de registrar toda la instrumentación digital del proceso de laminación.
- DB3: Es un bloque de datos que se encarga de registrar toda la instrumentación analógica del proceso de laminación.



**Figura 39. Diagramas de los bloques 1-1 y 2-1, de las vías que activan los laminadores de ambas secciones.**

Fuente. APC Planta Industrial Valencia. (2013).

#### **5.4.2.1. Diseño de mejora en la presión de las masas.**

##### **Lista de materiales (Sección 1 y 2).**

- 13 variables con dirección de memoria y una de temporizador en el PLC Siemens S7-300
- 13 TAG'S tipo I/O Discreta, asociadas al PLC en el programa INTOUCH de Wonderware

##### **Disponibilidad de materiales (Sección 1 y 2).**

Se cuenta con los materiales suficientes para la implementación en ambas secciones de laminación.

##### **Requisiciones para la implementación (Sección 1 y 2).**

- Capacitación al personal: Realizar una capacitación sobre los cambios al personal, los operadores, mecánicos, electricistas y a los supervisores. El tiempo estimado para ello sería de 1 hora aproximadamente.

##### **Descripción del diseño en el STEP7 SIMATIC.**

Este diseño consiste en realizar unas alarmas que indiquen cuando suceda un desajuste de la presión asignada a las masas de los laminadores. La presión establecida como la necesaria para su efectivo funcionamiento es de (48-52) Bar; la cual se tiene que mantener en ese rango debido a los problemas ya mencionados que ocasiona el aumento o decremento de la misma fuera de su valor de funcionamiento.

Para cada laminador se creó la alarma tanto para presión alta como presión baja, mientras la vía esté arrancada, se comparará la presión suministrada por el transmisor de presión de cada laminador con el valor máximo y mínimo de trabajo, si esta fuera del rango se enviara un aviso de presión alta o baja. Luego del salir el aviso en el supervisorio del SCADA, el operador deberá realizar el juste manual de la misma

hasta que se encuentre nuevamente dentro de los parámetros; Si el operador no realiza dicho ajuste en un periodo menor a 10 minutos, se enviará una alarma visual y sonora para que se realice el ajuste de inmediato.

Principalmente se crearon las variables a utilizar en la tabla de símbolos, cabe destacar que los transmisores de presión ya se encuentran instalados en el sistema, por lo tanto, sus variables ya están creadas y asociadas al sistema al igual que en el bloque DB3 de la instrumentación analógica de laminación. Sus símbolos son (PT\_L1A, PT\_L1B, PT\_L2A y PT\_L2B):

SIMBOLO	DIREC.	DATO	DESCRIPCION
PT_L1A	PEW 308	INT	Transmisor de presión Laminador 1
PT_L1B	PEW 310	INT	Transmisor de presión Laminador 2
PT_L2A	PEW 312	INT	Transmisor de presión Laminador 3
PT_L2B	PEW 314	INT	Transmisor de presión Laminador 4
Reconocer_presion_L1	M 120.0	BOOL	Reconocimiento del aviso presión L1
Reconocer_presion_L2	M 120.1	BOOL	Reconocimiento del aviso presión L2
Reconocer_presion_L3	M 120.2	BOOL	Reconocimiento del aviso presión L3
Reconocer_presion_L4	M 120.3	BOOL	Reconocimiento del aviso presión L4
Alarma_Pre_Alta_L1	M 120.4	BOOL	Alarma para aviso presión alta L1
Alarma_Pre_Alta_L2	M 120.5	BOOL	Alarma para aviso presión alta L2
Alarma_Pre_Alta_L3	M 120.6	BOOL	Alarma para aviso presión alta L3
Alarma_Pre_Alta_L4	M 120.7	BOOL	Alarma para aviso presión alta L4
Alarma_Pre_Baja_L1	M 130.0	BOOL	Alarma para aviso presión baja L1
Alarma_Pre_Baja_L2	M 130.1	BOOL	Alarma para aviso presión baja L2
Alarma_Pre_Baja_L3	M 130.2	BOOL	Alarma para aviso presión baja L3
Alarma_Pre_Baja_L4	M 130.3	BOOL	Alarma para aviso presión baja L2
Alarma_sonora_Pre_Lam	M 130.4	BOOL	Alarma por desajuste de presión Lam 1, 2, 3, 4
T_Pre_Lam	T 32	TIMER	Temporizador Activar alarma desajuste pres

**Cuadro 5. Tabla de símbolos, para ajuste de presión en el Step7 SIMATIC.**

Fuente: Roxy Aguilar (2018).

Luego se agregaron los ajustes de presión alta y baja en los bloques de función de cada laminador (FB215, FB216, FB225 y FB226). Unos comparadores se encargarán de verificar que se mantenga en el rango la presión. De igual manera se creó la alarma sonora para cuando se cumpla el tiempo asignado para el ajuste y no suceda el cambio, este se realizó en la función de alarmas FC4. En el Supervisorio del SCADA se mostrarán dichas ventanas de aviso y alarma para cada laminador.

## Diseño de la propuesta en el STEP 7 SIMATIC.

Inicio	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentarios
1077	ZSP2_V_L2A	I 53.1	BOOL	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO VALVULA VL2A HACIA TOLVA DE REGULACION
1078	ZSP2_V_L2B	I 53.3	BOOL	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO VALVULA VL2B HACIA TOLVA DE REGULACION
1079	ZSP2_VL5	I 52.8	BOOL	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO VALVULA VLE HACIA SECCION 2
1080	ZSP1A	I 60.7	BOOL	SENSOR DE POSICION EMBRAGUE LAMINADOR 1
1081	ZSP1B	I 60.8	BOOL	SENSOR DE POSICION EMBRAGUE LAMINADOR 2
1082	ZSP1A2	I 60.7	BOOL	SENSOR DE POSICION EMBRAGUE LAMINADOR 3
1083	ZSP1B2	I 61.0	BOOL	SENSOR DE POSICION EMBRAGUE LAMINADOR 4
1084	ZVIO_C404A_1	A 50.0	BOOL	Orden de apertura compuerta Serfo Antes De Entrar A Laminador 1
1085	ZVIO_C404A_2	A 50.1	BOOL	Orden de apertura compuerta Serfo Antes De Entrar A Laminador 2
1086	ZVIO_C404B_1	A 50.2	BOOL	Orden de apertura compuerta Serfo Antes De Entrar A Laminador 3
1087	ZVIO_C404B_2	A 50.3	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Serfo Antes De Laminador 4
1088	ZVIO_C402A_1	A 50.4	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Serfo Antes De Entrar A Silo 10 Fases
1089	ZVIO_C402A_2	A 50.5	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Serfo Antes De Entrar A Silo 12 Fases
1090	ZVIO_C402A_3	A 50.6	BOOL	Orden de apertura compuerta 1 Serfo Antes De Entrar A Silo 14 Fases
1091	ZVIO_C402B_1	A 50.8	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Serfo Antes De Entrar A Silo 10 Fases
1092	ZVIO_C402B_2	A 50.7	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Serfo Antes De Entrar A Silo 12 Fases
1093	ZVIO_C402B_3	A 51.1	BOOL	Orden de apertura compuerta 2 Serfo Antes De Entrar A Silo 14 Fases
1094	ZVPS_V_031	A 52.4	BOOL	Orden de apertura posicion 1, Valvula V021 hacia seccion 1
1095	ZVPS_V_11A	A 51.4	BOOL	Orden de apertura posicion 1, valvula VL1A hacia serfo 0415A
1096	ZVPS_V_11B	A 52.2	BOOL	Orden de apertura posicion 1, valvula VL1B hacia serfo 0415A
1097	ZVPS_V_13A	A 52.0	BOOL	Orden de apertura posicion 1, Valvula VL3A hacia serfo 0415B
1098	ZVPS_V_13B	A 52.0	BOOL	Orden de apertura posicion 1, Valvula VL3B hacia serfo 0415B
1099	ZVPS_V021A	A 54.0	BOOL	Orden de apertura posicion 1, Valvula reconstruccion y lavado L1
1100	ZVPS_VL5	A 51.2	BOOL	Orden de apertura posicion 1, Valvula VL5 hacia seccion 1
1101	ZVPS_V_041	A 52.1	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula V021 hacia seccion 2
1102	ZVPS_V_11A	A 51.6	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VL1A hacia silo de reconstruccion
1103	ZVPS_V_11B	A 52.3	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VL1B hacia silo de reconstruccion
1104	ZVPS_V_13A	A 51.7	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VL3A hacia silo de reconstruccion
1105	ZVPS_V_13B	A 52.1	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VL3B hacia silo de reconstruccion
1106	ZVPS_V021B	A 54.1	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula reconstruccion y lavado L1
1107	ZVPS_VL5	A 51.3	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VL5 hacia seccion 2
1108	PT_L1A	PEW 308	INT	Transmisor de Presion Laminador 1
1109	PT_L1B	PEW 310	INT	Transmisor de Presion Laminador 2
1110	PT_L2A	PEW 312	INT	Transmisor de Presion Laminador 3
1111	PT_L2B	PEW 314	INT	Transmisor de Presion Laminador 4
1112	Reconocer_Presion_L1	M 120.0	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 1
1113	Reconocer_Presion_L2	M 120.1	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 2
1114	Reconocer_Presion_L3	M 120.2	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 3
1115	Reconocer_Presion_L4	M 120.3	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 4
1116	Alarma_Pre_Alta_L1	M 120.4	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 1
1117	Alarma_Pre_Alta_L2	M 120.5	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 2
1118	Alarma_Pre_Alta_L3	M 120.6	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 3
1119	Alarma_Pre_Alta_L4	M 120.7	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 4
1120	Alarma_Pre_Baja_L1	M 130.0	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 1
1121	Alarma_Pre_Baja_L2	M 130.1	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 2
1122	Alarma_Pre_Baja_L3	M 130.2	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 3
1123	Alarma_Pre_Baja_L4	M 130.3	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 4
1124	Alarma_sonora_Pre_Lam	M 130.4	BOOL	Alarma por desajuste de presion en los laminadores
1125	T_Pre_Lam	T 32	TIMER	Temporizador para la alarma por desajuste de presion en los laminadores

PT_L1A	PEW 308	INT	Transmisor de Presion Laminador 1
PT_L1B	PEW 310	INT	Transmisor de Presion Laminador 2
PT_L2A	PEW 312	INT	Transmisor de Presion Laminador 3
PT_L2B	PEW 314	INT	Transmisor de Presion Laminador 4
Reconocer_Presion_L1	M 120.0	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 1
Reconocer_Presion_L2	M 120.1	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 2
Reconocer_Presion_L3	M 120.2	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 3
Reconocer_Presion_L4	M 120.3	BOOL	Reconocimiento de la alarma por alta o baja presion en laminador 4
Alarma_Pre_Alta_L1	M 120.4	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 1
Alarma_Pre_Alta_L2	M 120.5	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 2
Alarma_Pre_Alta_L3	M 120.6	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 3
Alarma_Pre_Alta_L4	M 120.7	BOOL	Alarma por presion alta en el laminador 4
Alarma_Pre_Baja_L1	M 130.0	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 1
Alarma_Pre_Baja_L2	M 130.1	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 2
Alarma_Pre_Baja_L3	M 130.2	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 3
Alarma_Pre_Baja_L4	M 130.3	BOOL	Alarma por presion baja en el laminador 4
Alarma_sonora_Pre_Lam	M 130.4	BOOL	Alarma por desajuste de presion en los laminadores
T_Pre_Lam	T 32	TIMER	Temporizador para la alarma por desajuste de presion en los laminadores

Figura 40. Tabla de símbolos con variables creadas en el proceso, sección 1 y 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

KOP/AWL/FUP - [DB3 -- "INST\_ANALOGICA" -- roxy pasantias\LAMINACION\CPU 315-2 PN\DP\...\DB3]

Archivo Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	FT403A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE FLUJO DE AGUA PREMOJO SECCIÓN 1
+46.0	FT403B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE FLUJO DE AGUA PREMOJO SECCIÓN 2
+92.0	IT407A_L1A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 1 MOLINO 1
+138.0	IT407A_L1B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 2 MOLINO 1
+184.0	IT407A_L2A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 3 MOLINO 1
+230.0	IT407A_L2B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 4 MOLINO 1
+276.0	IT407B_L1A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 1 MOLINO 2
+322.0	IT407B_L1B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 2 MOLINO 2
+368.0	IT407B_L2A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 3 MOLINO 2
+414.0	IT407B_L2B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE LAMINADOR 4 MOLINO 2
+460.0	IT441A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE MOLINO M441 A
+506.0	IT441B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE MOLINO M441 B
+552.0	IT441C	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE MOLINO M441 C
+598.0	IT441D	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE CORRIENTE MOLINO M441 D
+644.0	PT402A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESIÓN A LA SALIDA DE LA BOMBA M402A
+690.0	PT402B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESIÓN A LA SALIDA DE LA BOMBA M402B
+736.0	PT409A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION DE SECADORA RK2
+782.0	PT409B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION DE SECADORA RK6
+828.0	PT411A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESIÓN A LA SALIDA DE LA BOMBA M411A
+874.0	PT411B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESIÓN A LA SALIDA DE LA BOMBA M411B
+920.0	PT422	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESIÓN A LA SALIDA DE LA BOMBA M422
+966.0	TTL1A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE TEMPERATURA COCINA LAMINADOR 1
+1012.0	TTL1B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE TEMPERATURA COCINA LAMINADOR 2
+1058.0	TTL2A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE TEMPERATURA COCINA LAMINADOR 3
+1104.0	TTL2B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE TEMPERATURA COCINA LAMINADOR 4
+1150.0	PT_L1A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION LAMINADOR M407L1A
+1196.0	PT_L1B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION LAMINADOR M407L1B
+1242.0	PT_L2A	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION LAMINADOR M407L2A
+1288.0	PT_L2B	"UDT_ENTR_ANALOG;		TRANSMISOR DE PRESION LAMINADOR M407L2B
=1334.0		END_STRUCT		

**Figura 41. Transmisores ubicados en el DB3 instrumentación analógica de laminación, sección 1 y 2.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

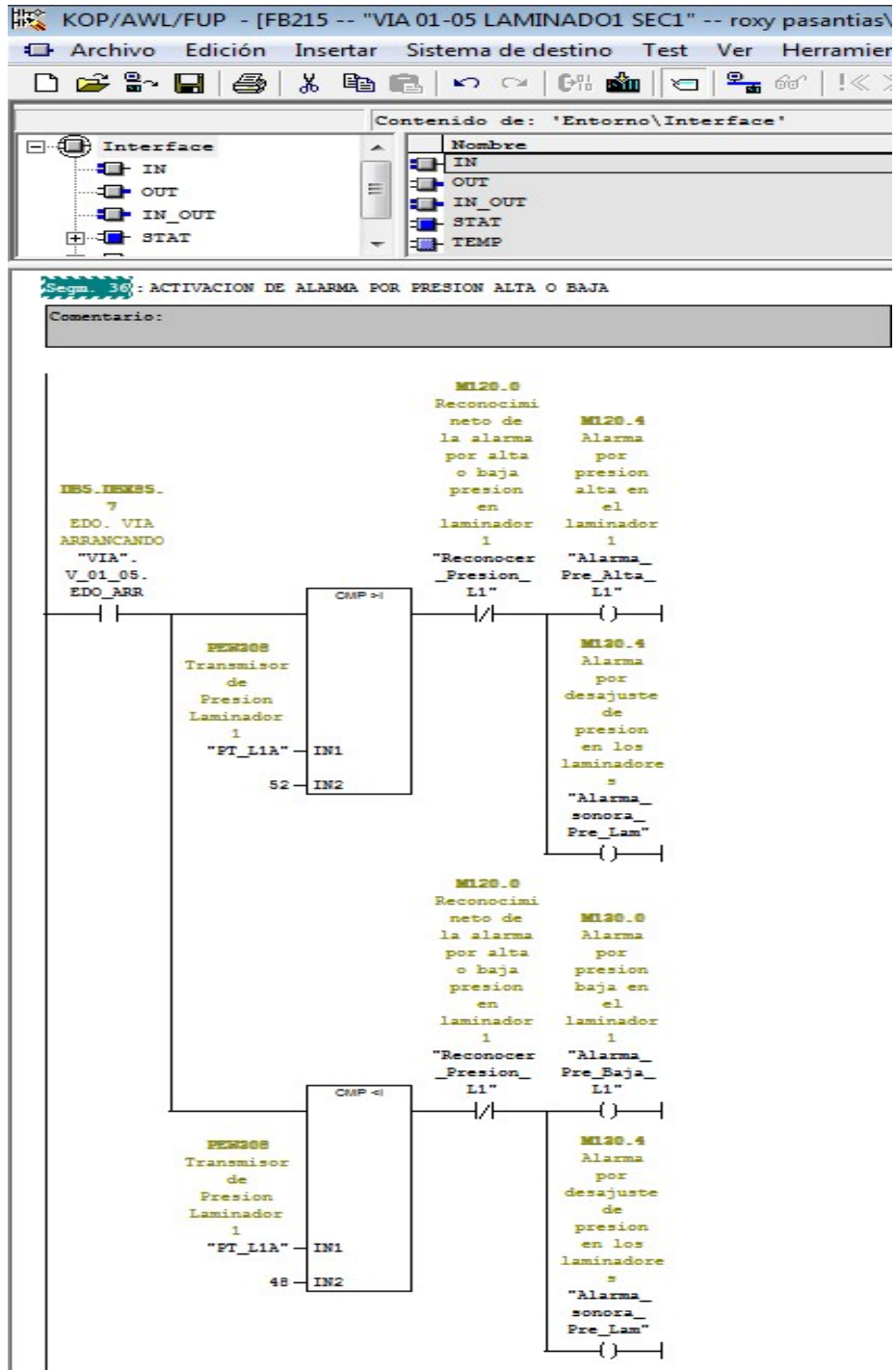


Figura 42. Programa para la detección del desajuste de presión Lam 1.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

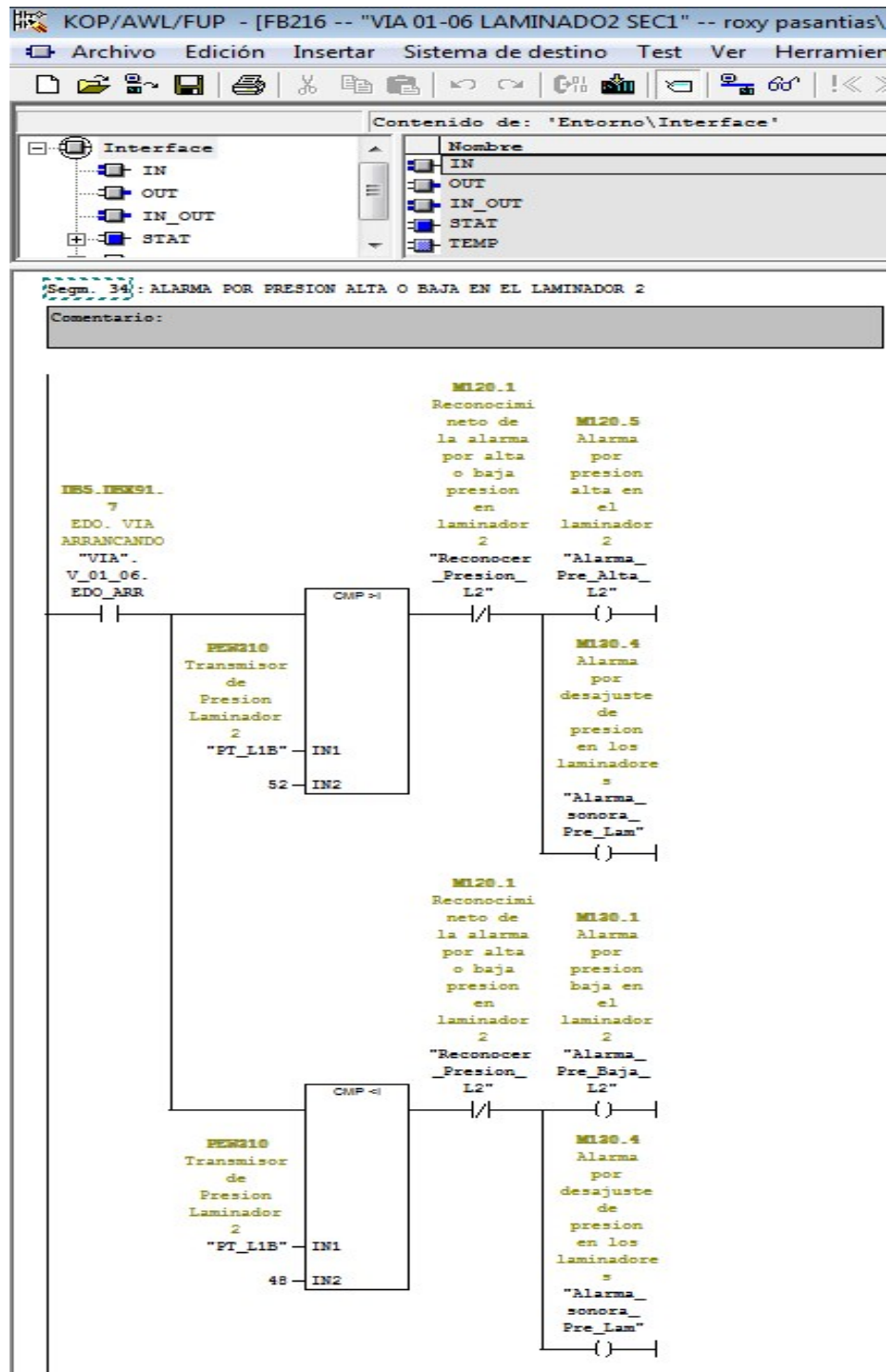


Figura 43. Programa para la detección del desajuste de presión Lam 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

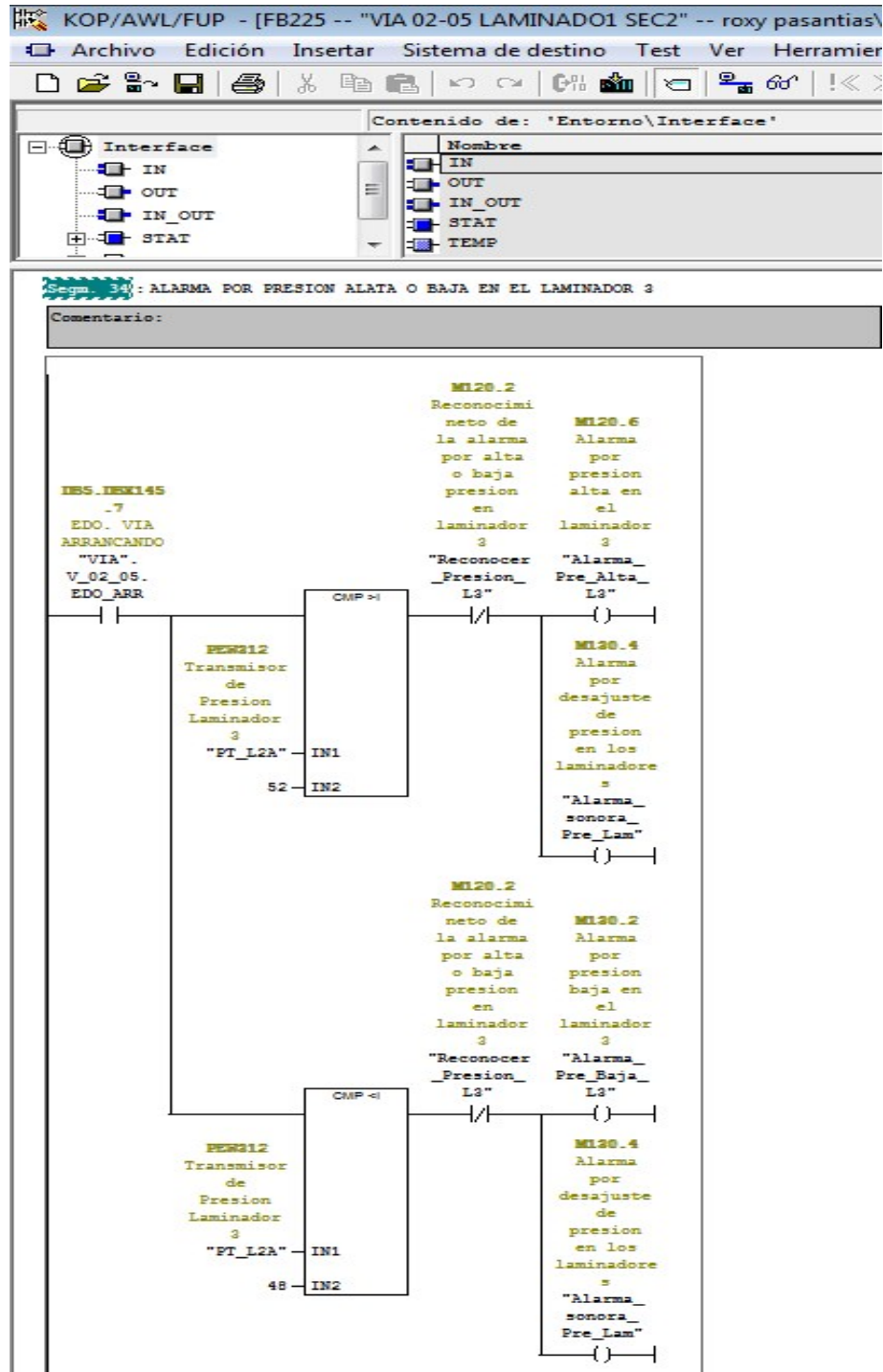


Figura 44. Programa para la detección del desajuste de presión Lam 3.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

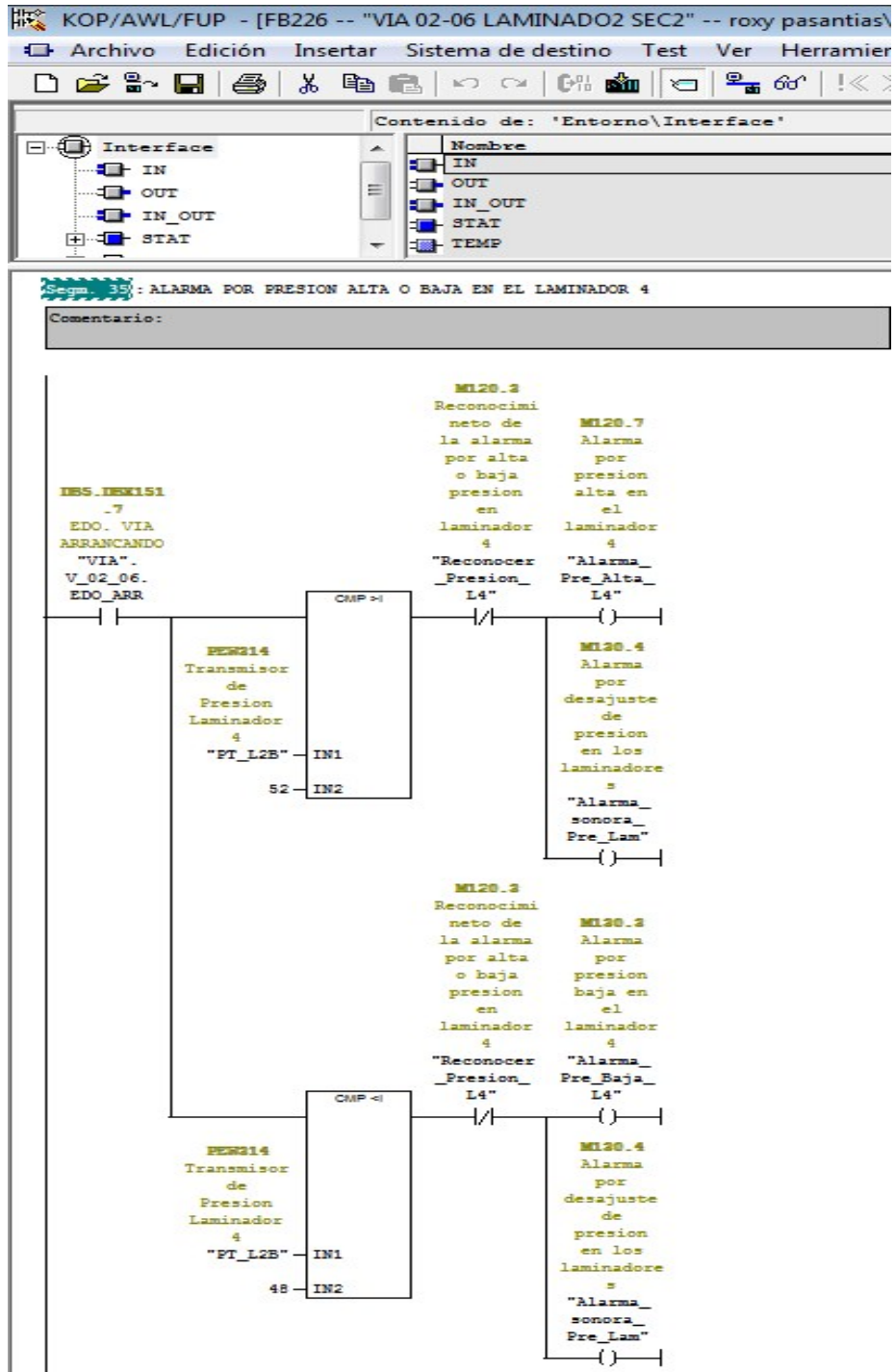
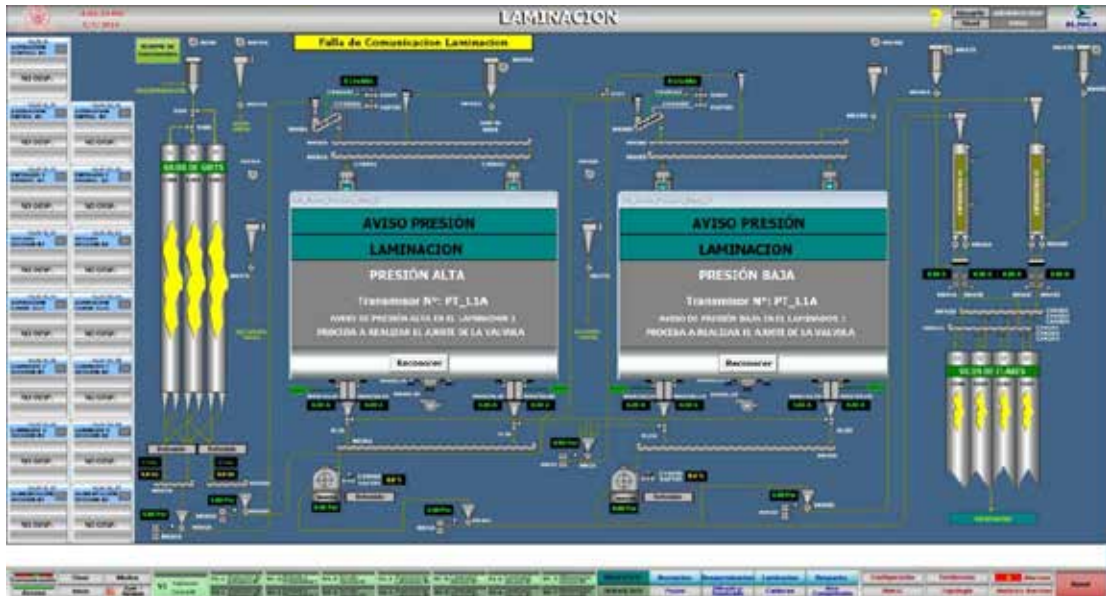


Figura 45. Programa para la detección del desajuste de presión Lam 4.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

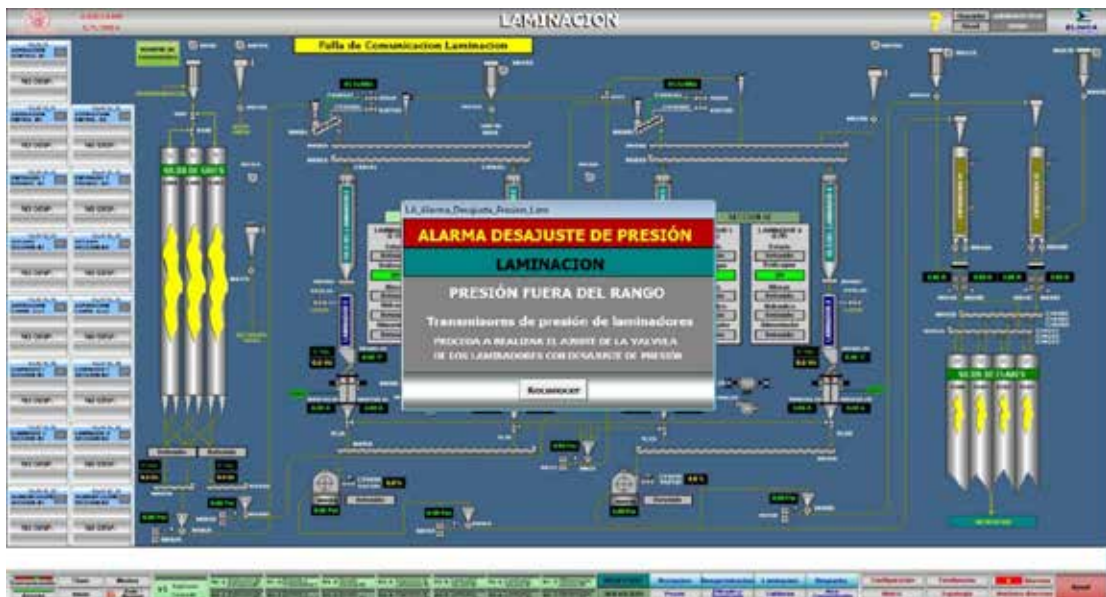


**Diseño de las ventanas en InTouch Wonderware.**



**Figura 47. Ejemplo de ventanas de aviso de presión, alta y baja.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 48. Ventana de alarma por desajuste de presión en los Lam.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



Figura 49. Ventanas de aviso para presión baja y alta en los laminadores.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

### 5.4.2.2. Diseño de mejora en el sistema de lubricación.

El sensor que se selecciono fue FC10B04 de marca ICOS, este es de bajo costo y que se adapte a las necesidades de la aplicación las cuales son, que detecte la presencia de flujo de aceite, sea de 1", con salida digital y tensión de operación de 24VDC. Adicionalmente esta marca del sensor es trabajada por uno de los proveedores de la empresa. Sus especificaciones son las siguientes:



**icossensores.es**

**Sensor de Flujo para líquidos**  
Conexión G 1"

**Hoja de Datos**  
B.01/Jun2016

**FC10B04**

**Material**  
PPA - Polifitalamida











**Funcionamiento** El paso del fluido por el sensor cierra el contacto eléctrico (reed switch).

**Destacados**

- Señalización tipo On/Off; contacto NA (SPST);
- Se detecta el aumento o disminución del flujo;
- Sensibilidad ajustable<sup>1</sup>.



**Aplicaciones típicas**

- Supervisión de lubricación y refrigeración;
- Supervisión del paso de líquidos en tuberías.

**Líquidos**

- Agua limpia, aceites, lubricantes y combustibles filtrados.






El producto tiene componentes magnéticos internos, lo que le hace sensible a la sedimentación y la deposición de partículas de hierro, lo que interfiere con su funcionamiento.  
Se recomienda un análisis técnico y ensayos previos para su uso en líquidos con partículas sólidas y/o incrustantes y productos químicos. No se recomienda para aguas industriales residuales.

**Especificaciones técnicas**

Área de pasaje interno	<b>380mm<sup>2</sup></b>
Presión máxima de trabajo	<b>25bar</b>
Temperatura de trabajo	<b>0°C a 100°C   140°C @1h</b>
Rosca de conexión	<b>G 1" hembra - Latón</b>
Muelle	<b>Acero Inoxidable AISI 302</b>
Junta	<b>O'Ring de goma nitrilica (NBR)</b>
Conexión de salida	<b>Conector DIN 43650 - B</b>
Grado de protección	<b>IP66</b>
Contacto eléctrico	<b>Reed Switch 20W/Va</b>

Los sensores funcionan en todas las gamas de voltaje y corriente indicadas en la tabla a continuación:

Tensión de Trabajo	Potencia Máxima	Corriente Máxima	Pico de Corriente
110Vac	20VA	0,2A	0,5A @20ms
220Vac	20VA	0,1A	0,5A @20ms
3Vdc	2,5W	0,3A	1A @20ms
12Vdc	5W	0,5A	1A @20ms
24Vdc	10W	0,5A	1A @20ms

24Vdc NO recomendado

**Conexión típica a un contador**



**Montaje (¡Importante!)**



INCORRECTO



CORRECTO

Flujo

**Dimensiones (mm) y Peso**



138      30

Tornillo con hexágono interior para ajuste de sensibilidad

Figura 50. Especificaciones del Sensor de flujo FC10B04 ICOS.

Fuente. ICOS. (2016).

**Lista de materiales (sección 1).**

- 1 Interruptor de flujo FC10B04 ICOS
- 1 entrada digital al PLC Siemens S7-300
- 2 TAG'S en el programa INTOUCH de Wonderware
- 30m de cable 2X16AWG

**Lista de materiales (sección 2).**

- 1 Interruptor de flujo FC10B04 ICOS
- 1 entrada digital al PLC Siemens S7-300
- 2 TAG'S en el programa INTOUCH de Wonderware
- 35m de cable 2X16AWG

**Disponibilidad de materiales.**

- Entradas digitales al PLC Siemens S7-300: Se cuenta con 3 entradas digitales disponibles en el slot 6 del PLC de laminación, las cuales son:
  - E 61.7
  - E 62.7
- Cable 2X16AWG: Solo hay disponibilidad de 20m en el almacén.

**Requisiciones para la implementación.**

- Cable 2X16AWG: Para implementar en ambas secciones se necesita una cantidad de 45m.
- 2 Interruptores de flujo FC10B04 ICOS para ambas secciones.
- Personal Electricista: Para realizar el cableado del sensor, la instalación del mismo y la conexión al PLC. El tiempo estimado para ello es 2 horas por sección aproximadamente.
- Personal mecánico: Para realizar la adaptación de la tubería donde se instalará el sensor, en ello se tomará aproximadamente 1 hora por sección.

- Capacitación al personal: Realizar una capacitación sobre los cambios al personal, los operadores, mecánicos, electricistas y a los supervisores. El tiempo estimado para ello sería de 1 hora aproximadamente.

#### **Adaptación del sensor al sistema de control (sección 1).**

- Descripción: Interruptor de flujo para unidad de lubricación sección 1
- TAG del Sensor: FS408\_L1B
- Ubicación de instalación: Planta Baja, salida de la unidad de lubricación.
- Ubicación en el sistema: Bloque 1-1, en las Vías 1-05 y 1-06.

#### **Adaptación del sensor al sistema de control (sección 2).**

- Descripción: Interruptor de flujo para unidad de lubricación sección 2
- TAG del Sensor: FS408\_L2B
- Ubicación de instalación: Planta Baja, salida de la unidad de lubricación.
- Ubicación en el sistema: Bloque 1-1, en las Vías 2-05 y 2-06.

#### **Funcionamiento del sensor al ser incorporado al sistema.**

Este instrumento se instalará con la finalidad de verificar la existencia de flujo de lubricante en la salida de la unidad de lubricación de cada sección, por si existe alguno de los inconvenientes ya mencionados que puedan cortar el flujo de lubricante hacia los laminadores. Su salida estará normalmente abierta cuando detecte flujo y cerrará sus contactos cuando no lo halla. El sensor se instalará a la salida de la unidad de lubricación a la tubería de 1”, dicha ubicación se ilustra en la siguiente imagen:



**Figura 51. Ubicación para la instalación del interruptor de flujo.**

Fuente. ICOS. (2016).

### Descripción del diseño en el STEP7 SIMATIC.

Principalmente se crearon las variables a utilizar en la tabla de símbolos:

SÍMBOLO	DIREC.	DATO	DESCRIPCIÓN
FS408_L1B	E 61.7	BOOL	Interruptor de flujo en unidad de lubricación S1
FS408_L2B	E 62.7	BOOL	Interruptor de flujo en unidad de lubricación S2
Alarm_Flujo_Lub_S1	M 140.0	BOOL	Alarma por interruptor de flujo lubricación S1
Alarm_Flujo_Lub_S2	M 140.1	BOOL	Alarma por interruptor de flujo lubricación S2

**Cuadro 6. Tabla de símbolos, para unidad de lubricación en el Step7 SIMATIC.**

Fuente: Roxy Aguilar (2018).

Luego se agregó el sensor al bloque de datos DB4 para su registro en la instrumentación digital del proceso de laminación. Se creó la activación de la alarma

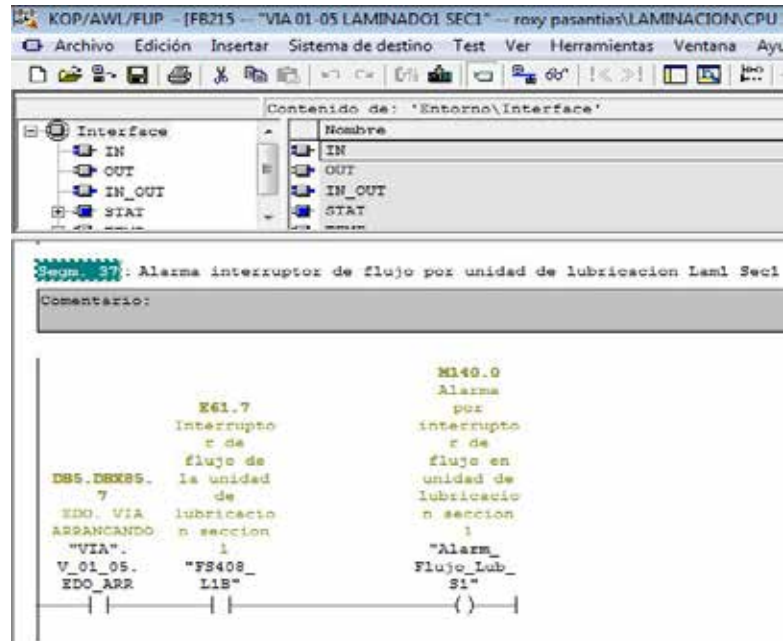
accionada por el interruptor de flujo en la unidad de lubricación, mientras la vía esta arrancada para todos los laminadores en las vías 1-05, 1-06, 2-05 y 2-06. Adicionalmente se agregó la alarma sonora para ambas secciones, al activarse las mismas se mostrará una ventana de alarma, al igual que una de aviso por parada para cada vía afectada en el supervisorio del SCADA.

### Diseño de la propuesta en el STEP 7 SIMATIC.

Numero	Simbolo	Direccion	Tipos de Datos	Comentarios
1127	ZYP2_VLS	A 51.3	BOOL	Orden de apertura posicion 2, Valvula VLS hacia seccion 2
1128	FS408_L1B	E 61.7	BOOL	Interruptor de flujo de la bomba de lubricacion seccion 1
1129	FS408_L2B	E 62.7	BOOL	Interruptor de flujo de la bomba de lubricacion seccion 2
1130	Alarm_Flujo_Lub_S1	M 140.0	BOOL	Alarma por interruptor de flujo en unidad de lubricacion seccion 1
1131	Alarm_Flujo_Lub_S2	M 140.1	BOOL	Alarma por interruptor de flujo en unidad de lubricacion seccion 2

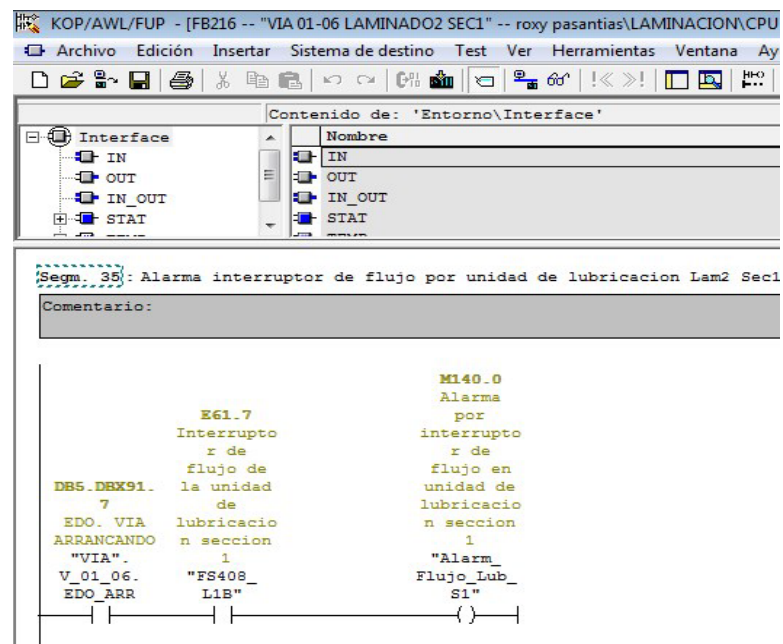
Figura 52. Tabla de símbolos creados para el proceso sección 1 y 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 53. Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación laminador 1.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 54. Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación laminador 2.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

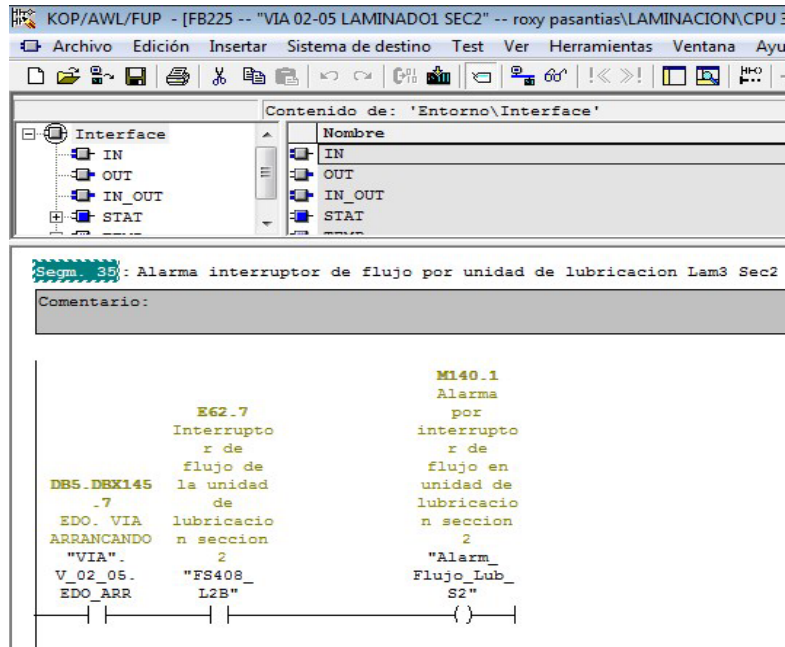


Figura 55. Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación laminador 3.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

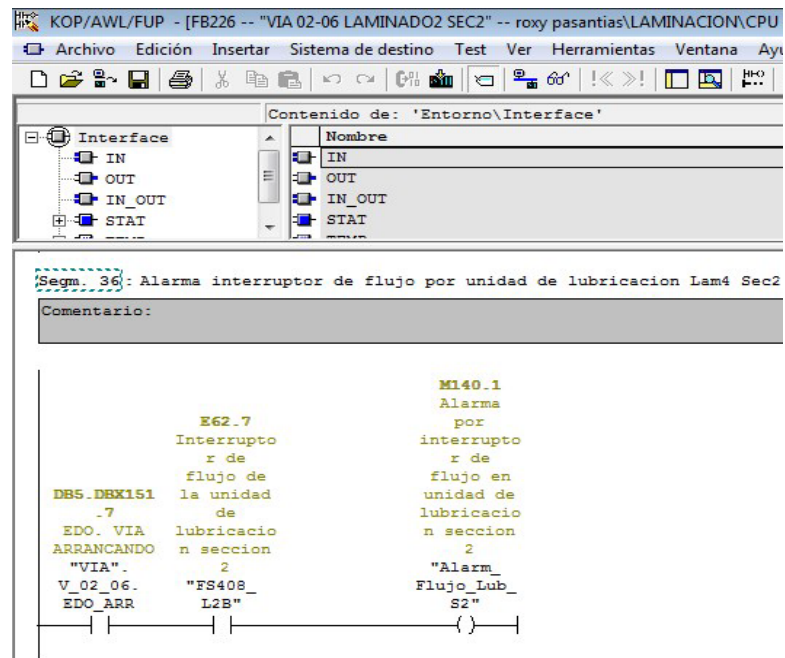


Figura 56. Activación de la alarma por flujo unidad de lubricación laminador 4.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

KOP/AWL/FUP - [FB215 -- "VIA 01-05 LAMINADO1 SECI" -- roxy pasantias\LAMINACION\CPU 315-2 PN/

Archivo Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda

Contenido de: 'Entorno\Interface'

Nombre	Nombre
IN	IN
OUT	OUT
IN_OUT	IN_OUT
STAT	STAT

Segm. 4 : PARADA Y RETENCION DE LA VIA

Comentario:

```

M10.0
Estado DB6.DBX8.0
Automatico EDO_VIA
del PLC PARANDO
Activo "BLOQUE".
"EDO_AUTO_ B01_01.
PLC" EDO_PAR

DB5.DBX85.
0 EDO_VIA
SEMIAUTOMA EDO_VIA
TICA PARANDO
"VIA". "VIA".
V_01_05. V_01_05.
EDO_SEMI EDO_PAR

DB5.DBX86.
0 EDO_VIA
SEMIAUTOMA EDO_VIA
TICA PARANDO
"VIA". "VIA".
V_01_05. V_01_05.
EDO_SEMI EDO_PAR

M10.1
Estado DB5.DBX84.
1 ORDEN
Semi-Autom PARADA DE
atico del VIA
PLC Activo "VIA".
"EDO_SEMI_ V_01_05.
PLC" PAR_SUPV

#CONF_PARA
DA
#CONF_
PARADA

DB5.DBX86.
1 EDO_BIT
AUXILIAR
DE
ARRANQUE
"VIA".
V_01_05.
EDO_ARR_
AUX

DB5.DBX86. DB5.DBX85.
0 3
EDO_VIA EDO_VIA
PARANDO PARADA "VIA".
"VIA". "VIA".
V_01_05. V_01_05.
EDO_PAR EDO_OFF

M140.0
Alarma
por
interrupto
r de
flujo en
unidad de
lubricacio
n seccion
1
"Alarm_
Flujo_Lub_
S1"

```

Archivo/bloque guardado.

**Figura 57. Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 1, para detener la vía 1-05.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

KOP/AWL/FUP - [FB216 -- "VIA 01-06 LAMINADO2 SECI" -- roxy pasantias\LAMINACION\CPU 315-2 PN/

Archivo Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda

Contenido de: 'Entorno\Interface'

Nombre	Nombre
IN	IN
OUT	OUT
IN_OUT	IN_OUT
STAT	STAT

Segm. 4 : PARADA Y RETENCION DE LA VIA

Comentario:

M10.0	DB6.DBX8.0	DB5.DBX91.0	DB5.DBX92.0
Estado Automatico del PLC Activo	EDO. VIA PARANDO "BLOQUE".	EDO. VIA SEMIAUTOMA TICA "VIA".	EDO. VIA PARANDO "VIA".
"EDO_AUTO_PLC"	B01_01. EDO_PAR	V_01_06. EDO_SEMI	V_01_06. EDO_PAR

M10.1	DB5.DBX90.1
Estado Semi-Automatico del PLC Activo	ORDEN PARADA DE VIA "VIA".
"EDO_SEMI_PLC"	V_01_06. PAR_SUPV

#CONF\_PARA DA #CONF\_PARADA

DB5.DBX92.0	DB5.DBX91.3
EDO. VIA PARANDO "VIA".	EDO. VIA PARADA "VIA".
V_01_06. EDO_PAR	V_01_06. EDO_OFF

M140.0 Alarma por interruptor de flujo en unidad de lubricación sección 1 "Alarm\_Flujo\_Lub\_S1"

Archivo/bloque guardado.

**Figura 58. Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 1, para detener la vía 1-06.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

KOP/AWL/FUP - [FB225 -- "VIA 02-05 LAMINADO1 SEC2" -- roxy pasantias\LAMINACION\CPU 315-2 PN/

Archivo Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda

Contenido de: 'Entorno\Interface'

Nombre
IN
OUT
IN_OUT
STAT

Segm. 4 : PARADA Y RETENCION DE LA VIA

Comentario:

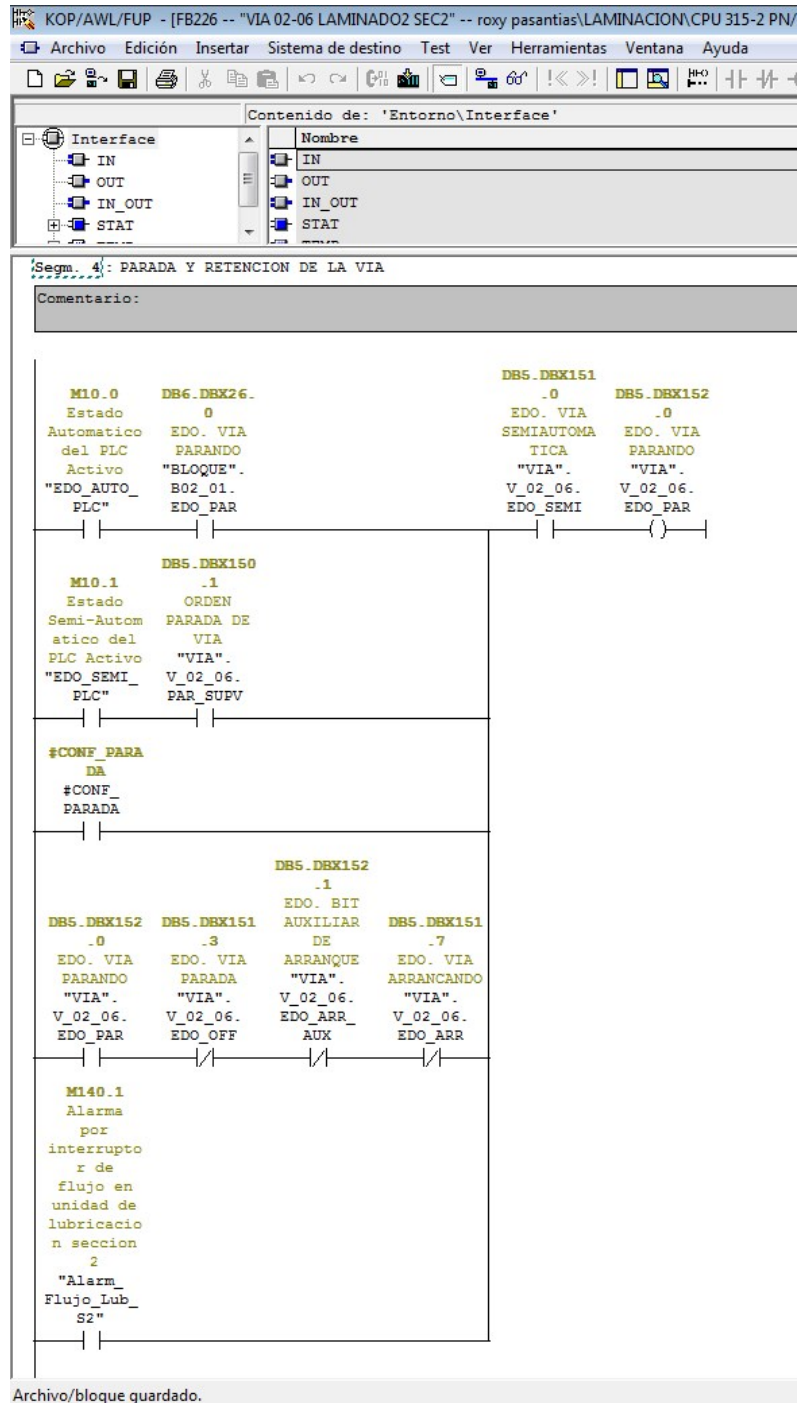
<b>M10.0</b> Estado Automatico del PLC Activo "EDO_AUTO_ PLC"	<b>DB6.DBX26.</b> 0 EDO. VIA PARANDO "BLOQUE". B02_01. EDO_PAR	<b>DB5.DBX145</b> .0 EDO. VIA SEMIAUTOMA TICA "VIA". V_02_05. EDO_SEMI	<b>DB5.DBX146</b> .0 EDO. VIA PARANDO "VIA". V_02_05. EDO_PAR
----- ----- ----- -----			
<b>M10.1</b> Estado Semi-Autom atico del PLC Activo "EDO_SEMI_ PLC"	<b>DB5.DBX144</b> .1 ORDEN PARADA DE VIA "VIA". V_02_05. PAR_SUPV		
----- ----- ----- -----			
<b>#CONF_PARA</b> DA #CONF_ PARADA			
----- ----- ----- -----			
<b>DB5.DBX146</b> .0 EDO. VIA PARANDO "VIA". V_02_05. EDO_PAR	<b>DB5.DBX145</b> .3 EDO. VIA PARADA "VIA". V_02_05. EDO_OFF	<b>DB5.DBX145</b> .7 EDO. VIA ARRANCANDO "VIA". V_02_05. EDO_ARR	
----- ----- ----- -----			
<b>M140.1</b> Alarma por interrup to de flujo en unidad de lubricacio n seccion 2 "Alarm_ Flujo_Lub_ S2"			
----- ----- ----- -----			

Segm. 5 : EDO. VIA ARRANCANDO

Archivo/bloque guardado.

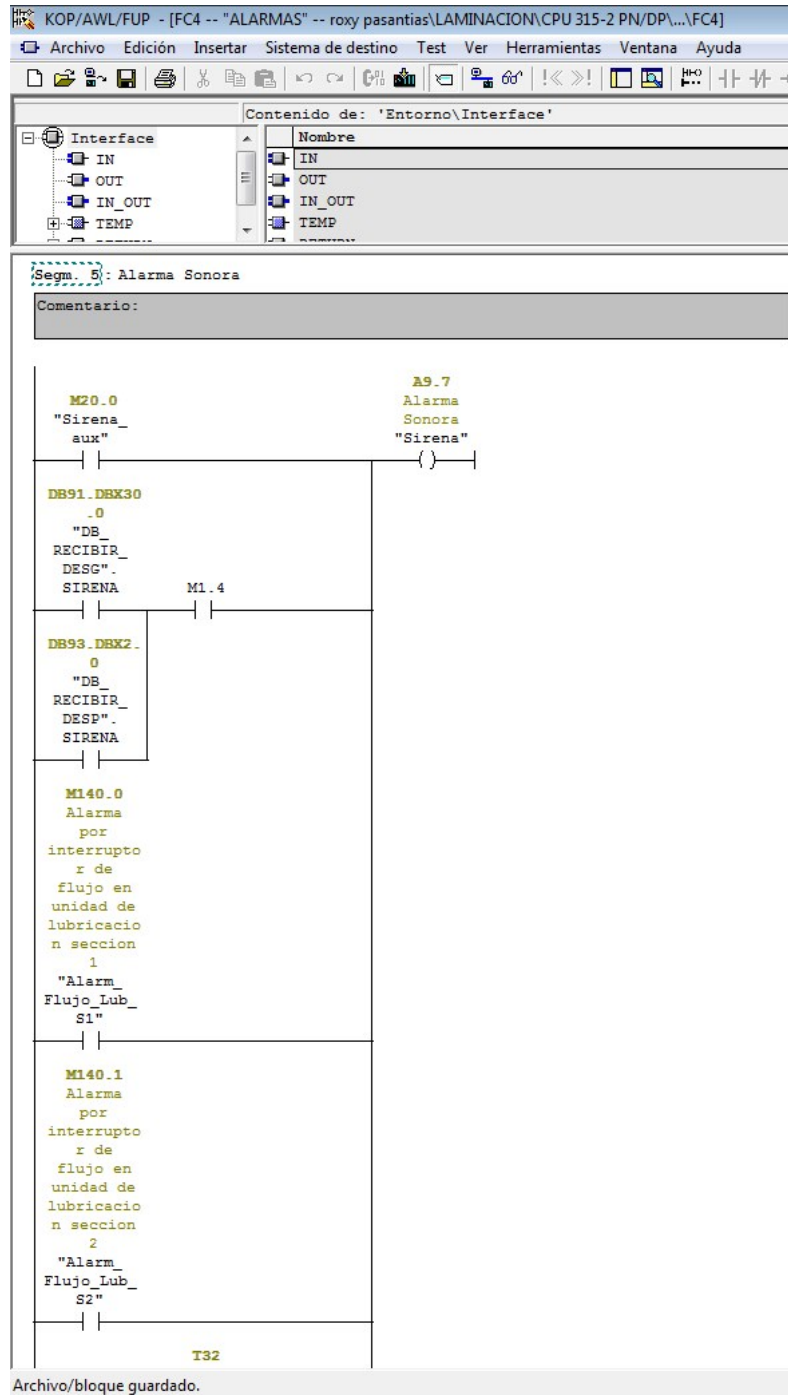
**Figura 59. Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 2, para detener la vía 2-05.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 60. Parada por alarma de flujo en la unidad de lubricación sección 2, para detener la vía 2-06.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



**Figura 61. Activación de alarma sonora por interruptor de flujo en la unidad de lubricación sección 1 y 2.**

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

Diseño de la propuesta en el InTouch de Wonderware.

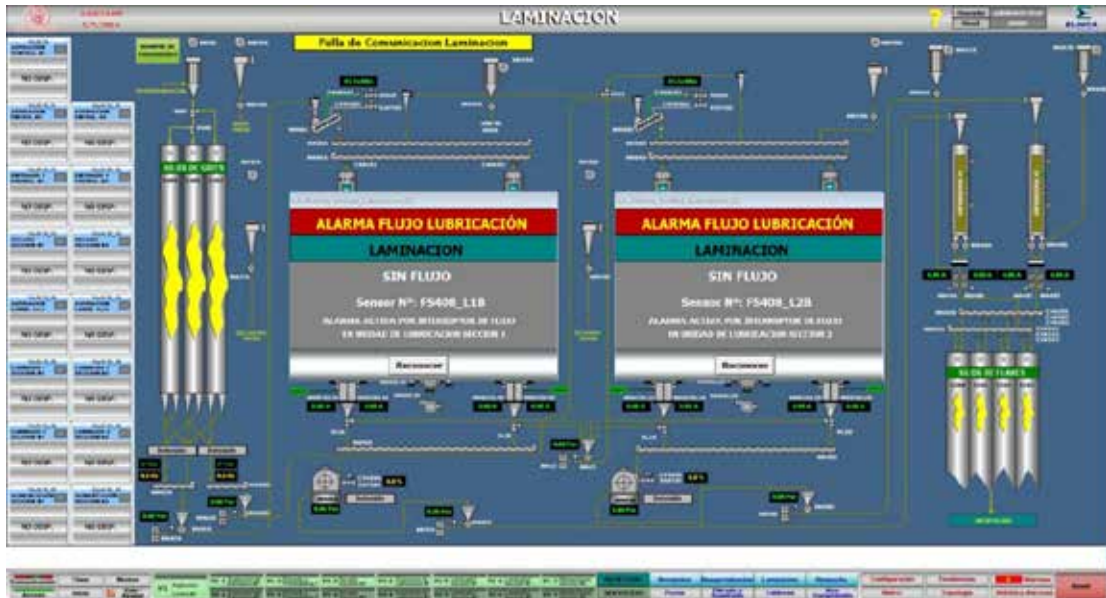


Figura 62. Alarmas por flujo en unidad de lubricación, sección 1 y 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).



Figura 63. Aviso de vías detenidas por flujo unidad de lubricación, sección 1 y 2.

Fuente. Roxy Aguilar. (2018).

## CONCLUSIÓN

Luego de haber realizado este trabajo de investigación, se notó la suma importancia de mantener los sistemas de control automatizados funcionando operativamente dentro de las empresas, al igual que realizar actualizaciones y adecuaciones de las mismas durante cada determinado tiempo para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos del proceso productivo.

De igual manera se concluyó que una empresa que realiza mejoras continuas en su proceso, no solo mejora la calidad de su producto final, sino que también aumenta su producción y la vida útil de los equipos involucrados en ella. Por más sencillos que sean los procesos de una empresa, siempre se pondrán obtener mejoras en el mismo mediante la aplicación de acciones automáticas en el proceso mediante la automatización.

Los sensores juegan un papel fundamental en los procesos, ya que estos ayudan a mantener el proceso en custodia y permiten mantener un control ajustado a las necesidades de la producción de la empresa. Adicionalmente a los sensores ayudando a mantener al proceso en los parámetros establecidos, es de mucha utilidad la interfaz del supervisorio del SCADA para que los operadores puedan llevar mejor el control del proceso y prever mediante las alarmas, los posibles desajustes y fallas que se puedan ocasionar en él, y así permitirle al operador su manipulación directa y en tiempo real de la falla.

Dicho trabajo de investigación demostró que se pueden realizar mejoras factibles dentro de la empresa para provocar un impacto positivo en el proceso productivo de la planta. Utilizando pocos recursos y obteniendo muchas mejoras notables en el proceso y con una pronta recuperación de la inversión con la cual se realizó la implementación del diseño de propuesta para la mejora del proceso de laminación, en la empresa Alimentos Polar Comercial en Planta Industrial Valencia.

## RECOMENDACIONES

- Principalmente, se recomienda la empresa de Alimentos Polar Comercial, de la Planta Industrial Valencia continuar realizando mejoras involucradas directamente en el sistema de control automatizado del proceso, no solamente que se realicen estudios en el proceso de laminación, sino también en los de desgerminación, despacho, recepción y servicios.
- Hacer el estudio para implementar un control de lazo cerrado, para el sistema hidráulico aplicado en la presión de las masas del laminador, mediante la instalación en la unidad hidráulica de una válvula de control automática para que la presión se mantenga por sí misma dentro de los parámetros sin la intervención del operador.
- Realizar un mantenimiento preventivo con una mayor intensidad en los equipos con una mayor recurrencia de fallas en el proceso.
- Mantener activo el plan de CRF (Cero recurrencias de fallas), la cual es una investigación a fondo de las fallas que se ocasionan en el proceso con planteamientos de medidas a tomar para prevenir las mismas.
- Adquirir la compra de la llave para configurar el InTouch de Wonderware y así realizar mejoras en el supervisorio del SCADA.
- A los estudiantes de la Universidad José Antonio Páez, continuar realizando trabajos para la mejora de procesos mediante la adecuación de los sistemas de control automatizada con la instrumentación apropiada.

## REFERENCIAS

### Impresas

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica (6ta edición). Caracas: Editorial Episteme.

Creus, Antonio. (2005). Instrumentación industrial (8va edición). México DF, México. Editorial MARCOMBO.

Hernández, María T. (2003). Manual de trabajos de grado de especialización y maestrías de tesis doctorales (3ea edición). Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL.

Prof. Héctor Mijares y Prof. Luis García. (2007). Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado.

Recopilación de ILSI Argentina. (2006). Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal.

Rodríguez, A. (2007). Sistemas SCADA. Barcelona: Marcombo.

Universidad Carlos III de Madrid. (2016). Tornillos sinfín.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador- UPEL (1998). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales. Caracas: Ediciones UPEL.

## **Electrónicas**

Catálogo E-direct 2014/2015 de la empresa Endress+Hauser. Consultado el 7 de marzo del 2018 desde

[https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/7865/E-direct\\_2014.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/7865/E-direct_2014.pdf)

Empresas Polar. (2015). Información de Empresas Polar. Consultado el 25 de septiembre de 2017 desde <http://empresaspolar.com/>

Introducción y aplicación de los sistemas hidráulicos. Extraído el 07 de octubre de 2017 desde [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/362\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/362_ca.pdf)

Trabajo de grado Universidad de San Carlos de Guatemala. Extraído el 12 septiembre de 2017 desde [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0752\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0752_EA.pdf)

Mercado Libre Venezuela. Consultado el 14 de marzo del 2018

<https://www.mercadolibre.com.ve/>