

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO DE
SISTEMAS**

**TEMA:
ANÁLISIS, DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN
SISTEMA HMI - SCADA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO
DE SECADO EN LA PRODUCCIÓN DE PASTAS PARA LA FÁBRICA
SUCESORES J. PAREDES – FIDEOS PACA, UBICADA EN EL CANTÓN
QUITO, PARROQUIA SOLANDA, SECTOR GUAJALÓ.**

**AUTOR:
OSWALDO ANDRÉS PACHACAMA LAHUATTE**

**DIRECTOR:
RODRIGO EFRAÍN TUFIÑO CÁRDENAS**

Quito, noviembre 2014

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de autor.

Quito, noviembre 2014

Oswaldo Andrés Pachacama Lahuatte

C.C.:171620646-9

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por ser mi guía en el camino de vida, por la sabiduría brindada para mi realización personal y profesional.

De manera especial a mis padres que son mi ejemplo de vida, por su incondicional apoyo. A mi querida madre Nelly que desde el cielo disfrutará de la culminación de esta meta.

Mil gracias por el apoyo brindado a mí querido hermano David Vinicio, siempre será fuente de inspiración en mi vida.

A Martha Cecilia por el soporte brindado en las malas noches y sus sugerencias a pesar de no entender nada acerca del tema.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, cuna de formación profesional que me acogió durante todo el periodo de instrucción superior.

A la empresa Ponce Hermanos por el gran apoyo brindado durante mi realización profesional, gracias a la experiencia adquirida fue posible la culminación de mi carrera.

De manera especial a la empresa Sucesores de Jacobo Paredes, su gerente de producción el ingeniero Xavier Sánchez y sus colaboradores en el área de mantenimiento y producción, por su incondicional apoyo a la realización del presente proyecto.

A la guía permanente en la realización de este documento, el ingeniero Rodrigo Tufiño por su confianza y apoyo incondicional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
ANTECEDENTES.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Descripción de la situación actual	4
1.3.1 Proceso de producción.	4
1.3.2 Transporte del producto.....	4
1.3.3 Control de clima del producto.....	5
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Proceso de producción de pastas.....	5
1.4.2 Sistema de control.....	7
1.4.3 Controlador Lógico Programable PLC.....	9
1.4.4 Sistema HMI – SCADA.....	13
1.5 Base de datos	15
CAPÍTULO 2	17
ANÁLISIS Y DISEÑO	17
2.1 Análisis de viabilidad	17
2.1.1 Factibilidad técnica.....	17
2.1.2 Factibilidad operativa.....	18
2.1.3 Factibilidad económica.....	18
2.2 Requerimientos específicos.....	20
2.3 Diseño.....	22
2.3.1 Estructura del sistema de control.....	23
2.3.2 Controlador lógico programable PLC.....	23
2.3.2.1 Criterio funcional.....	24
2.3.2.2 Criterio técnico.....	28
2.3.2.3 Generalidades técnicas.....	29
2.3.2.4 Criterio operativo.....	29
2.3.3 Selección PLC.....	30

2.3.4 HMI – SCADA.....	33
2.3.4.1 Comunicación con equipos de control.	35
2.3.4.2 Entorno de trabajo.	35
2.3.4.3 Proceso de secado.....	36
2.3.4.4 Manejo de receta.	39
2.3.4.5 Tendencias históricas.	40
2.3.4.6 Alarmas.	40
2.4 Inversión del sistema de control.....	41
CAPÍTULO 3	43
IMPLANTACIÓN	43
3.1 Implantación del PLC.....	43
3.1.1 Implementación del Control de clima.	43
3.1.2 Implementación transporte de producto.	48
3.2 Implementación HMI-SCADA	57
3.2.1 Comunicaciones.	59
3.2.2 Entorno de trabajo.	61
3.2.3 Pantalla de proceso de secado.	62
3.2.3.1 Transporte.....	64
3.2.3.2 Control de clima.	68
3.2.4 Pantalla recetas.	72
3.2.5 Pantalla registro histórico.....	78
3.2.6 Pantalla alarmas.....	83
CAPÍTULO 4	89
IMPLANTACIÓN Y PRUEBAS	89
4.1 Conexión de equipos	89
4.2 Equipos de control.....	89
4.3 Pruebas	90
4.3.1 Equipos de control.....	90
4.3.2 Sistema HMI – SCADA.	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
LISTA DE REFERENCIAS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de pastas Sucesores J. Paredes.....	7
Figura 2. Diagrama básico sistema de control.	8
Figura 3. Tipos de control automático.	11
Figura 4. Secuencia de producción de fideos.....	23
Figura 5. Flujograma funcionalidad en PLC control temperatura.....	25
Figura 6. Flujograma funcionalidad en PLC control de humedad.....	26
Figura 7. Flujograma funcionalidad en PLC transporte de producto.....	27
Figura 8. Distribución equipos PLC en sitio.....	29
Figura 9. Interconexión equipos PLC y Sistema de control - supervisión.....	30
Figura 10. Diagrama UML Sistema HMI – SCADA para secado de pastas.....	34
Figura 11. Intercomunicación equipos de campo.....	35
Figura 12. Maquetación pantallas sistema HMI - SCADA.....	36
Figura 13. Flujograma funcionalidad en interfaz control de clima.....	37
Figura 14. Maquetación pantallas de control de clima.....	37
Figura 15. Flujograma funcionalidad en interfaz transporte de producto.....	38
Figura 16. Maquetación pantallas comando de motores transporte de producto.....	39
Figura 17. Maquetación pantallas comandos secadores transporte de producto.....	39
Figura 18. Maquetación pantalla recetas.....	40
Figura 19. Maquetación pantallas tendencias históricas.....	40
Figura 20. Maquetación pantalla alarmas.....	41
Figura 21. Distribución modular PLC entradas - salidas.....	44
Figura 22. Características del PLC 1769-L32E.....	44
Figura 23. Configuración módulos analógicos PLC MicroLogix1400.....	45
Figura 24. Escalamiento de variable de entrada.....	46
Figura 25. Configuración PID control automático.....	47
Figura 26. Escalamiento para salida de actuador.....	47
Figura 27. Distribución modular PLC CompactLogix 1769-L32E.....	50
Figura 28. Características del PLC 1769-L32E.....	51
Figura 29. Ejemplo asignación de etiquetas en programación PLC.....	52
Figura 30. Diagrama escalera y bloques plataforma Rslogix5000 (Transporte).....	52
Figura 31. Escalamiento para salida de referencia de velocidad transporte.....	53
Figura 32. Configuración modulo salidas analógicas 1769-OF2.....	54
Figura 33. Programación arranque manual.....	54

Figura 34. Sistema de transporte producto (Secuencia de arranque).....	55
Figura 35. Programación ola de arranque y parada motores de transporte.....	55
Figura 36. Programación activación salida física PLC.....	56
Figura 37. Programación modos de operación secadores.....	57
Figura 38. Tipos de aplicaciones Factory Talk View.....	58
Figura 39. Entorno Factory Talk View SE (Stand Alone).....	59
Figura 40. Selección driver de comunicaciones.....	60
Figura 41. Configuración de comunicaciones con PLC.....	60
Figura 42. Barra de estados.....	61
Figura 43. Barra de navegación.....	61
Figura 44. Pantalla de proceso secado pastas.....	62
Figura 45. Asignación colores para visualización.....	63
Figura 46. Visualización de estados de elementos.....	63
Figura 47. Asignación de tags plataforma FTV.....	64
Figura 48. Comandos transporte secadores.....	65
Figura 49. Indicadores de estado secadores.....	65
Figura 50. Pantalla comando de motores.....	66
Figura 51. Creación de parámetros.....	67
Figura 52. Asignación de parámetros a pantallas.....	67
Figura 53. Llamado de pantalla con parámetros.....	68
Figura 54. Comando manual control de clima.....	69
Figura 55. Comandos control clima en automático y selección de producto.....	70
Figura 56. Encendido control de clima modo automático.....	70
Figura 57. Programación Visual Basic embebido.....	71
Figura 58. Selección de producto para control de clima.....	71
Figura 59. Diagrama de secuencia selección de producto para control de clima.....	72
Figura 60. Modelo descriptivo base de datos.....	73
Figura 61. Pantalla recetas productos.....	74
Figura 62. Diagrama de secuencia visualizar recetas.....	74
Figura 63. Conexión a base de datos.....	75
Figura 64. Asignación de datos a tags de interfaz FTV.....	76
Figura 65. Diagrama de secuencia editar recetas.....	77
Figura 66. Pantalla de selección para edición de recetas.....	77
Figura 67. Pantalla edición de recetas.....	78

Figura 68. Selección visualización de curvas históricas	78
Figura 69. Creación archivo registro histórico.....	79
Figura 70. Configuración de ruta ficheros archivos.....	79
Figura 71. Configuración manejo de archivos históricos.....	80
Figura 72. Configuración disparador de registro	80
Figura 73. Configuración tags para registro histórico.....	81
Figura 74. Pantalla histórica.....	81
Figura 75. Propiedades del objeto Trend	82
Figura 76. Comandos navegación tiempo trend.....	82
Figura 77. Visualización de pluma valor referencial humedad (pen).	83
Figura 78. Manejo de propiedades objeto trend sobre código	83
Figura 79. Pantalla de registro de alarmas y eventos	84
Figura 80. Configuración de tags para alarmas y eventos	84
Figura 81. Configuración de tags como alarma	85
Figura 82. Personalización de objeto grafico para alarmas y eventos	86
Figura 83. Pantalla de eventos y alarmas	86
Figura 84. Configuración de alarmas históricas.....	87
Figura 85. Utilitario Alarm Log Viewer histórico de alarmas.....	88
Figura 86. Conexión equipos de campo a PLC.....	90
Figura 87. Comprobación de apagado, encendido y falla.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología básica lenguaje ladder.....	12
Tabla 2. Elementos modelo relacional.....	15
Tabla 3. Presupuesto inversión sistema de control y monitoreo.....	19
Tabla 4. Requerimientos específicos.....	20
Tabla 5. Marcas y modelos equipos PLC.....	23
Tabla 6. Naturaleza de entradas – salidas control de clima.....	24
Tabla 7. Naturaleza entradas – salidas transporte de producto.....	27
Tabla 8. Características técnicas elementos de campo control de clima.....	28
Tabla 9. Características técnicas elementos de campo transporte producto.....	28
Tabla 10. Características técnicas PLC MicroLogix 1400.....	31
Tabla 11. Características técnicas módulo 1762-IF2OF2 para MicroLogix 1400.....	31
Tabla 12. Cuantificación entradas – salidas control de clima.....	31
Tabla 13. Características técnicas PLC CompactLogix L32E.....	32
Tabla 14. Características técnicas módulos para PLC CompactLogix L32E.....	32
Tabla 15. Cuantificación entradas – salidas transporte de producto.....	33
Tabla 16. Detalle inversión implantación sistema de control y monitoreo HMI - SCADA.....	41
Tabla 17. Elementos visuales para control de clima.....	43
Tabla 18. Recopilación de instrumentos de campo control de clima.....	43
Tabla 19. Factores de escala PID, MicroLogix 1400.....	45
Tabla 20. Extracto de motores, transporte.....	48
Tabla 21. Detalle de sensores, transporte.....	49
Tabla 22. Recopilación de instrumentos de campo, transporte.....	49
Tabla 23. Asignación de elementos de campo a módulos PLC.....	50
Tabla 24. Factores de conversión módulo 1769-OF2.....	53
Tabla 25. Modo de operación secadores.....	56
Tabla 26. Tabla Productos.....	73
Tabla 27. Tabla Clima.....	73
Tabla 28. Resumen alarmas generadas por el sistema.....	88
Tabla 29. Asignación IP de equipos.....	89
Tabla 30. Resumen de pruebas conexionado de equipos de campo.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estructura del sistema de control y monitoreo	100
Anexo 2. Detalle de motores transporte de producto.....	101
Anexo 3. Detalle de alarmas generadas por el sistema	102
Anexo 4. Pruebas de campo PLC y HMI – SCADA	104

RESUMEN

El desarrollo del producto consiste en el análisis, diseño, implementación e implantación de un sistema HMI - SCADA para la automatización del proceso de secado para la línea de pasta denominada “BR-500” en la empresa SUCESORES J. PAREDES.

La línea de producción cuenta con una etapa de importancia que es el proceso de secado de pastas, el que está comprendido por el acondicionamiento de clima en el sector de pre-secado y secado, además del transporte del producto.

El capítulo 1 contiene la problemática del estado inicial de la línea de producción, en la que se plantea los inconvenientes que presenta la producción en relación al manejo de componentes. En base a la situación en la que se encuentra la línea de producción se plantea la base teórica que sustentará el desarrollo del producto final.

El capítulo 2 comprende el análisis y diseño del producto, en el que se detalla la factibilidad en diversos criterios, que asociados a los requerimientos de producción se plantea el diseño del sistema de control comprendido en dos partes que son: el controlador lógico programable y la interfaz de interacción hombre – máquina.

El capítulo 3 abarca la implantación de los criterios de análisis y diseño previamente expuestos en el capítulo 2, asociándolos a las etapas de control de clima y transporte del producto.

En el capítulo 4 se expone la implantación y pruebas en consideración a la exposición tanto de hardware como software del sistema de control en todas las etapas del proceso de producción.

ABSTRACT

The development of this product is the analysis, design, implementation and deployment of a HMI - SCADA system for automating the process of drying the pasta line called "BR-500" in the company SUCCESSORS J. WALLS.

The production line has a step of importance is the process of drying of pasta, which is comprised conditioning climate in pre-drying and drying, plus product transportation sector.

Chapter 1 contains the problem of the initial state of the production line, in which the disadvantages of production in relation to the handling of components arises. Based on the situation in which there is the production line of the theoretical basis that will support the final product development arises.

Chapter 2 covers the analysis and design of the product, in which the feasibility is detailed in various criteria associated with the production requirements the design of control system comprised two parts that are arises: the programmable logic controller and interaction interface man - machine.

Chapter 3 covers the implementation of the analysis and design criteria previously discussed in Chapter 2, associating them to the stages of climate control and product transport.

In Chapter 4 the implementation and testing into account the exposure both hardware and software of the control system at all stages of the production process is exposed.

INTRODUCCIÓN

La era moderna conocida como era tecnológica o informatizada, exige estar bajo la influencia de la nueva técnica dentro de muchas áreas, como por ejemplo, en los procesos productivos como la elaboración de productos alimenticios, de consumo masivo, etc. Por lo cual, las industrias toman los nuevos avances en tecnología como una necesidad para estar dentro del mercado competitivo. Una actualización genera una mejora en el proceso productivo, minimización de tiempos de producción, ahorro de materia prima, así como también la reducción de costos operativos.

La empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A., se constituye a fines de los años 60, esta industria se dedicaría inicialmente a la producción de pastas alimenticias en el ramo de fideos mediante el uso de maquinaria usada, con una producción promedio de 500 kilos por día, fabricando únicamente tres formatos de fideos, en la actualidad y con 40 años de existencia, ha mejorado los procesos iniciales de producción, con la aplicación de la más alta tecnología con procesos automáticos y continuos, que permite una labor con cinco líneas de producción, tres jornadas diarias, 360 días al año; lo que le permite producir actualmente una media de 1000 toneladas mes de pasta, con una variedad de entrega al mercado de 38 formatos diferentes, como son: tornillos, margaritas, caracol, fantasía, etc. (Fideos Toscana, 2014)

El principal objetivo de la empresa, es llevar a sus clientes y consumidores productos que sean reconocidos por su calidad, higiene, sabor y la selección de trigos especiales, que garanticen el merecer la confianza de sus consumidores.

Es así que el proyecto tiene como objetivo principal, el control y supervisión del proceso de secado para la línea de pasta denominada “BR-500”. La etapa de secado del producto constará de dos partes: el transporte por medio de bandas transportadoras a través de un túnel denominado secador; y, el control de temperatura y humedad interna del túnel para garantizar una calidad óptima de los productos.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

La línea de elaboración de pastas denominada “BR-500”, es una máquina que tiene como principales objetivos la formación, troquelado y secado del fideo. El inicio de la cadena de producción empieza en la mezcla de componentes primarios, como son harina, agua etc., los mismos que son amasados hasta llegar a la textura adecuada para el siguiente paso que es el troquelado. En la etapa de troquelado se forman láminas de masa, que son cortadas a la forma de la presentación del fideo que se va a elaborar.

Una vez dada la forma de presentación del producto, ingresa en la etapa de secado. Esta etapa es dividida en dos sub-etapas denominadas pre-secador y secador, en las que el producto entra en hornos, con un acondicionamiento en relación a temperatura y humedad, además de un sistema de transporte por bandas.

Las variables que son controladas dentro del proceso de secado son temperatura, humedad y velocidad. Durante un tiempo determinado dentro del horno, la humedad del fideo es extraída, tanto en el pre-secador (mayor extracción), como en el secador (extracción fina), para tener un producto final de calidad.

Dentro de la elaboración de fideos existen parámetros ideales a nivel de secado para cada tipo de presentación, denominadas recetas. Los valores de las variables de control, se basan en características de la forma y elaboración del fideo, es decir, el tipo de harina, cantidad de agua, tamaño del fideo. La receta tiene valores referenciales a cada producto, es decir, estos pueden ser modificados en el transcurso de la elaboración para mejorar la calidad final.

La línea de producción cuenta con equipos que con el pasar del tiempo se encuentran obsoletos, en cuanto a soporte o por el mismo uso necesitan ser reemplazados. Esta línea cuenta con un sistema manual de producción como: selectores, botoneras, interruptores; los que con el tiempo y el mismo desgaste se hacen vulnerables en sus componentes físicos y pueden ocasionar problemas en cualquier etapa del proceso.

También existen equipos de medición para variables analógicas que no son de precisión, lo que en ocasiones perjudica la calidad del producto final.

La línea de producción también presenta inconvenientes habituales, como son: la falta de control del proceso para detección de fallas, registro dinámico de recetas para elaboración de distintos tipos de pastas, problemas con los equipos de control obsoletos, deficiente visualización de estados de motores, y un manejo manual en controles de temperatura y humedad del proceso.

Uno de los puntos críticos del proceso es contar con un sistema manual de producción, que genera lentitud y falta de eficiencia para realizar una corrección preventiva en alguna etapa del proceso productivo.

En este contexto se concluye que el problema fundamental sobre el cual versará el proyecto de investigación es la ineficiencia de todo el proceso de secado de fideos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Mejorar el proceso de secado en la línea de producción de pastas para la empresa Sucesores J. Paredes – Fideos Paca a través de un sistema HMI – SCADA.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Analizar la situación actual de la línea de producción y realizar el dimensionamiento de los nuevos equipos de control.
- Diseñar un sistema de control basado en PLC y HMI, que permita el control y monitoreo de instrumentos de campo como sensores y actuadores.
- Programar las secuencias de control a nivel de PLC, requeridas para una adecuada operatividad de los instrumentos de campo.
- Desarrollar el sistema HMI – SCADA, como interface de usuario que permita procesar la información generada por los instrumentos de campo como motores, sensores y actuadores.
- Ejecutar las pruebas de control y adquisición de datos mediante la interconexión entre el sistema HMI - SCADA, y el PLC.

- Implantación del sistema HMI – SCADA, en la empresa SUCESORES J.PAREDES.

1.3 Descripción de la situación actual

1.3.1 Proceso de producción.

En la línea de producción “BR-500”, para la elaboración de pastas de la empresa SUCESRORES J. PAREDES, cuenta con tres etapas: la primera, es la elaboración de mezcla de materias primas para la formación de la masa; la segunda, es la formación de láminas de masa y troquelado de la misma para la formación del tipo de fideo; la tercera y una de las más importantes, es el secado del producto donde intervienen variables críticas, las mismas que deben ser controladas para una óptima calidad del producto.

1.3.2 Transporte del producto.

El transporte del producto cuenta con una deficiencia en el modo de accionamiento y visualización de motores, vibradores, moto-ventiladores y seguridades de bandas de transporte, el cual está basado en pulsantes y luces etiquetadas en un gabinete de control, estos son accionados uno a uno sin la precaución de una posible falla de operación, como puede ser, el no encender un motor principal para el transporte.

El sistema actual cuenta con una “Interfaz Hombre Máquina” (HMI), primitiva de comunicación con las máquinas, denominado mímico, el mismo que cuenta con una serie de controles e indicadores etiquetados en un tablero de control al que están asociados elementos de control y monitoreo como selectores, interruptores, luces, medidores, etc.; los que permiten al usuario interactuar con la maquinaria de campo, pero únicamente basados en indicadores unificados, que no presenta la información al nivel de detalle que necesita una línea de producción de este tipo, como por ejemplo, un mensaje en pantalla que despliegue la característica de la falla o algún tipo específico del estado de la maquinaria.

1.3.3 Control de clima del producto.

El control de clima cuenta con un instrumento para medición de temperatura y humedad, además de actuadores como válvulas y compuertas proporcionales para el control de clima en el secador. Este procedimiento se lo realiza de forma manual, es decir, la manipulación tanto de válvulas como de compuertas son manejadas de acuerdo a la toma de constantes muestras obtenidas para verificar la correcta humedad que tiene el producto a la salida del secador, lo que da cabida a la disminución en la calidad final del producto.

Al no contar con un sistema automático que regule las variables críticas que intervienen en la elaboración del producto como son: temperatura y humedad, hace que exista demasiada intervención del personal de producción para toma de muestras y la coordinación con personal operativo para ejecutar alguna acción correctiva, que en muchas ocasiones conlleva a pérdidas en tiempos de respuesta, desperdicios o rechazo del producto por la mala elaboración.

Es importante destacar que la integración de todos los controles e indicadores en un gabinete, puede contener los controles adecuados para una manipulación de la maquinaria, pero no es del todo eficiente ya que simplemente están ubicados con etiquetas con una breve descripción de su acción o indicador, mas no de su ubicación específica o el tipo de falla o estado en el que se encuentra.

1.4 Marco teórico

Acorde a lo expuesto en relación a la problemática y la situación de la empresa, y tomando como base los objetivos a los que se llegará en el desarrollo de este producto, es necesario considerar que la modernización a un sistema de control para la producción de pastas es primordial el indagar sobre algunas líneas teóricas.

1.4.1 Proceso de producción de pastas.

El proceso de elaboración de pastas, al ser un producto alimenticio requiere una mínima intervención humana en la producción, razón por la cual las industrias buscan un alto nivel tecnológico para que el producto final sea de alta calidad.

En el mercado existen una variedad de formatos de fideos, como consecuencia la intervención de maquinarias con procesos específicos para su elaboración. Dentro de una clasificación se puede considerar los fideos cortos y largos.

La maquinaria específica para realizar cada uno de los formatos antes descritos tiene como denominador común el mismo tipo de cadena de proceso que da como resultado el fideo terminado. Dentro del proceso productivo de la empresa Sucesores J. Paredes, (Molino Cordillera, 2014) concentra su elaboración en 5 etapas:

- **Proceso de prensado y extrusión**

Se ejecuta el mezclado de las materias primas sin ningún control de temperatura para realizar el amasado de los componentes al vacío para eliminar el aire, evitar la oxidación y mejorar la presentación del producto. En esta zona, unos tornillos sinfín toman la masa y la compactan en un molde que dará la forma definitiva a los fideos.

- **Pre-secado**

Los fideos ingresan a un túnel de pre-secado, donde se les da un golpe de alta temperatura y humedad, con el fin de fijar su forma para luego se remueve el exceso de humedad.

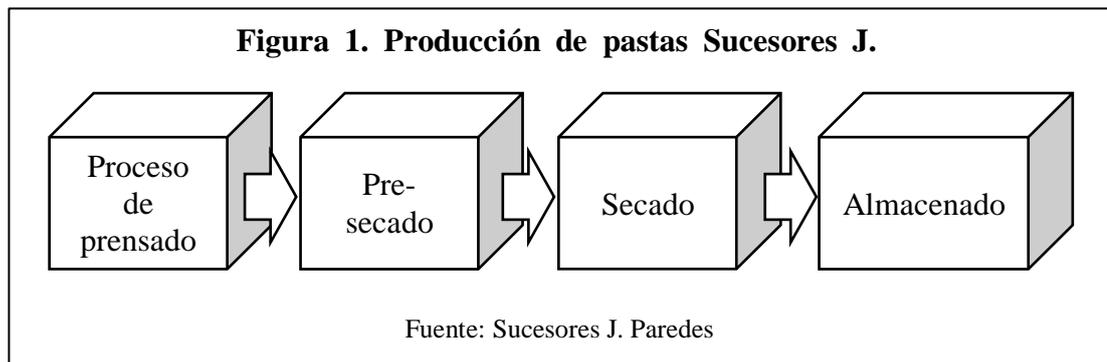
- **Secado**

En este proceso es utilizada alta temperatura, alcanzando cerca de 100°C, lo que asegura la exención de microorganismos, y se evita cualquier tipo de contaminación, lo que permite también un cocimiento adecuado. Luego se remueve el exceso de humedad y al final se enfrían para posteriormente envasarlas para evitar problemas de condensación al interior del envase.

- **Almacenado**

El producto es ensacado para distribución a granel o son enviados a sistemas automáticos en el cual intervienen balanzas que alimentan un sistema de empaque, donde se forma el envase y se sella con el contenido adecuado a través de

computadores y balanzas verificando el peso de cada paquete para posteriormente ser enviados a los almacenes de producto terminado.



1.4.2 Sistema de control.

Un control automático se denomina al control de un dispositivo, sistema o proceso de fabricación con el mínimo de intervención humana. (Jackson & Feinberg, 1986)

Según lo expuesto por la Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería, (2007), los inicios de los sistemas de control automático surgen con la revolución industrial a fines del siglo XX y principios del XXI. Estos sistemas estaban basados en componentes mecánicos y electromecánicos, tales como: engranajes, palancas y pequeños motores, que más tarde, evolucionaron en la instalación de relés, temporizadores, contadores, etc.; para realizar procesos de más detalle y precisión. (p. 5).

Además, se considera la afirmación de Ogata (1998), el control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, además, de que se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura. (p.1).

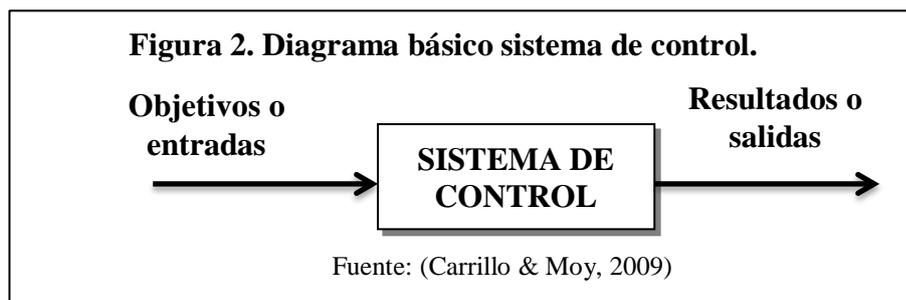
Un sistema de control automático fue considerado como una implementación de operaciones, en las cuales el objetivo era reemplazar al personal humano, pero en la actualidad, se lo puede definir como uno de los objetivos primordiales para mejorar la calidad de los procesos, es decir, tratar de contar con un alto rendimiento con el mejoramiento en cantidad y calidad de un producto, obteniendo una reducción de desperdicios y reprocesamiento, contaminación, consumo de energía y sobre todo con un margen de seguridad considerable.

En tal virtud, se considera el manipular indirectamente las variables que intervienen en un proceso, es decir, gobierna un sistema sin la intervención de un usuario directamente sobre los elementos de control, los mismos que son comandados a través de accionamiento de salidas con valores referenciales.

Tomando en cuenta lo expuesto, a continuación se describe los componentes básicos de un sistema de control (Carrillo & Moy, 2009, pp. "Sistemas automáticos de control", 2):

- a) Objetivos de control o entradas
- b) Componentes del sistema de control
- c) Resultados o salida

Como referencia en la figura 2; los objetivos de control pueden ser identificados como entradas o señales entrantes, los resultados son considerados las salidas o las variables controladas; en general, el objetivo del sistema de control es controlar la salida de manera ordenada actuando los elementos de control sobre la señal de entrada.



Los sistemas de control identifican elementos a manera de conceptos básicos como son:

Entrada: Excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, con el fin de provocar una respuesta.

Salida: Respuesta que proporciona el sistema de control.

Perturbación: Señales no deseadas que influyen de forma adversa en el funcionamiento del sistema.

Realimentación: Propiedad por la cual se compara la salida con la entrada al sistema, de modo que se establezca una función entre ambas. También se la denomina “feedback”. (Uriarte, 2011, pp. 2-3)

Una vez aclarado los conceptos y elementos de control básicos, es importante para el desarrollo del producto el exponer una de las principales líneas teóricas que se incluirán a nivel de PLC, como es la programación de rutinas de control para el manejo automático del control de clima, tanto temperatura como humedad. Para este fin, el controlador cuenta con un bloque de programación Proporcional Integral Derivativo (PID), muy usado en el ambiente industrial, tomando la definición describe: “El término básico es el término proporcional, ‘P’, que genera una actuación de control correctiva proporcional al error.” (Mazzone, 2004, pp. 11-12)

“El término integral, ‘I’, genera una corrección proporcional a la integral del error. Esto asegura que si se aplica un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimientos reduce a cero.” (Mazzone, 2004, p. 12).

“El término derivativo, ‘D’, genera una acción de control proporcional al cambio de rango del error. Esto tiende a tener un efecto estabilizante pero por lo general genera actuaciones de control grandes.” (Mazzone, 2004, p. 12)

Tomado en cuenta los conceptos básicos se puede describir un PID como “Un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener” (Castillo, 2010, p. 1).

En relación a la conceptualización del control PID, para el caso de la automatización de temperatura y humedad, estas medidas se obtienen de un instrumento y los valores que se desea obtener están comandados por el operador, de acuerdo al tipo de formato que se elaborará.

1.4.3 Controlador Lógico Programable PLC.

El controlador lógico programable por sus siglas inglesas PLC es un dispositivo en el cual se concentra la información de elementos de campo, los mismos que al ser programados de manera secuencial ayudan a realizar tareas repetitivas o peligrosas,

además de la capacidad de reemplazar elementos electromecánicos como relés, temporizadores, contadores, etc.

Teniendo la característica para reemplazo de elementos electromecánicos, la incorporación de un PLC para un sistema de control, significa la reducción de espacio físico de montaje, y al ser programable permite la posibilidad de realizar cambios sin cambiar el cableado.

Para el diseño del PLC, es primordial el tipo de proceso en el cual será implementado. A continuación se describen los puntos a considerar para la selección de un controlador PLC. (Escuela Politécnica Nacional, 2006, pp. 2-4)

- **Consideración de entradas – salidas**

Al considerar que una máquina o proceso requiere una automatización, el primer paso para la selección de un PLC es determinar el número de entradas y salidas, que no es más que la contabilización del número de dispositivos discretos y analógicos que estarían involucrados en el control y monitoreo.

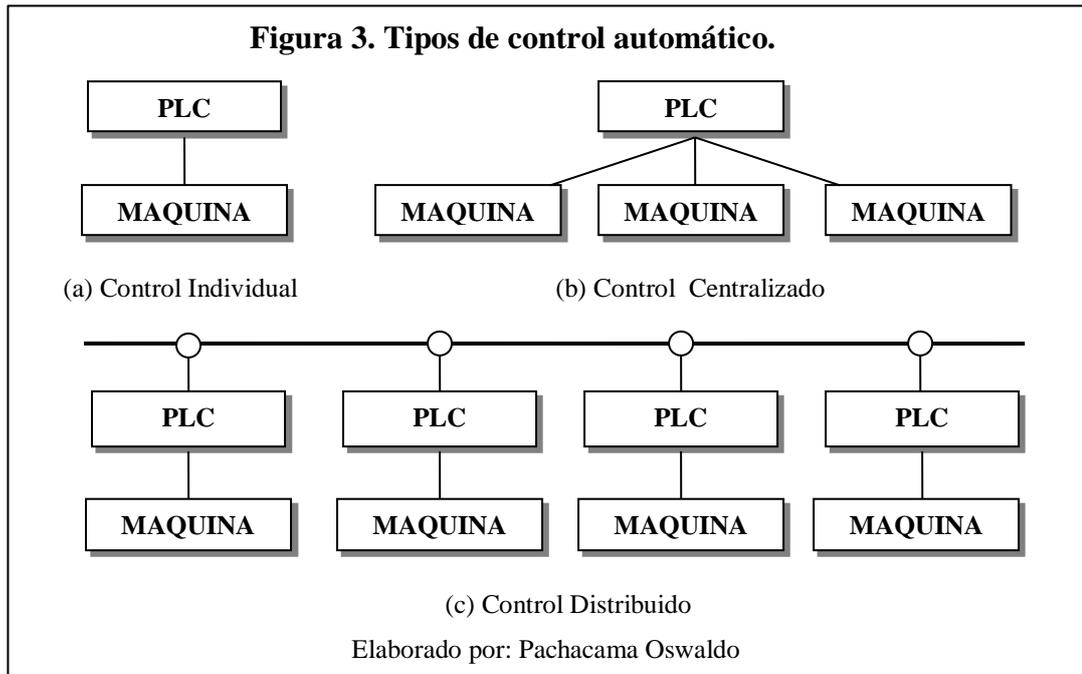
La contabilización del número de entradas – salidas ayudará a identificar el tamaño mínimo del PLC, pero se debe considerar en este punto del diseño futuras expansiones y reposiciones en el orden del 10 al 20%, que permitirán que el sistema cuente con nuevas adecuaciones o implementaciones complementarias para evitar que con el tiempo pueda quedar obsoleto o en desuso.

- **Tipo de control**

Dado el avance y la continua automatización de los procesos, es conveniente que, el tipo de control se convierta en un punto fundamental para la perspectiva que se va a dar a futuro en el proyecto.

Existen procesos con características específicas acorde a la función que realiza, es decir, una maquinaria puede trabajar independiente sin esperar, ni reportar de un proceso previo o posterior. Dada la premisa los tipos de sistemas de control pueden

tener tres posibles configuraciones: control individual, control centralizado y control distribuido.



- **Consideración de memoria**

Para considerar la memoria de un PLC, hay que tomar en cuenta que existen dos tipos: memoria volátil y memoria no volátil. La memoria volátil o llamada RAM, es utilizada para almacenar la programación durante la elaboración y pruebas. Es denominada volátil, debido a que únicamente depende de la energía suministrada por una fuente de alimentación, una vez que esta se desconecta el contenido se pierde.

Únicamente con una memoria volátil el PLC, no se puede almacenar información de la programación en caso de pérdida de energía, para esto está diseñada la memoria no volátil llamada EPROM o EEPROM, estas memorias tienen la capacidad de almacenar programas que tienen una revisión ya depurada y comprobada, con el correcto funcionamiento de las rutinas en caso de contingencia por pérdida de energía, esta carga el programa al controlador para su trabajo normal.

- **Condiciones físicas y ambientales**

No menos importante es el conocer en las condiciones ambientales en las que se realizará la instalación del controlador. Hay que tomar en cuenta el tipo de ambiente si contiene polvo, la temperatura, si estará expuesto a algún componente corrosivo, humedad, vibraciones, etc.

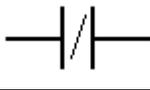
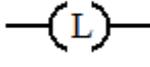
Por lo general, este tipo de equipos son colocados en gabinetes y cuartos de ambiente controlado con aire acondicionado y ventilación, pero en ciertas ocasiones y sea por el tipo de trabajo de la máquina, su ubicación o por falta de infraestructura, deben ser colocados en ambientes no controlados, para estos casos se aplicaría con mayor rigurosidad la selección de un PLC, con características de amplia robustez.

- **Programación**

Es primordial especificar el tipo de programación de los controladores, entre uno de los más comunes y usados en la mayoría de equipos de control es el lenguaje de escalera (ladder).

A continuación se detalla los comandos básicos para el desarrollo en lenguaje de escalera, basado en la simbología de programación de la plataforma RsLogix de la marca Allen Bradley.

Tabla 1. Simbología básica lenguaje ladder

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto abierto Normalmente abierto	Representa una entrada de naturaleza bit 1 o 0.
	Contacto cerrado Normalmente cerrado	Representa una entrada de naturaleza bit 1 o 0.
	Bobina enclavamiento	Representa una salida de naturaleza bit 1 o 0 acción retentiva, enclavamiento 1.
SCP	Escalamiento con parámetros	Produce un valor numérico de salida escalado.
PID	Proporcional/integr al/derivativo	Bloque salida que controla.

Fuente: (Rockwell Automation, 2014)

1.4.4 Sistema HMI – SCADA.

El desarrollo de un sistema que realiza la adquisición, visualización, monitoreo de un proceso se lo denomina HMI por sus siglas inglesas ‘Human Machine Interface’.

“Se define como un panel a través del cual el operador es capaz de controlar la maquinaria y ver diferentes procesos en una planta”. (National Instruments, 2006, p. 3).

Un HMI como tal, se considera a nivel industrial como cualquier tipo de dispositivo o sistema que sea capaz de interactuar por medio de una interfaz, el nexo entre la persona y la máquina, es así, como se crea la necesidad de contar con controles más precisos y manejo más eficaz de variables en el control de producción en la industria, además de detallar la información y datos relevantes de los procesos en tiempo real.

Dada la premisa que una interfaz tiene que relacionarse de una u otra manera con el control de un proceso, un SCADA, por sus siglas en inglesas ‘Supervisory Control and Data Acquisition’, se define como “Un sistema completo que incluye HMI’s, y además es capaz de registrar datos, generar alarmas y administrar un sistema de control distribuido a través de una red de hardware.” (National Instruments, 2006, p. 3).

Teniendo el conocimiento de las definiciones básicas de un sistema HMI - SCADA, se puede exponer una infraestructura básica que permita comprender de mejor manera una generalidad del desarrollo del producto.

Acorde con las múltiples descripciones, un sistema HMI – SCADA, cuenta con un conjunto de componentes en hardware que les permiten llegar a tomar esta denominación, como son: Ordenador Central o MTU, ordenadores remotos o RTU’S, red de comunicación e instrumentos de campo. (De Castro Lozano & Romero Morales, 2001, p. 19).

Ordenador Central o MTU (Master terminal Unit), es donde se presenta la información de campo necesaria para que el personal de operación realice el control, monitoreo, seguridades, alarmas y registro de datos.

Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos.

Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI. De esto se deriva que el sistema SCADA, más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU, que supervisa toda la estación. (Gallegos, Romagosa, & Pacheco, 2004, p. 10).

Un típico ejemplo del sistema tradicional SCADA, es la integración de señales de campo generadas por sensores y actuadores de diferentes tipos, los cuales son recopilados para el control y monitoreo de los mismos. Esta información de alguna manera necesita ser procesada para la ejecución de alguna acción dentro de la cadena de proceso, por lo que son concentradas en pantallas, para que de una manera más eficiente los usuarios puedan tener acceso a la información de campo, para realizar la toma de decisión adecuada.

Una de las funcionalidades con la que cuenta un SCADA, en su estructura es la capacidad de generar consignas, alarmas por medio de las cuales el usuario puede tener la información del proceso sea para realizar acciones preventivas o correctivas, por medio de mensajes en las pantallas de proceso que informan con lenguaje comprensible acorde al tipo de proceso y ubicación física para su reconocimiento.

Tomando en cuenta lo expuesto, se puede resumir que los sistemas SCADA, cumplen con tres funciones básicas en su estructura, como son: (Oyaga, Ilzarbe Izquierdo, & Montecelo, 2000, p. 9).

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables del proceso.
- Control, para modificar la evolución del proceso, actuando, bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), o sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

1.5 Base de datos

El modelo relacional fue propuesto por E.F . Codd en los laboratorios de IBM en California. Se trata de un modelo lógico, que establece una estructura sobre los datos, aunque posteriormente éstos puedan ser almacenados de múltiples formas para aprovechar características físicas concretas de la máquina sobre la que se implante la base de datos realmente. (Universidad del Azuay, 2001)

Se define como modelo relacional dentro de una gestión de información de una base de datos a un conjunto de tablas y relaciones entre ellas. La función del modelo relacional consiste en simplificar la representación de datos y facilitar un lenguaje para manejarlos por medio de datos que hacen referencia entre tablas con el objetivo de centralizar la información y compartirla por medio de una definición y manipulación de datos. (Suárez, 2012)

En consideración a lo expuesto se presenta los siguientes elementos como base para el desarrollo del modelo relacional.

Tabla 2. Elementos modelo relacional

Modelo relacional	Descripción
Relación	Tabla
Tupla	Fila o registro
Atributo	Columna o campo
Dominio	Datos de columna
Cardinalidad	Número de filas
Grado	Numero de columnas

Fuente: (Jherry, 2007, p. 6)

El modelo relacional presenta las siguientes características dentro de su estructura:

- No existe tuplas duplicadas o repetidas.
- Es irrelevante el orden de las tuplas y atributos.
- No existe grupos de atributos repetidos.

Al plantear una base de datos relacional como un conjunto finito de relaciones en conjunto con una serie de restricciones o reglas de integridad, las cuales se representan con: (Berzal, 2010, p. 4)

Clave primaria: conjunto de atributos que identifican explícitamente a tuplas en una relación, es así que, esta no puede tomar valores nulos.

Clave foránea: Conjunto de atributos de una relación cuyos valores en las tuplas deben coincidir con valores de la clave primaria de las tuplas de otra relación. Donde los valores no nulos citan valores reales de la clave referenciada.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 Análisis de viabilidad

Tomando en cuenta lo expuesto en el capítulo anterior, se realizará el análisis y evaluación del proceso desde varios puntos de vista, los mismos que darán una perspectiva de si la implantación de un sistema HMI para secado de pastas en la empresa SUCESORES J. PAREDES, llegará a ser viable para los objetivos de producción.

2.1.1 Factibilidad técnica.

La planta de producción de pastas inicialmente cuenta con la infraestructura en cuanto a maquinaria y equipos para realizar la producción de pastas. Cabe recalcar que algunos de estos equipos son de tecnologías de los años 80's y 90's, los que con el transcurso del tiempo y por la falta de soporte de los fabricantes no se han modernizado.

Al contar con una maquinaria con características aceptables para la producción de finales de los años 80's, la empresa busca la manera de seguir operando sus maquinarias y equipos, pero trata de repotenciarlas para mejorar la productividad.

Por tanto, se busca la forma de acelerar los procesos sin que la calidad del producto se vea afectada, en este punto entra la mejora de los procesos de control, los mismos que ayudarán a seguir contando con la misma infraestructura y mejorar sustancialmente los inconvenientes referentes al sistema de control.

Para reformar el sistema de control se incorporará un PLC, que permita realizar las secuencias de control de acuerdo a las necesidades de producción, y a la par con un software HMI, que permita interactuar con los elementos de campo.

Estos equipos y herramientas son de uso industrial, tanto software como hardware, los que permitirán un desarrollo adecuado para el tipo de trabajo que realizará la maquinaria.

2.1.2 Factibilidad operativa.

Con la actual infraestructura y sistema de control con que cuenta la línea de producción, el personal interactúa constantemente durante el proceso de producción. La presencia del personal de operación para la supervisión en cada una de las etapas de producción se vuelve constante, debido a la falta de información presentada al operador para detección de algún tipo de falla o inconveniente.

Dado la premisa del involucramiento continuo e interacción de muchos agentes durante la elaboración del producto, la empresa busca que el proceso de producción incorpore herramientas que ayuden tanto a personal operativo como de calidad, para contar con un intermediario entre el hombre y la máquina, que sea efectivo para la toma de decisiones adecuadas para el producto, lo que derivará en una mejor calidad y reducción de tiempos de respuesta ante cualquier eventualidad.

La implementación de una herramienta computarizada para la operación exige intervención importante en capacitación de manipulación, debido al nivel académico del personal operativo. Se debe considerar el cambio drástico de identificadores y comandos de operación, por lo cual se debe planificar la socialización del sistema, además la capacitación de operación y acompañamiento durante las primeras producciones para mitigar esta desventajada.

2.1.3 Factibilidad económica.

La visión de la empresa es seguir contando con su producción normal acorde con la demanda del mercado, para esto buscará la repotenciación de su infraestructura actual para sacar el mejor provecho de la vida útil de la maquinaria.

Como una maquinaria y equipos de este tipo son de fabricación internacional, la empresa apuntará a que la inversión sea lo más conveniente, siempre y cuando los resultados sean los deseados, con respecto a los estándares de calidad de los productos.

La inversión de una maquinaria nueva implica un análisis profundo del mercado para saber si representará significativamente la inversión. Mientras tanto, el contraste de

la actualización de nuevos sistemas y equipos de control sin duda representará un coste inferior al reemplazo de toda una línea de producción.

Es importante que la empresa considere realizar la inversión de una maquinaria nueva de fabricación internacional, pero esta crea un lazo de dependencia de mano de obra por parte del fabricante, que si bien es cierto, muchos contratos suelen contener cláusulas de mantenimiento periódico, con el trascurrir del tiempo puede derivar en una dependencia de personal extranjero que significará a la empresa una inversión económica considerable. Por el contrario, la mano de obra local cuenta con un nivel de profesionalismo igual o quizás de mejor calidad que la internacional, y sobre todo el tiempo de respuesta a cualquier eventualidad sin duda será mucho más eficiente.

El siguiente cuadro describe los ítems a considerar por parte de la empresa para la inversión del sistema HMI – SCADA para el proceso de secado.

Tabla 3. Presupuesto inversión sistema de control y monitoreo

Ítem	Descripción	Inversión
Equipos e instrumentos		
1	Equipos de control PLC	\$9.000,00
2	Tableros de control y accesorios	\$1.000,00
3	Computador para monitoreo	\$100,00
4	Cables de control y accesorios.	\$800,00
5	Fuente UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida).	\$700,00
6	Software de control y monitoreo.	\$5.000,00
Subtotal Equipo		\$16.600,00
Ingeniería		
7	Levantamiento y estudio de información técnica.	\$1.500,00
8	Diseño sistema de control	\$2.000,00
9	Instalación, programación y puesta en marcha.	\$5.000,00
10	Capacitación.	\$600,00
11	Elaboración documentación técnica.	\$1.000,00
Subtotal Ingeniería		\$11.200,00
TOTAL EQUIPOS + INGENIERÍA		\$28.800,00

Elaborado por: Pachacama, Oswaldo

Resumen de factibilidad

En síntesis tomando en consideración el análisis de factibilidad, la implementación de un sistema HMI – SCADA para la automatización del proceso de secado procede para la línea de producción “BR-500”, recalcando la repotenciación de la

infraestructura existente y la intervención en la socialización y capacitación de la herramienta computarizada para operadores.

2.2 Requerimientos específicos

Para la recolección de especificaciones acerca del sistema de control es necesaria la intervención de la empresa con el personal involucrado en operación, mantenimiento y producción; para ello a continuación se detalla un conjunto de requerimientos a considerar para el desarrollo del sistema de control.

Tabla 4. Requerimientos específicos

Requerimiento #1: Mejorar el sistema de control existente basado en componentes físicos.	
Descripción	Mejorar elementos electromecánicos de control y visualización.
Pre-condición	Identificar elementos de acción y visualización que permiten el control y monitoreo, tanto de control de clima como transporte de producto.
Entrada	Botoneras, selectores, luces, etiquetas, etc.
Proceso	Implementación de comandos e indicadores a nivel de interfaz de software.
Salida	Pantallas con mandos señalizados y ordenados acorde al trabajo que realiza cada acción.

Requerimiento #2: Adquisición de señales de temperatura y humedad.	
Descripción	Integrar las señales de temperatura y humedad y realizar la adecuación de las mismas, para el tratamiento y acondicionamiento para el control de clima.
Pre-condición	Se debe considerar las condiciones eléctricas del sensor de temperatura y humedad, para posterior escalamiento para ser plasmadas en el proceso.
Entrada	Señales de los Sensores de temperatura y humedad.
Proceso	Adquisición, integración y escalamiento de variables de temperatura y humedad entregadas por el sensor.
Salida	Conversión de variables adquiridas para visualización y posterior proceso de control de clima.

Requerimiento #3: Control de temperatura y humedad en mando automático.	
Descripción	El control automático de temperatura y humedad para el proceso de secado, se basa en mantener las variables en un estándar dentro de los secadores, teniendo como referencia valores ideales, dependiendo del producto que se elabore.
Pre-condición	La medida de temperatura varía en función de la apertura de una válvula proporcional que da paso de agua caliente al interior de los secadores. La medida de humedad varía en función de la apertura de una compuerta proporcional que permite el escape del exceso de humedad dentro de los secadores.
Entrada	Valor real medido de temperatura y humedad.
Proceso	Temperatura: se evalúa la lectura del sensor y el valor referencial, estos dos valores se comparan y si el valor medido está por debajo del valor referencial envía la señal a la válvula proporcional que abra hasta llegar al valor deseado. Por el contrario si el valor medido está por debajo del valor referencial, envía la señal de cierre hasta alcanzar el valor deseado. Humedad: utiliza el mismo principio de control de temperatura pero el actuador que interviene es una compuerta proporcional que abre y cierra para mantener la humedad adecuada en los secadores.
Salida	Por medio de la continua activación de válvula y compuerta proporcional se logra estabilizar las variables de temperatura y humedad manteniéndolas dentro de los estándares de producción.

Requerimiento #4: Control de temperatura y humedad en mando manual.	
Descripción	Se establecen valores de temperatura y humedad de forma manual, es decir, sin ningún tipo de control ni consideración de los valores referenciales de producción.
Pre-condición	Interviene la manipulación a voluntad por parte del operador de actuadores correspondientes a la variación temperatura y humedad.
Entrada	Comandos de apertura y cierre de actuadores (válvula y compuerta proporcional).
Proceso	Mediante comandos el operador podrá manipular libremente la apertura y cierre de válvula y compuerta proporcional, acorde con las restricciones mecánicas propias de los actuadores. Este proceso se lo realiza sin la intervención de valores referenciales de producción.
Salida	Mediante los comandos se logrará manipular los actuadores a voluntad dentro del rango de cada actuador comprendido entre 0% a 100% de apertura independientemente de valores referenciales. Esta operación será incluida para efectos de mantenimiento de instrumentos.

Requerimiento #5: Control velocidad bandas de transporte de producto.	
Descripción	La velocidad de las bandas de transporte interviene como parte de la receta de cada uno de los formatos que se elaboran, por tanto debe ser controlada con un valor referencial en cada producto.
Pre-condición	La velocidad estará establecida en función del formato del fideo que se elabore.
Entrada	Valores referenciales de velocidad en las recetas de productos, mandos manuales de variación de velocidad.
Proceso	Mediante configuración de la receta se establece valores referenciales de la velocidad de las bandas de transporte, contando con la capacidad de ser modificado por el operador durante la producción. La velocidad podrá ser modificada a conveniencia de operación desde comandos subir y bajar.
Salida	Con valores establecidos de referencia de velocidad en recetas, se garantiza un estándar de elaboración, y de darse el caso de una modificación se puede variar mediante comandos subir y bajar con la restricción mecánica propia de los instrumentos de campo, que van desde 20Hz hasta 100Hz.

Requerimiento #6: Control de transporte del producto.	
Descripción	El transporte del producto inicia una vez dado el formato del fideo pasando por el pre-secador y secador. En consideración a dos modos de operación: manual y automático.
Pre-condición	Se establece la secuencia de encendido y apagado de motores que intervienen en el transporte del producto. Comandos de operación en modo manual y automático.
Entrada	Intervienen en el transporte de producto en el pre-secador: elevador, vibrador de entrada, bandas de transporte, vibrador de salida; y para el secador: elevador, distribuidor, bandas de transporte, vibrador de salida.
Proceso	En modo automático, la secuencia de encendido de los motores de transporte inicia desde las bandas de transporte del secador hasta el elevador de entrada del pre-secador. La secuencia de apagado en sentido contrario al arranque, desde el elevador de entrada del pre-secador hasta las bandas de transporte del secador.
Salida	Se obtiene comandos de operación y visualización de los estados de secadores en relación al transporte del producto.

Requerimiento #7: Manejo recetas, valores referenciales de elaboración de productos.	
Descripción	Las recetas de productos contienen los valores referenciales de elaboración de los diferentes formatos de fideos.
Pre-condición	Los valores de recetas son referenciales dados inicialmente por el fabricante de la línea de producción, y posteriormente acondicionados por la experiencia de elaboración.
Entrada	Valores referenciales de temperatura, humedad y velocidad de las bandas al

Tabla 4. Requerimientos específicos

Continuación...

	interior de los secadores para transporte del producto.
Proceso	Creación de una base de datos que contengan los valores referenciales para cada uno de los productos. Estos datos podrán ser modificados en función de la experiencia en proceso.
Salida	Obtención de valores referenciales desde la base de datos hacia el sistema de control para visualización, edición y envío de parámetros al proceso de producción.

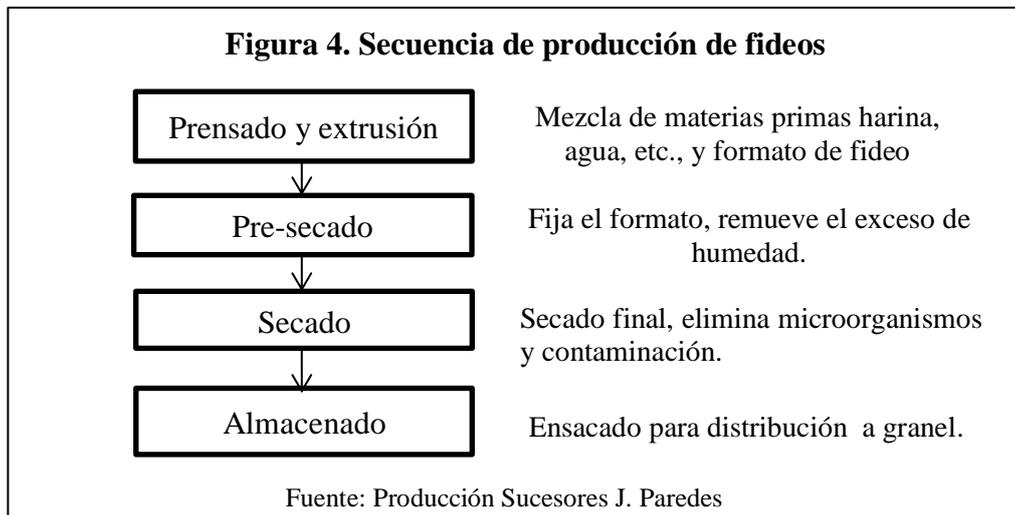
Requerimiento #8: Registro de tendencias históricas.	
Descripción	El registro de variables de importancia para la producción para posterior consulta en caso de eventualidades, que permitan tomar medidas correctivas en la producción.
Pre-condición	Se debe considerar las variables que se registrarán, rangos máximos y mínimos de operación y modo de almacenamiento.
Entrada	Medidas de temperatura y humedad con sus respectivos valores referenciales durante el proceso.
Proceso	Almacenamiento de valores de temperatura, humedad y sus respectivos valores referenciales, los mismos que podrán ser consultados de manera histórica.
Salida	Mediante la consulta histórica de valores de temperatura y humedad durante procesos de producción pasados, se podrá reconocer puntos críticos en la elaboración del producto.

Requerimiento #9: Registro de alarmas.	
Descripción	El registro de alarmas que permitan identificar en tiempo real y de manera histórica fallos en los componentes del proceso de secado.
Pre-condición	Identificar los equipos que intervienen en el proceso de secado a los cuales se les asignarán estados de falla.
Entrada	Elementos de campo como motores, sensores de banda de transporte, niveles alto y bajo tanto en temperatura como humedad.
Proceso	Configurar las señales de campo que se asignarán al estado de falla, con su respectiva nomenclatura y ubicación.
Salida	Se tendrá el registro en tiempo real de sucesos en fallas con sus respectivos identificadores, filtros de búsqueda, ubicación de los componentes del proceso de secado, contando con un registro histórico de los mismos a manera de bitácora de alarmas y eventos.

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

2.3 Diseño

De acuerdo con el proceso de producción descrito en el capítulo anterior, la línea de pastas “BR-500” cuenta con varias etapas que intervienen en la elaboración (figura 4), uno de los principales objetivos es la etapa de secado comprendida en dos partes: pre-secado y secado. Para ello a continuación se detalla el diseño para dicho propósito.



2.3.1 Estructura del sistema de control.

El sistema de control cuenta con una estructura que va acorde a la conexión de equipos e instrumentos, en la anexo 1, se muestra el esquema que indica cómo será la implantación en la fábrica.

El objetivo del sistema de control es integrar las dos etapas de producción, unificando tanto el control de clima y el transporte del producto.

2.3.2 Controlador lógico programable PLC.

Dentro de la etapa del diseño del PLC existe en el mercado una variedad importante de modelos y fabricantes, por esta razón, el momento de escoger el equipo adecuado implica una tarea de análisis. A continuación en la tabla 5, se ilustra una variedad de fabricantes junto con una amplia gama de productos.

Tabla 5. Marcas y modelos equipos PLC

Fabricante	Modelos
Allen Bradley	MicroLogic 1100, 1400,1500 SLC 5-01/5-02/5-03/5-04/5-05 CompactLogix / ControlLogix
Festo	CMMD-AS / SFC-LAC / SFC-DC / CMSX / CMGA
Hitachi	EH-150 / Micro-EH
Mitsubishi	FX3U-CF-ADP / FX3U-4LC / FX3U-2HC
Omron	Serie NJ / Serie NX / CPM2C / CP1E / CJ1M / CS1D
Schneider	Modicon TSX / Twido / Modicon M340 / Modicon M241 / Modicon M251
Siemens	Logo / S7-300 / 400 / 1200 / 1500

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Teniendo en cuenta la variedad de marcas y modelos existentes en el mercado al momento de realizar la selección de un PLC, se debe considerar el alcance que tendrá la aplicación y elegir una de las opciones. Para esto, es necesario estimar una perspectiva a futuro debido a que no se trata de tan solo adquirir e implementar el equipo, esto implica la adquisición de una serie de conocimientos como el lenguaje de programación, configuración, montaje, etc., además de un conjunto de elementos ligados a estos, como software de programación, repuestos, etc.

Acorde con el diagrama de control del sistema (figura 7), cuenta con dos PLC que intervienen en el proceso, dentro de los cuales es importante tomar en cuenta varios aspectos que serán de importancia para el desarrollo del producto, como son:

- Criterio funcional.
- Criterio técnico.
- Criterio operativo.
- Criterio económico.

2.3.2.1 Criterio funcional.

- **Control de clima**

En la funcionalidad del PLC se considera el número de entradas y salidas que intervendrán en el sistema de control, además de la naturaleza de las mismas.

Para el caso del control de clima se detallan a continuación un compilado del número de entradas y salidas con la naturaleza de ellas.

Tabla 6. Naturaleza de entradas – salidas control de clima

Señal	Tipo de señal	Descripción
Temperatura pre-secador	Analógica	Lectura de temperatura pre-secador.
Temperatura secador	Analógica	Lectura de temperatura secador.
Humedad pre-secador	Analógica	Lectura de humedad pre-secador.
Humedad secador	Analógica	Lectura de humedad secador.
Compuerta pre-secador	Analógica	Extracción de humedad pre-secador.
Compuerta secador	Analógica	Extracción de humedad secador.
Válvula pre-secador	Analógica	Ingreso de agua al pre-secador.
Válvula secador	Analógica	Ingreso de agua al pre-secador.
Activación control clima pre-	Digital	Grupo de ventiladores activa control automático

secador		de clima
Activación control clima secador	Digital	Grupo de ventiladores activa control automático de clima

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Contando con la naturaleza de las señales es indispensable el conocer el cómo interactuarán estas señales para el control de clima, es decir, cuál será el nivel de complejidad del proceso. Para ello, en los siguientes diagramas se exponen los flujogramas de proceso de control de clima para temperatura y humedad.

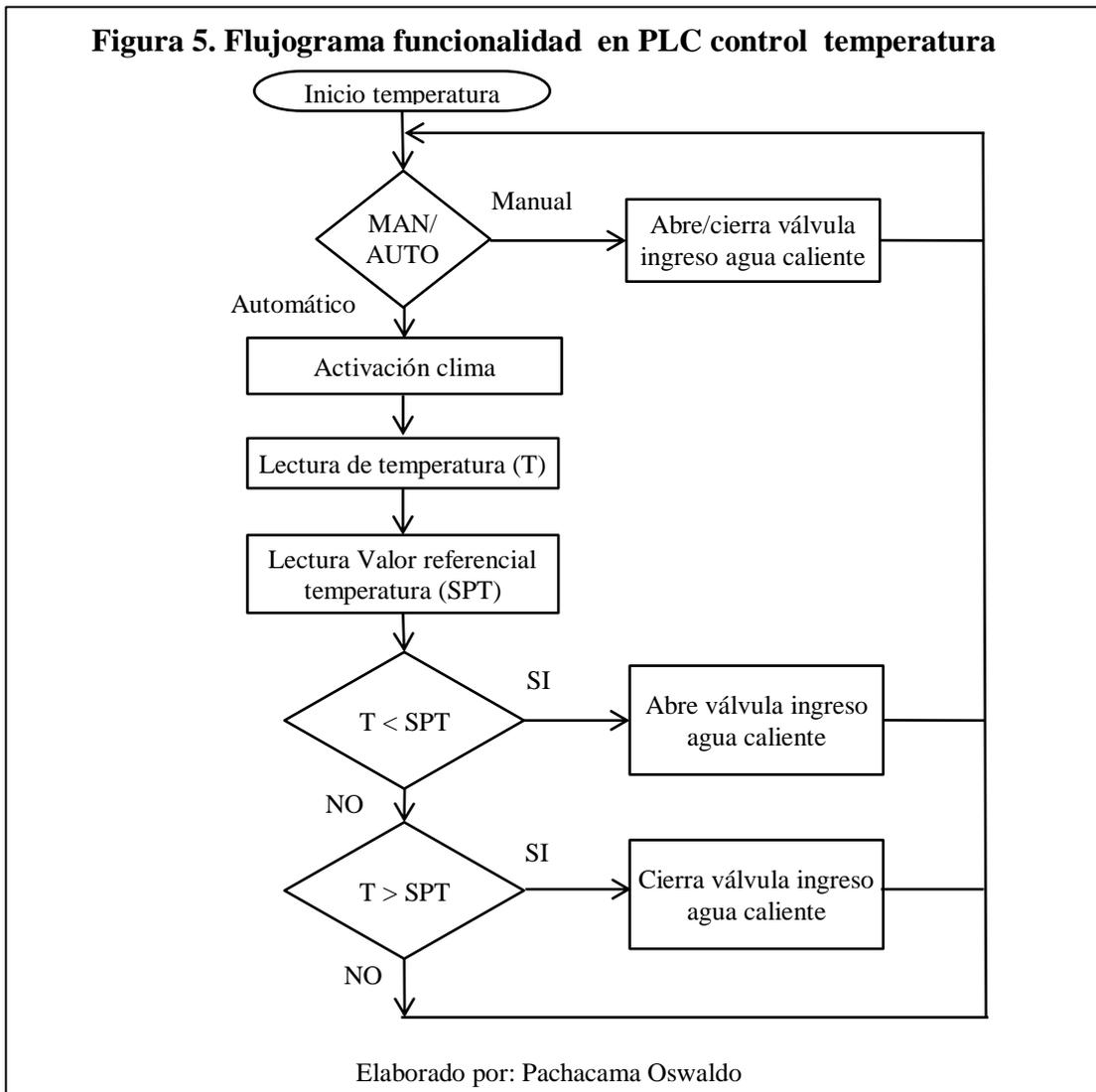
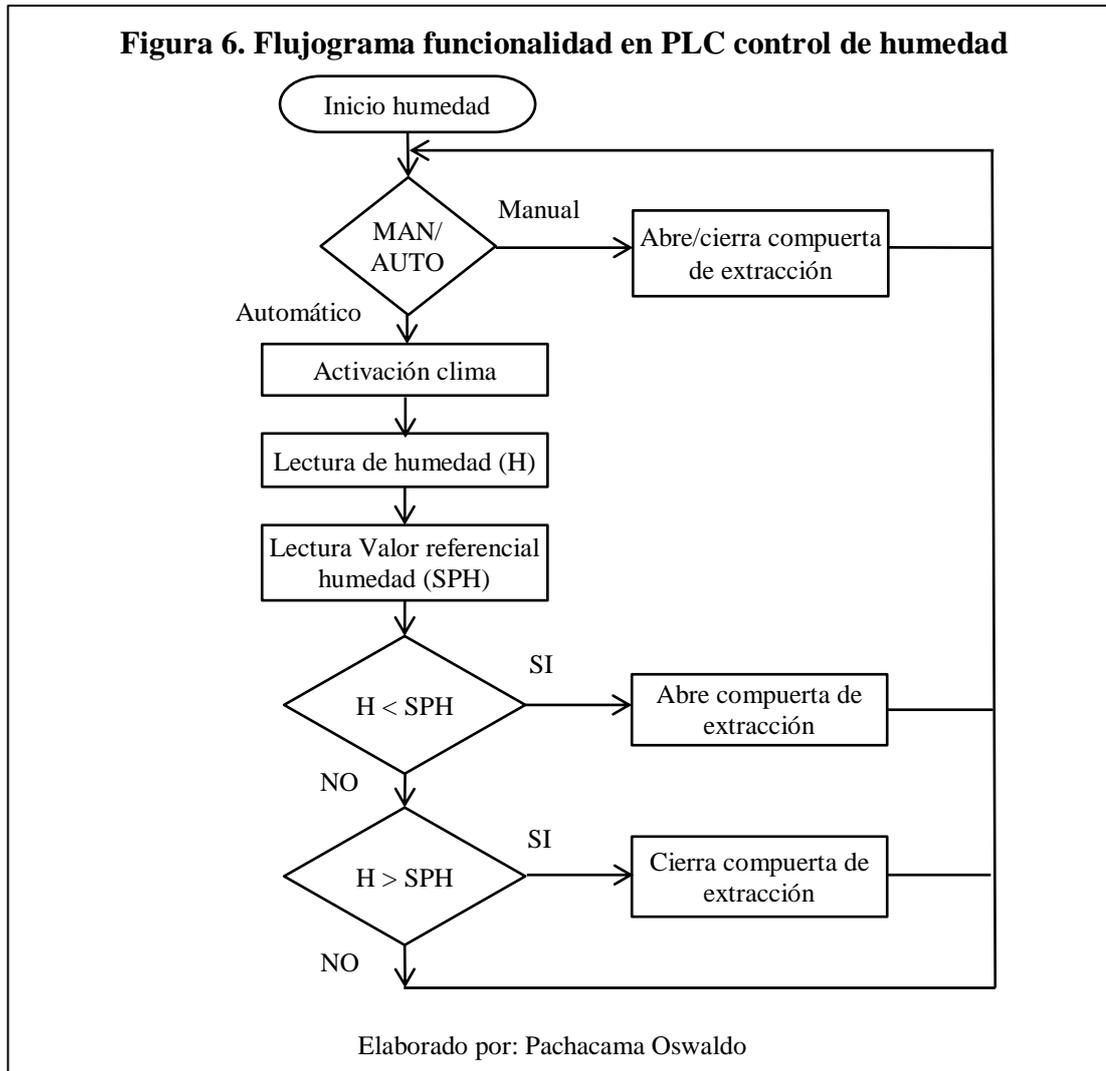


Figura 6. Flujograma funcionalidad en PLC control de humedad



Con lo antes expuesto, tanto la complejidad del tratamiento de secuencia, la cuantificación de señales y su naturaleza es fundamental para el diseño del PLC, puesto que se vislumbra la necesidad de funciones, variables internas y memoria que se utilizará para el controlador.

- **Transporte de producto**

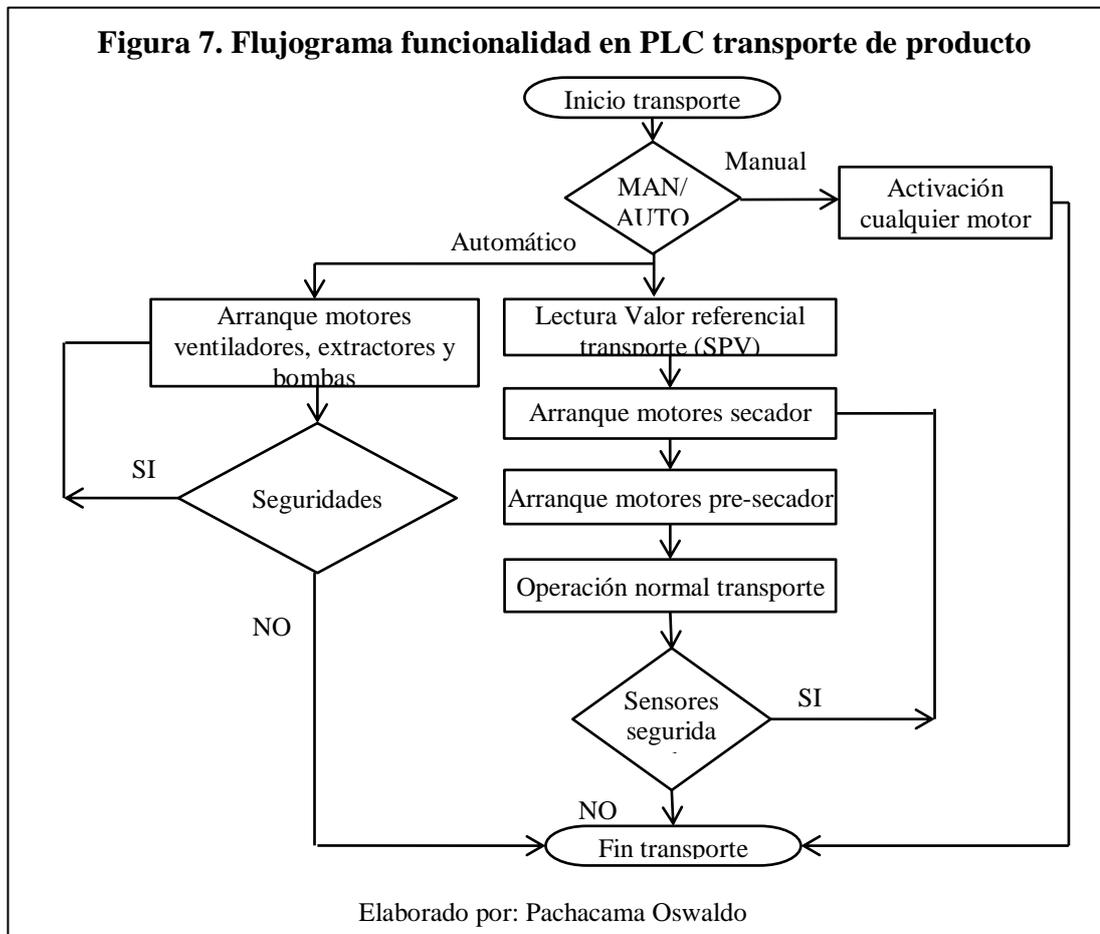
De la misma manera que la funcionalidad del PLC para control de clima, en el transporte se consideran el número de señales y su naturaleza. A continuación, se detalla las variables que se verán involucradas en el transporte del producto.

Tabla 7. Naturaleza entradas – salidas transporte de producto

Señal	Tipo señal	Descripción
Vibradores entrada/salida	Digital	Motores vibradores pre-secador.
Vibrador salida	Digital	Motores vibradores secador.
Distribuidor	Digital	Motor aspersión producto secador.
Banda de transporte	Analógica	Velocidad transporte pre-secador.
Banda de transporte	Analógica	Velocidad transporte secador.
Extractores entrada/salida	Digital	Motor extractor pre-secador.
Extractor	Digital	Motor extractor secador.
Sensores de bandas	Digital	Sensores de seguridad pre-secador.
Sensores de bandas	Digital	Sensores de seguridad secador.
Ventiladores	Digital	Moto ventiladores secadores.
Bombas	Digital	Bombas de agua secadores.

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Siguiendo con el detalle de la complejidad del proceso de secado, a continuación se detalla en el diagrama de flujo la funcionalidad del proceso de transporte.



2.3.2.2 Criterio técnico.

- **Control de clima**

Los aspectos tecnológicos hacen referencia a la adaptabilidad que tendrá el PLC a las características eléctricas de los instrumentos de campo, para el caso del control de clima son sensores y actuadores, para un mejor entendimiento se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Características técnicas elementos de campo control de clima

Señal	Descripción	Rango de trabajo
Temperatura	Señal de corriente	4 – 20mA
Humedad	Señal de corriente	4 – 20mA
Válvula proporcional	Señal de corriente	4 – 20mA
Compuerta de extracción	Señal de corriente	4 – 20mA
Activación clima	Digital	0 – 24Vdc

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Es importante describir las condiciones ambientales a las cuales se verá expuesto el PLC. Para el caso del control de clima, se localizará en un gabinete metálico que está ubicado en el área del proceso de producción, el cual garantiza evitar las condiciones de riesgo para el equipo como: vibraciones, polvo, temperatura, humedad, etc.

- **Transporte de producto**

A continuación se detalla en la tabla la descripción eléctrica de los instrumentos de campo que intervienen en el transporte del producto.

Tabla 9. Características técnicas elementos de campo transporte producto

Señal	Descripción	Rango de trabajo
Estados de motores para ventiladores, extractores, bombas, vibradores y extractores.	Señal de voltaje	0 y 24Vdc
Señales de sensores bandas	Señal de voltaje	0 y 24Vdc
Bandas de transporte	Señal de corriente	4 – 20mA

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

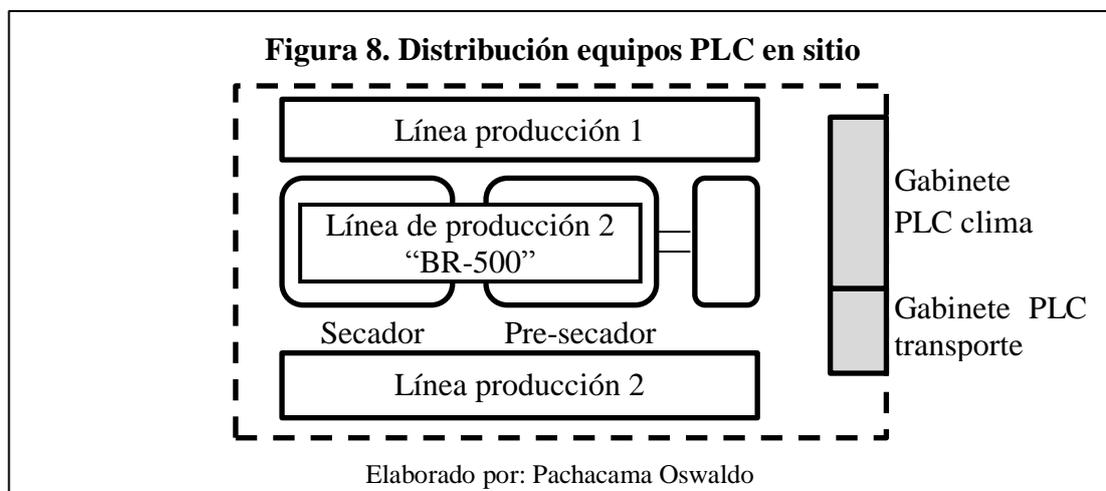
Las condiciones ambientales de la ubicación del PLC de transporte son de mejores características, puesto que en la instalación del equipo se implementará un gabinete nuevo en el área de producción, que ayudarán a su conservación, contando con

ventilación y filtro de aire. Con esto, sin duda se evitará condiciones hostiles para el funcionamiento de equipos.

2.3.2.3 Generalidades técnicas.

Con la identificación de señales de campo, su naturaleza y las funciones que se implementarán, se precisa de mejor manera un criterio para la selección de memoria del PLC. Las instrucciones en un PLC son almacenadas en bytes, por lo que el uso de la memoria de programación es relativamente bajo en nivel de Kbytes hasta unos pocos Mbytes.

En la figura 8 se ilustra la ubicación de los equipos tanto para PLC de clima como de transporte.

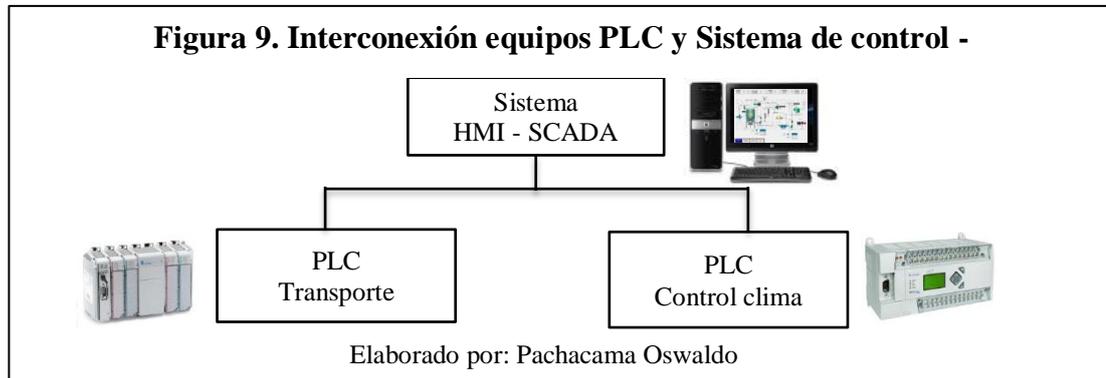


2.3.2.4 Criterio operativo.

Al contar con dos PLC que integrarán el control de una sola línea de producción, es indispensable contar con periféricos, sea bien para comunicación entre equipos, monitoreo, modificaciones o visualizaciones dinámicas del proceso, como es el caso de la implantación de una plataforma hombre – máquina.

Dentro de los periféricos más usados para comunicación en PLC se tiene: Ethernet, serial, modbus, controlnet, devicenet, etc. La selección de uno o varios de ellos dependerán de factores como: distancias de comunicación, número de dispositivos, topología, medio físico, entre otros.

Para el caso de la línea de producción de pastas, los equipos que intervienen en la operatividad para el control, supervisión y monitoreo son tres: PLC pasta, PLC transporte y HMI – SCADA, como se ilustra en la figura 9.



Entre los factores directamente involucrados en la operación están los medios de programación, dentro de los más comunes se encuentran: escalera, lista de instrucciones y funciones. Es importante realizar la selección de uno o varios de ellos teniendo en consideración sus características como: edición en línea, modificación de parámetros, etc., puesto que durante la ejecución, tanto desarrolladores como personal de mantenimiento se beneficiarán de aquello.

2.3.3 Selección PLC.

- **Control de clima**

Con referencia a lo anteriormente expuesto, en el diseño del PLC, para el caso del control de clima el equipo seleccionado es un MicroLogix 1400 de la marca Allen Bradley, el mismo que cumple con los requerimientos de diseño apropiados para la aplicación. Además de ser una ventaja económica, puesto que es un equipo existente en planta y se lo reutilizará para el propósito.

El controlador al que se hace referencia es un modelo de gama baja que cuenta con las siguientes características en su estructura (tabla 9).

Tabla 10. Características técnicas PLC MicroLogix 1400

Serie modelo	Entrada eléctrica	Alimentación eléctrica del usuario	Entradas/Salidas discretas incorporadas	Puertos	Expansión modular
1766-L32BWA	110VAC 220VAC	24VDC	12 entradas rápidas de 24 VCC 8 entradas normales de 24 VCC 12 salidas de relé	Ethernet, serial RS-232	Hasta 7 módulos 256 E/S discretas

Fuente: (Rockwell Automation, 2014, p. 2)

Este modelo de PLC presenta entradas y salidas digitales incorporadas en su estructura. Como el modelamiento del control de clima requiere señales de naturaleza analógica es indispensable contar con expansión modular. Por esta razón, se incorpora en su estructura una expansión de 2 módulos analógicos, con las siguientes características técnicas.

Tabla 11. Características técnicas módulo 1762-IF2OF2 para MicroLogix 1400

Serie modelo	Rango de operación	Rango de escalas	Entradas / Salidas analógicas
1762-IF2OF2	0 – 10VDC 4 – 20mA	0 – 10VDC 1 – 20mA	2 entradas voltaje/corriente 2 salidas voltaje/corriente

Fuente: Módulo analógico (Rockwell Automation, 2013, p. 21)

La tabla 12 detalla el número de entradas y salidas que se considerarán para la asignación modular del PLC de control de clima.

Tabla 12. Cuantificación entradas – salidas control de clima

Descripción	Ubicación		TOTAL
	Pre-secador	Secador	
Entradas Analógica			
Temperatura	1	1	2
Humedad	1	1	2
Total	2	2	4
Salidas Analógica			
Válvula	1	1	2
Compuerta	1	1	2
Total	4	4	4
Entradas Digitales			
Activación Clima	1	1	2
Total	1	1	2

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

- **Transporte de producto**

Tomando en cuenta lo expuesto para el diseño del PLC de transporte y el planteamiento de reutilización del PLC de control de clima, la selección del equipo se enmarca en la línea comercial Allen Bradley con un controlador de modelo CompactLogix L32E, el mismo que, a más de cumplir con los requerimientos del diseño sigue la misma línea con referencia a la marca, la cual permitirá una amplia compatibilidad y eficiencia al momento de complementar el sistema de control.

El PLC al cual se hace referencia se encuentra en la gama media de los equipos de control. El equipo cuenta con las siguientes características en su estructura.

Tabla 13. Características técnicas PLC CompactLogix L32E

Serie modelo	Alimentación eléctrica de entrada	Memoria	Memoria EEPROM Externa (Compact Flash)	Puertos de comunicación	Expansión modular
1769-L32E	110/220VAC (fuente modular)	750 Kb	64Mb – 128Mb (opcional)	Ethernet, serial RS-232	Hasta 16 módulos

Fuente: (Rockwell Automation, 2012, p. 12)

Para el modelamiento de las entradas y salidas del PLC de transporte se requiere la aplicación de señales digitales y analógicas, para lo cual se describe la siguiente tabla la descripción modular.

Tabla 14. Características técnicas módulos para PLC CompactLogix L32E

Serie modelo	Rango de operación	Rango de escalas	Cantidad
1762-IQ32	24VDC	0– 10VDC 3– 20mA	32 entradas digitales
1769-OW16	5 - 265Vac 5 - 125Vdc	-----	16 salidas digitales
1769-OF2	Voltage: ± 10V dc, 0 - 10Vdc, 0 - 5Vdc, 1 - 5Vdc Current: 0 - 20 mA, 4 - 20 mA	-----	2 salidas analógicas

Elaborado por: Pachacama Oswaldo.

La tabla 15 detalla el número de entradas y salidas que se considerarán para la asignación modular del PLC de transporte.

Tabla 15. Cuantificación entradas – salidas transporte de producto

Descripción	Ubicación		TOTAL
	Pre-secador	Secador	
Entradas Digitales			
Detección de fallas	25	45	70
Sensores de banda	7	5	13
Total	32	54	83
Salidas Digitales			
Activación	24	45	69
Generales	2	0	2
Total	26	45	71
Salidas Analógica			
Transporte producto	1	1	2
Total	1	1	2

Elaborado por: Pachacama Oswaldo.

2.3.4 HMI – SCADA.

Para el diseño de la interfaz de interacción entre el hombre y la máquina, es primordial el reconocimiento de los elementos que intervienen.

Actor: es cualquier tipo de usuario que tiene relación directa con el sistema.

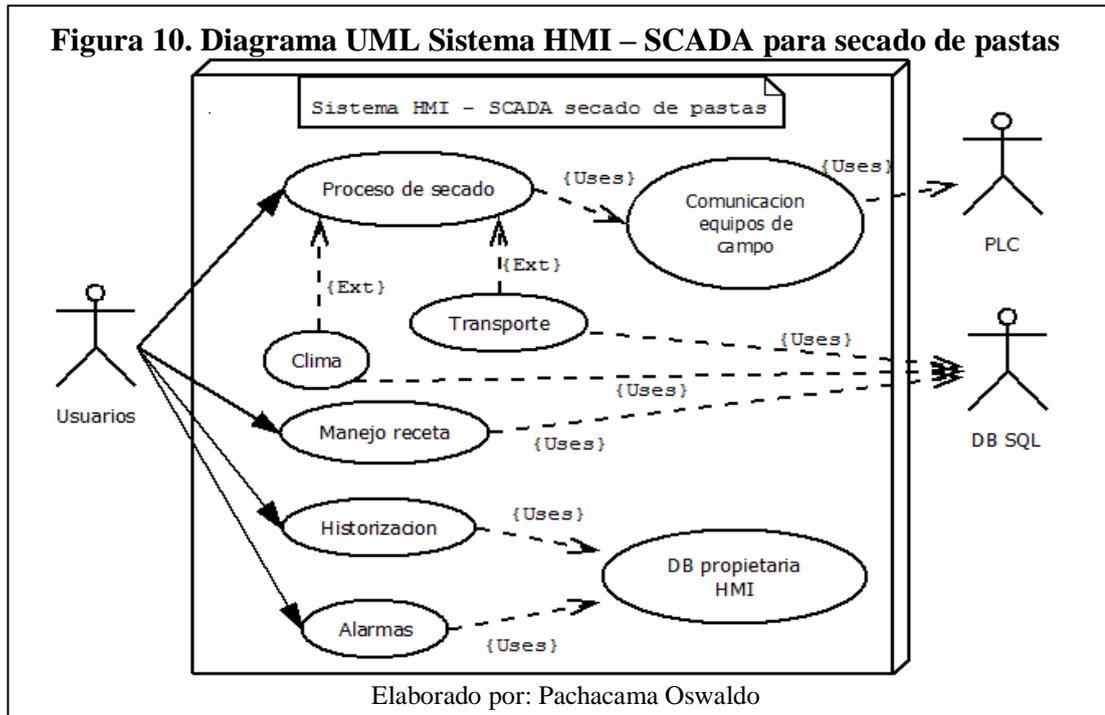
GUI (Interfaz gráfica de usuario): Compilado en secciones de acuerdo al sistema como un conjunto de gráficos utilizado para representación de información para una mejor comprensión de los actores.

DB (Base de datos): Conjunto de datos almacenados en un repositorio para posterior uso del sistema.

Adquisición de datos: Comprende la comunicación entre la GUI y equipos e instrumentos de un sistema, generalmente está basado en protocolos de comunicación como son Ethernet, serial, devicenet, controlnet, entre otros.

Contando con la descripción de los elementos que intervendrán en el sistema, a continuación se especifica por medio de un diagrama UML (Lenguaje unificado de modelado) cual será la interacción de estos en el sistema HMI – SCADA.

Figura 10. Diagrama UML Sistema HMI – SCADA para secado de pastas



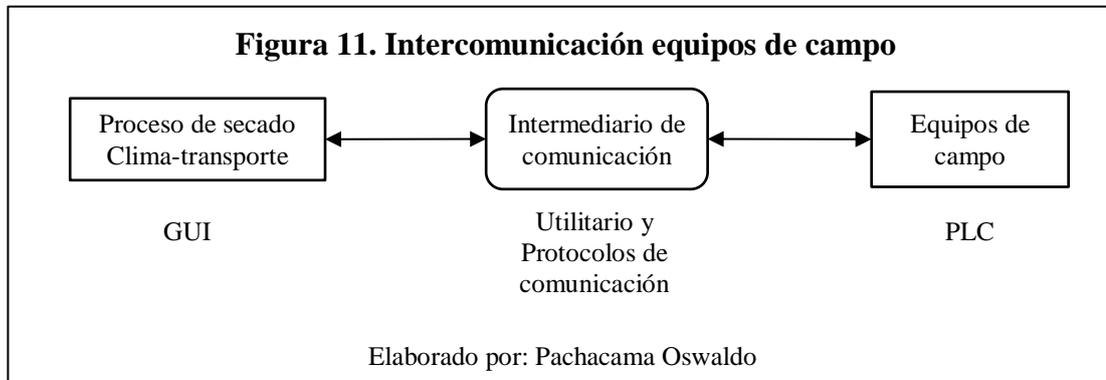
Con el diagrama de casos de uso del sistema, es importante recalcar que el actor denominado “Usuarios” estará contenido por tres, que son: operador, producción y mantenimiento. Esto se da por motivos de accesibilidad, los tres actores tendrán acceso a todos los entornos del sistema, ya que ninguno de ellos contará con roles específicos.

Con el diagrama de casos de uso que corresponde al desarrollo del software HMI – SCADA, este permite dar una mejor visión para el diseño de la interfaz. Dentro de las etapas a desarrollar para el modelamiento se describirá:

- Comunicación con equipos de control.
- Entorno de trabajo.
- Proceso secado control de clima.
- Proceso secado transporte.
- Manejo de receta.
- Tendencias históricas.
- Alarmas.

2.3.4.1 *Comunicación con equipos de control.*

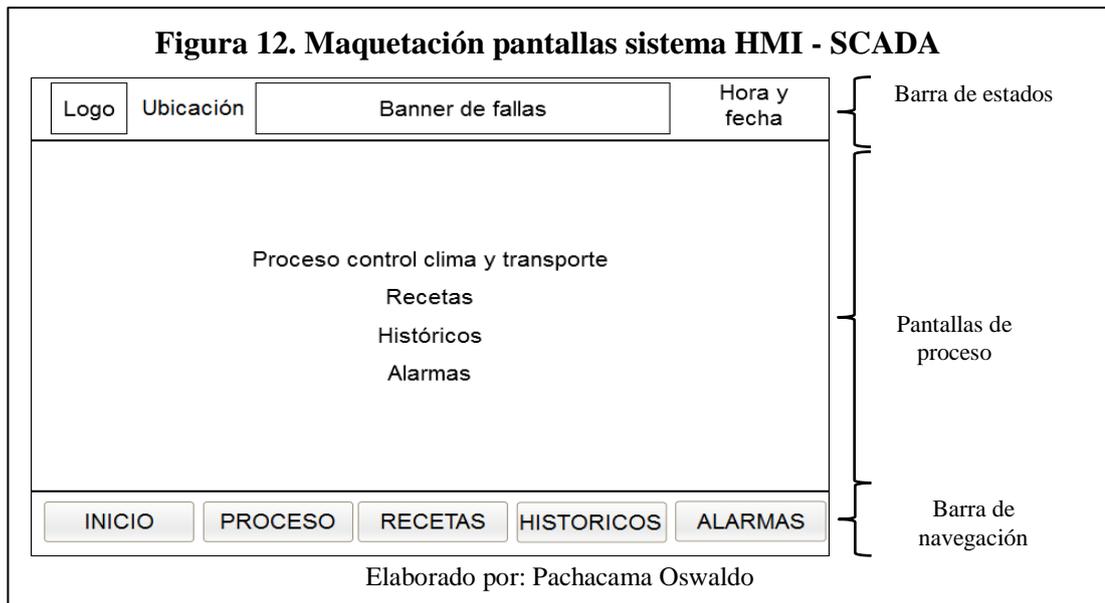
Es el punto inicial en el modelamiento del interfaz, puesto que, en esta etapa interviene el criterio de adquisición de la información de equipos para en posterior realizar la representación gráfica del proceso. En el siguiente diagrama se puede visualizar los elementos que intervienen en el diseño de la adquisición de datos.



Estos elementos interactuarán entre ellos para enviar y recibir información, teniendo como intermediario un protocolo de comunicación que gestionará la información.

2.3.4.2 *Entorno de trabajo.*

Es una parte fundamental el diseño de un entorno que sea amigable para los usuarios del sistema, debido a que es donde se concentra el ambiente laboral, permitiendo una fácil manipulación y entendimiento. En la siguiente figura se ilustra el modelamiento del entorno de trabajo.



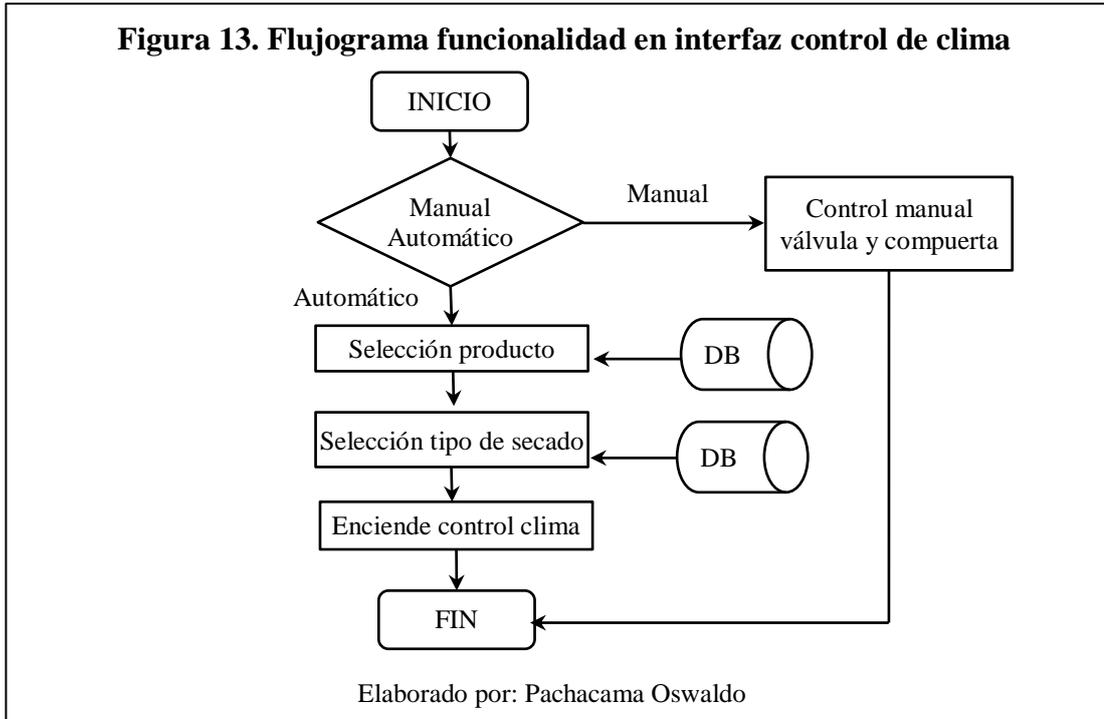
Como se aprecia en la figura anterior, la pantalla de proceso contiene el control de clima y transporte, esto es debido a que para efectos de operación es realmente necesario involucrar los dos procesos en la misma pantalla.

2.3.4.3 *Proceso de secado.*

- **Control de clima**

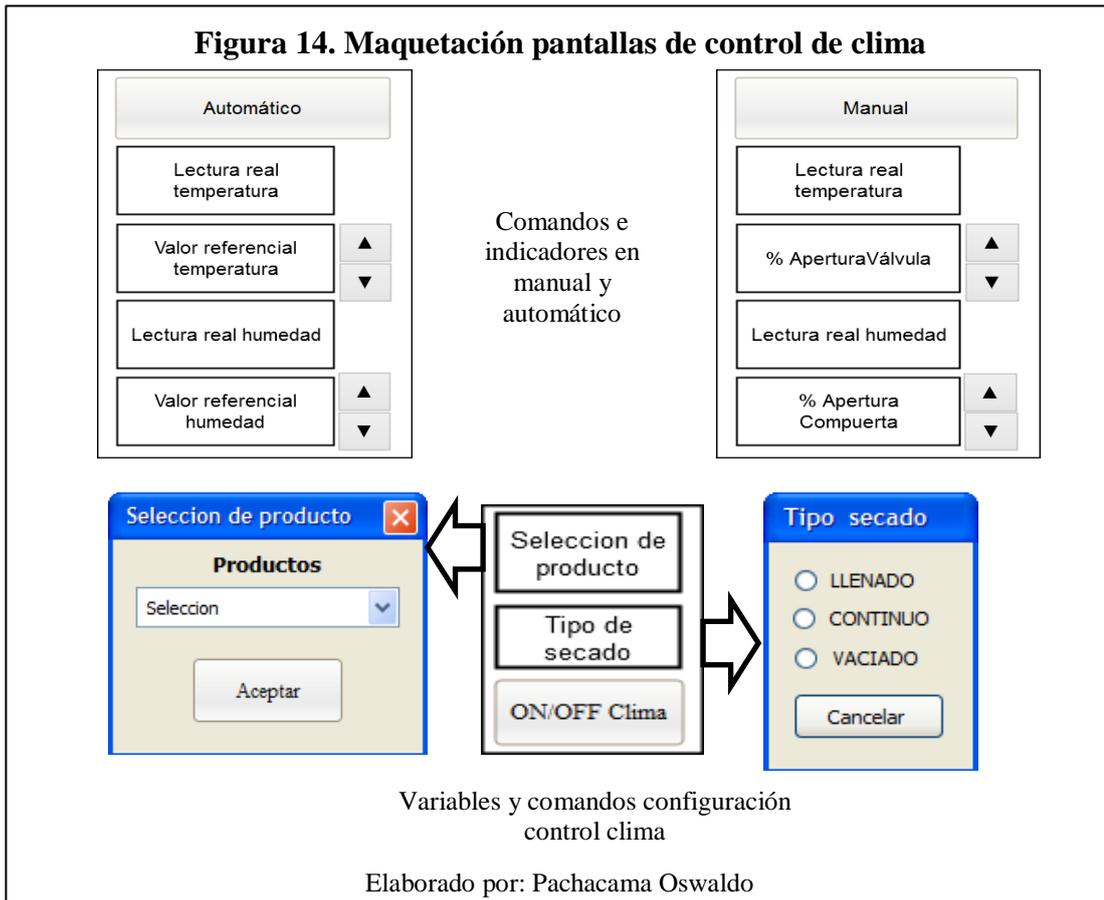
El control de clima cuenta con una secuencia de operación, la misma que se necesitará plasmar en la interfaz de operación, en la cual intervienen comandos y variables para una adecuada operación. Por tal motivo, es indispensable el diagramar el flujo de operación para el control de clima desde el punto de vista de la interfaz.

Figura 13. Flujograma funcionalidad en interfaz control de clima



Una vez descrito la operatividad es necesario el modelamiento de pantallas con variables y comandos que intervienen en el proceso. La siguiente figura detalla los elementos a considerar para el control de clima a nivel de interfaz.

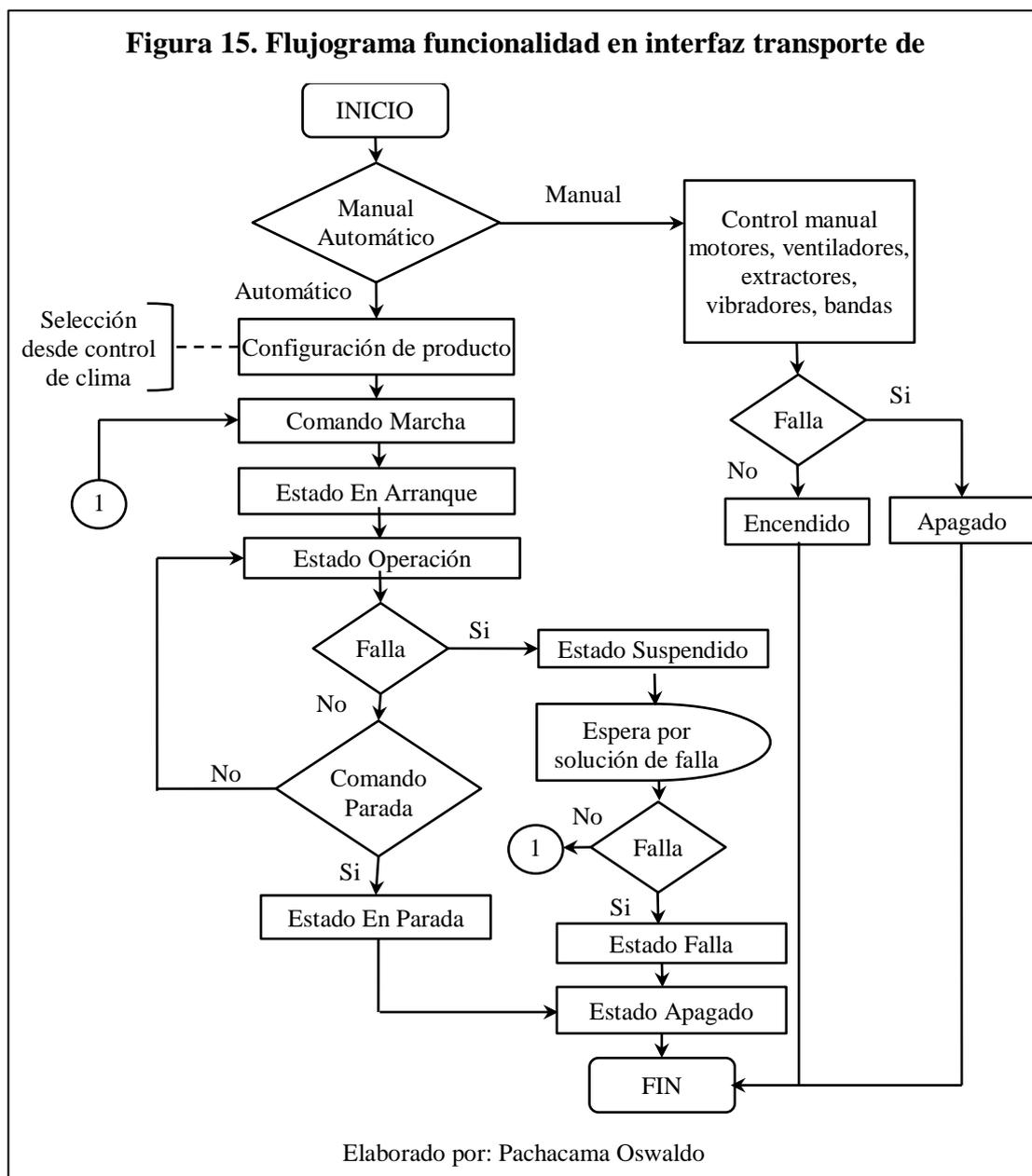
Figura 14. Maquetación pantallas de control de clima



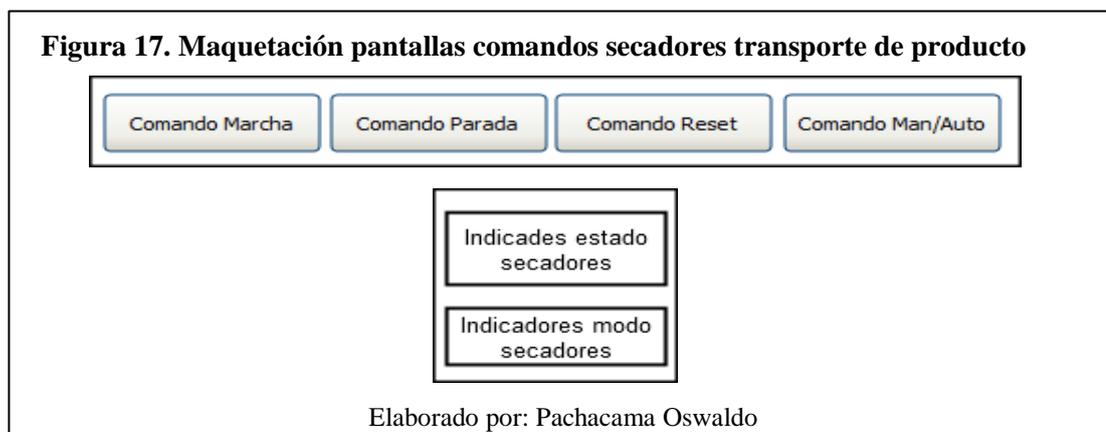
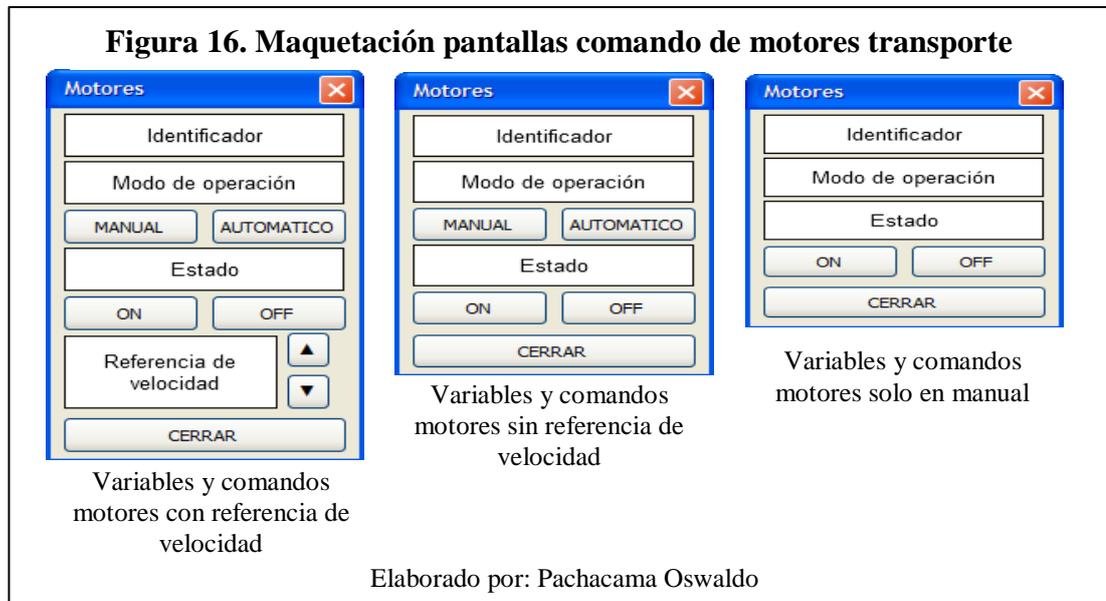
En el modelamiento de pantallas se destaca la visualización de variables de proceso y comandos que permitirán acciones sobre ellas.

- **Transporte de producto**

Aplicando el mismo principio para diseño del proceso de secado en control de clima, se detalla el diagrama de flujo para la operación del transporte del producto.



Una vez esquematizado el diagrama de flujo del proceso de transporte, corresponde realizar el diseño a nivel de interfaz de operación. La siguiente figura detalla el modelamiento para el propósito.



En las figuras se destacan la visualización de estados y comandos que intervienen en la etapa de transporte del producto.

2.3.4.4 Manejo de receta.

El diseño de la pantalla contiene el manejo de recetas de producto, la misma que contiene tanto valores de proceso como elementos adecuados para su manipulación. Es de suma importancia que los elementos deben ser precisos y lo más sencillo de utilizar para el operador. La siguiente figura detalla el diseño de la interfaz para manejo de recetas.

Figura 18. Maquetación pantalla recetas

Area	Temperatura	Humedad	Velocidad
Pre-Secador	Valores Referenciales	Valores Referenciales	Valores Referenciales
Secador	Valores Referenciales	Valores Referenciales	Valores Referenciales

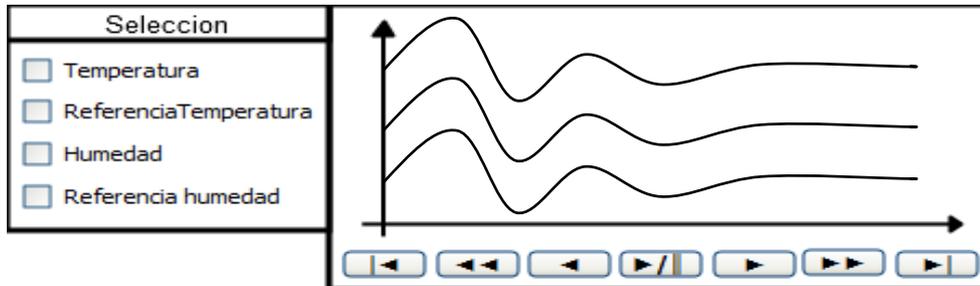
Selección de producto Editar producto

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

2.3.4.5 Tendencias históricas.

En esta pantalla se representarán las variables de proceso en forma de curvas. En la siguiente figura se describe el modelamiento de la pantalla de tendencias.

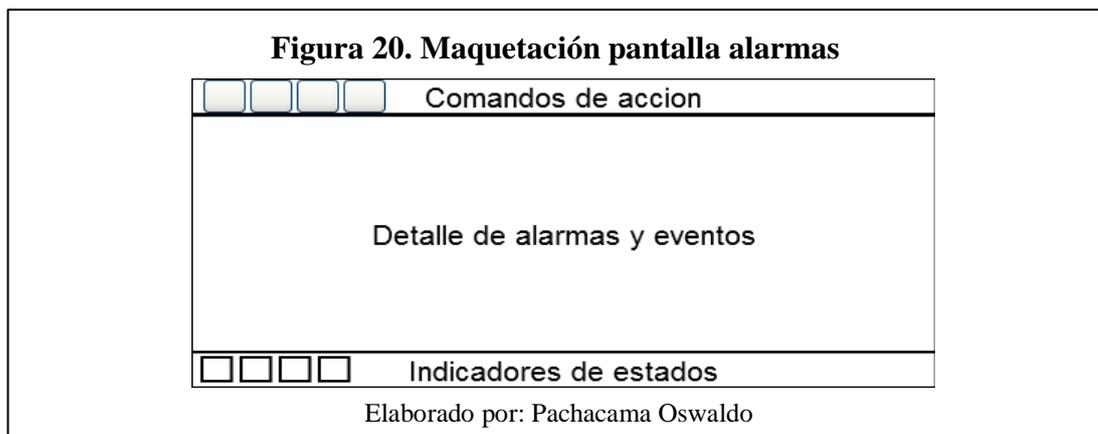
Figura 19. Maquetación pantallas tendencias históricas



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

2.3.4.6 Alarmas.

El diseño de esta pantalla consta de la visualización de alarmas y eventos generados por el sistema, a continuación se muestra una descripción preliminar de esta pantalla.



2.4 Inversión del sistema de control

Tomando en cuenta que el PLC para el control de clima será un equipo reutilizado, el costo de implantación de este proceso será de menor inversión.

Respecto al PLC de transporte, este dependerá netamente del equipo que se adquiriera y de la cantidad de elementos que sean conectados.

Es importante recalcar que para el PLC de transporte sería una buena opción seguir la misma línea del PLC existente para el control de clima, debido a que, el personal ya está familiarizado con la marca y la implementación sería más fácil de llevar esto significa una reducción de costos en relación a la puesta en marcha y capacitación del personal.

En relación a la inversión a realizar para el desarrollo del sistema de control y su plataforma HMI – SCADA para el secado de pastas en la línea “BR-500”, se presenta la siguiente tabla con el detalle de costos.

Tabla 16. Detalle inversión implantación sistema de control y monitoreo HMI - SCADA

DETALLE DE INVERSIÓN SISTEMA DE CONTROL			
PLC CONTROL DE CLIMA			
Material	Cantidad	Precio unitario	Total
PLC MicroLogix 1400	1	\$700,00	\$700,00
Módulos analógicos 1762-IF2OF2	2	\$300,00	\$600,00
Fuente alimentación 24VDC / 5A	1	\$100,00	\$100,00
Switch Ethernet industrial 4 puertos	1	\$250,00	\$250,00
Borneras, terminales y accesorios		\$150,00	\$150,00
Cable apantallado 8 hilos	50 metros	\$2.50,00	\$125,00
Instalación, puesta en marcha y pruebas.	4 semanas	\$2.000,00	\$2.000,00
SUBTOTAL PLC CONTROL DE CLIMA			\$3.925,00
PLC TRANSPORTE			

Tabla16. *Detalle inversión implantación sistema de control y monitoreo HMI - SCADA* Continuación...

Material	Cantidad	Precio unitario	Total
PLC CompactLogix L32E	1	\$2.200,00	\$2.200,00
Módulos digitales 1796-IQ32	4	\$320,00	\$1.280,00
Módulos digitales 1796-OW16	6	\$310,00	\$1.860,00
Módulos analógicos 1796-OF2	1	\$800,00	\$800,00
Fuente alimentación 1769-PA4	2	\$350,00	\$700,00
Terminal de modular 1769-ECR	1	\$30,00	\$30,00
Cable de expansión modular 1769-CRL3	1	\$140,00	\$140,00
Cable apantallado 4 hilos	20 metros	\$2,50	\$50,00
Borneras, terminales y accesorios	-----	\$250,00	\$250,00
Instalación, puesta en marcha y pruebas.	4 semanas	\$8.000,00	\$8.000,00
SUBTOTAL PLC TRANSPORTE			\$15.310,00
SISTEMA HMI -SCADA			
Material	Cantidad	Precio unitario	Total
Software de control y monitoreo Factory Talk View, licencia 25 pantallas.	1	\$5.500,00	\$5.500,00
Diseño, construcción y configuración de interfaz.	4 semanas	\$2.000,00	\$2.000,00
Computador y accesorio	1	\$1.300,00	\$1.300,00
SUBTOTAL HMI - SCADA			\$8.800,00
GRAN TOTAL			\$28.035,00

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

CAPÍTULO 3 IMPLANTACIÓN

Para la implantación del sistema HMI – SCADA, al igual que el diseño descrito en el capítulo anterior, se desarrolla en dos partes: PLC y HMI.

3.1 Implantación del PLC

3.1.1 Implementación del Control de clima.

Tomando como referencia el diseño antes expuesto para el PLC de control de clima, el primer paso para la implantación es la recopilación de equipos e instrumentos.

A continuación, en la tabla se describe el listado descriptivo de los elementos involucrados en el control de clima.

Tabla 17. Elementos visuales para control de clima

Ítem	Identificador	Ubicación	Descripción
1	Temperatura	Pre-secador	Medida temperatura
2	Humedad	Pre-secador	Medida humedad
3	Activación clima	Pre-secador	Grupo de ventiladores
4	Temperatura	Secador	Medida temperatura
5	Humedad	Secador	Medida humedad
6	Activación clima	Secador	Grupo de ventiladores

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Identificado los elementos, se evidencia en número de entradas – salidas que intervienen en el proceso en la tabla 18.

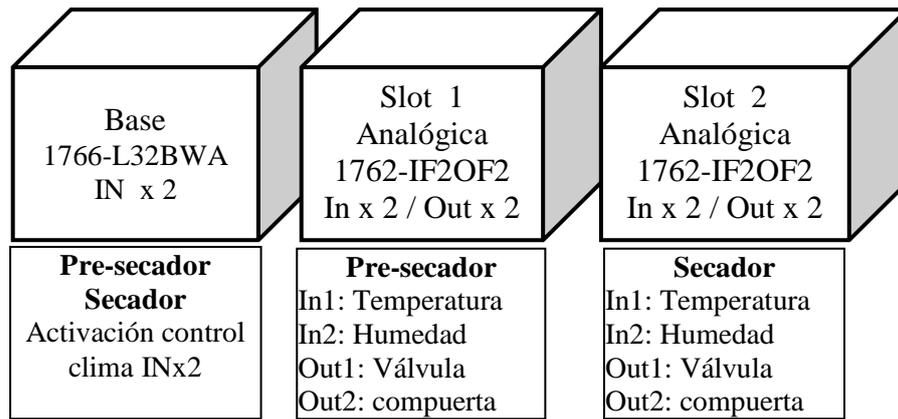
Tabla 18. Recopilación de instrumentos de campo control de clima

Total entradas / salidas	
Entradas Digitales	2
Salidas Digitales	4
Salidas Analógica	4

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Conociendo la cantidad de entradas – salidas de proceso se las asigna modularmente como indica la figura 21.

Figura 21. Distribución modular PLC entradas - salidas



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Dentro de la programación para el control del clima del PLC reutilizado de marca Allen Bradley modelo MicroLogix 1400 (Figura 22), el desarrollo se realiza en un software para equipos de gama básica, como es la plataforma RsLogix500.

Figura 22. Características del PLC 1769-L32E

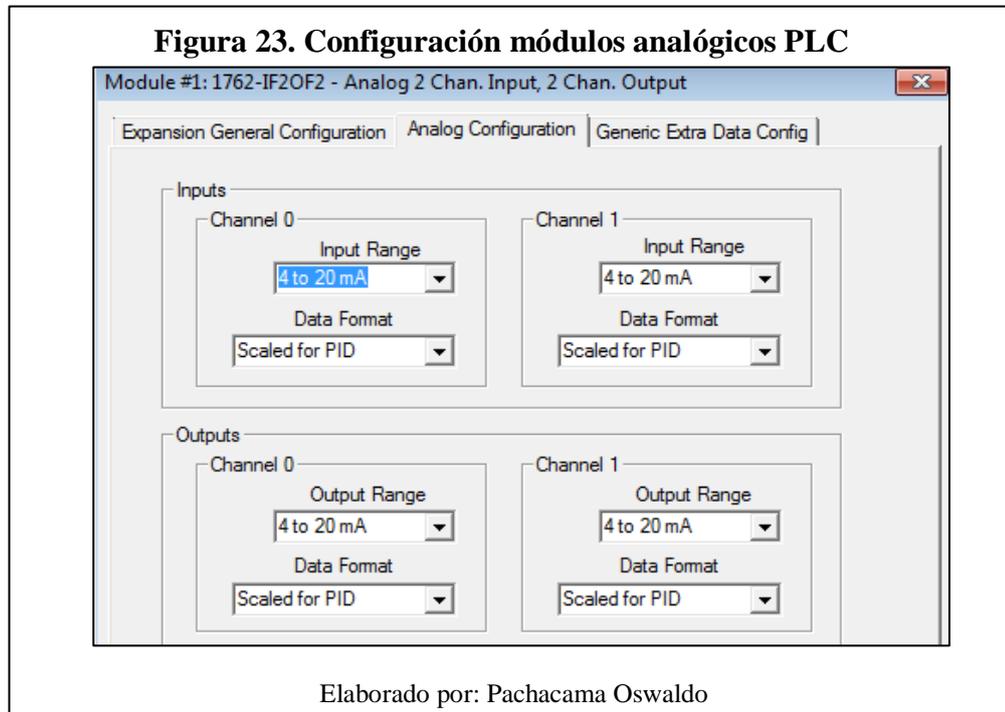


Fuente: (Rockwell Automation, 2014)

Para la programación de las secuencias de control de clima, interviene la construcción del control automático, el mismo que está ligado con la adquisición y escalamiento de variables de campo que corresponden a temperatura y humedad.

Para la adquisición de variables de control de clima, la línea cuenta con un instrumento dedicado para tal acción, que consiste en una sonda de medición que entrega valores de temperatura y humedad. El instrumento de medición es de marca “Rotronic” y cuenta con salidas independientes para temperatura y humedad en rango de 4-20mA, las mismas que son conectadas al PLC.

La primera acción en el PLC es la configuración del módulo de adquisición de datos para el rango que maneja el instrumento de campo en señales de voltaje (0-10+VDC) y corriente (4-20mA), como indica la figura 23. En la configuración de módulo analógico para el rango de 4-20mA toma lecturas para escalamiento Proporcional Integral Derivativo (PID), que corresponderá para la programación de la secuencia automática del proceso.



Una vez realizada la configuración modular se tiene la capacidad de componer los escalamientos y control automático. Como el módulo está configurado para escalamiento PID, es necesario realizar una conversión para el trabajo con unidades de ingeniería apropiadas para la visualización a nivel de interfaz. La correspondencia de conversión de unidades para el módulo analógico se indica en la tabla 19.

Tabla 19. Factores de escala PID, MicroLogix 1400

Escala PID	
Valor de conversión	Valor Voltaje/Corriente
0	0 Voltios
16380	10.5 Voltios
0	0 mA
3120	4 mA
15600	20 mA
16380	21 mA

Fuente: Manual MicroLogix 1400 (Rockwell Automation, 2014, p. 6)

Tomando en cuenta la asignación de conversiones, se aplica una rutina de escalamiento de variables para ser visualizadas en unidades reales en el sistema HMI, como indica la figura 24, el escalamiento corresponde a la temperatura del secador utilizando el comando “SCP”, en el cual se ingresa parámetros como: valor de entrada (sensor de campo), factores de conversión, escala de salida, salida escalada asociada a un tag.

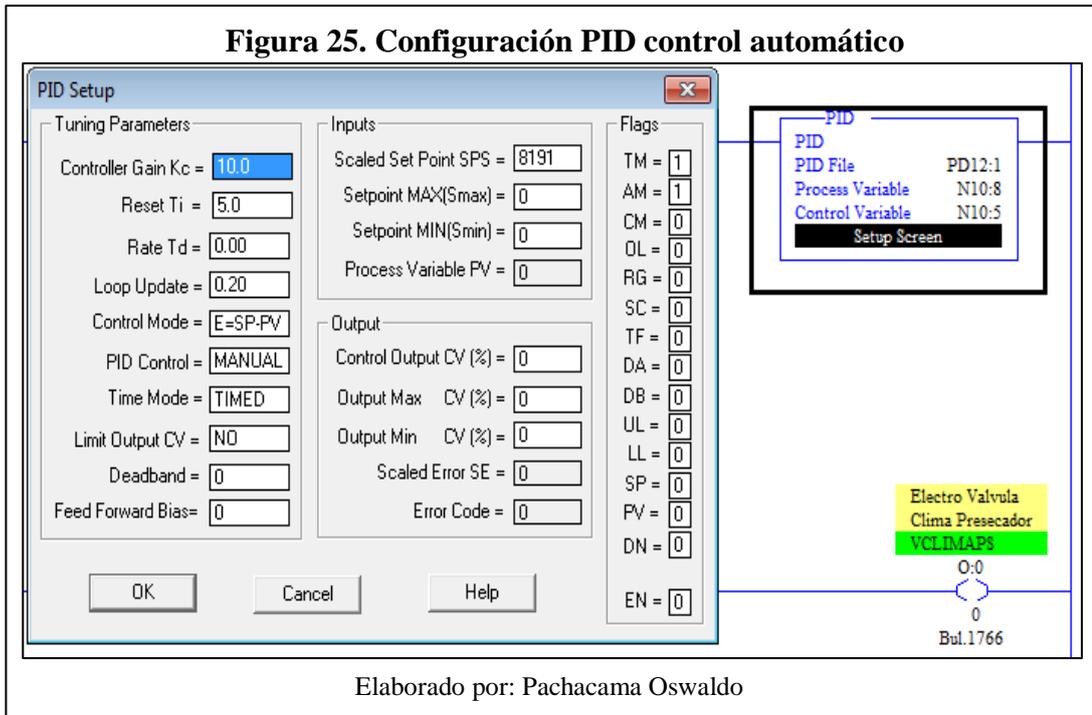
Figura 24. Escalamiento de variable de entrada

SCP	
Scale w/Parameters	E1.0
Input	5180<
Input Min.	3120
	3120<
Input Max.	15600
	15600<
Scaled Min.	0
	0<
Scaled Max.	1500
	1500<
Output	N10:0
	218<

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

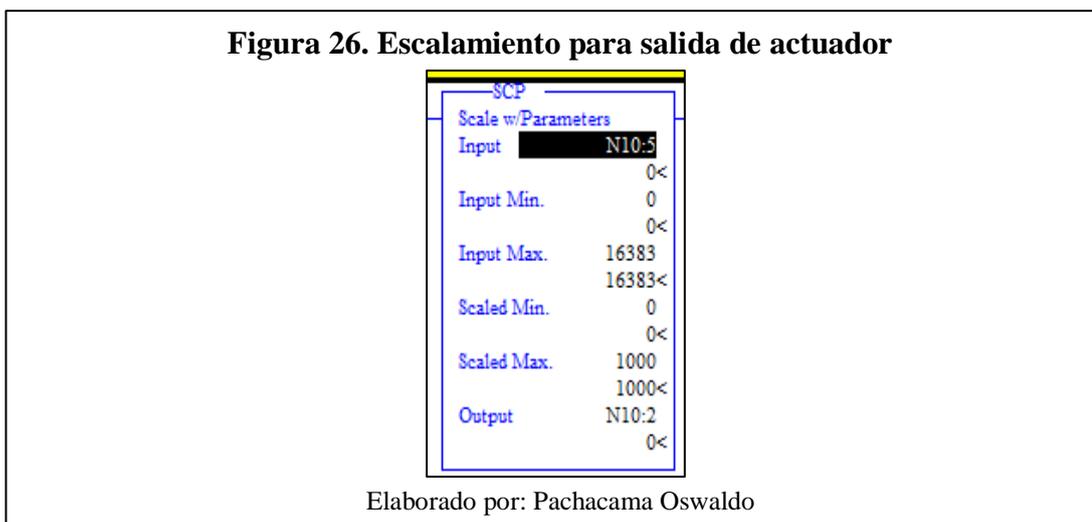
Para el acondicionamiento y control de clima la programación contiene lazos de control Proporcional Integral Derivativo (PID) y escalamientos de variables de entradas – salidas tanto de sensores y actuadores.

Al aplicar la rutina de control automático con la instrucción “PID” como indica la figura 25, se aprecia los tags correspondientes a la variable de proceso (Process Value) corresponde al valor real medido; y la variable de control (Control Value) que pertenece al valor referencial que se quiere alcanzar.



Acorde con la figura anterior los parámetros de configuración del PID como son KC (Proporcional), TI (integral), TD (derivativo) que permiten regular los tiempos de respuesta y estabilidad del control automático.

Con la aplicación de la instrucción PID se obtiene una salida que controla la acción del actuador, para el caso del control de temperatura se manipula la apertura en porcentaje de la válvula de entrada de agua caliente, pero el PID al estar operando con unidades “PID” sin escalar, se requiere un escalamiento (figura 26) para que pueda interpretar el actuador en el rango de 0-100% de apertura.



3.1.2 Implementación transporte de producto.

Con lo antes expuesto para el diseño del PLC, hay que considerar la recopilación de información de instrumentos y equipos con los que cuenta el proceso en la etapa de transporte. Para este fin, se realiza el listado descriptivo con sus características técnicas, divididos en dos secciones para su mejor ordenamiento: un listado detallará los motores que intervienen en el proceso como son: bandas, vibradores, ventiladores; y otro listado para diferenciar los aparatos e instrumentos, como sensores de cadena.

En la descripción de la tabla 20, se puede visualizar un extractor del listado de motores que se consideran junto con su descripción, ubicación, características técnicas y asignación de etiquetas, las mismas que serán utilizadas en posterior para la programación e identificación, tanto en el PLC, como las pantallas de control y monitoreo. Para más detalle de instrumentos ver anexo 2.

Tabla 20. Extracto de motores, transporte

Ítem	Identificador	Potencia	In (A)	Ubicación	Descripción
		(HP)			
PRESECADOR					
1	M101	2,9	8,7	Pre-secador	Radiador/Extractor
2	M102	1,5	2,5	Pre-secador	Ventilador DX zona entrada inferior
3	M114	0,5	1,1	Pre-secador	Vibrador entrada DX
4	M120	0,6	2,2	Pre-secador	Elevador entrada
5	M122	2	1,1	Pre-secador	Extractor Inicial
6	M123	3,3	1,1	Pre-secador	Extractor final
7	M124	2	1,1	Pre-secador	Bomba Agua
SECADOR					
1	M209	0,5	1,6	Secador	Banda entrada secador
2	M242	0,65	2,2	Secador	Elevador
3	M243	0,65	2,2	Secador	Distribuidor
4	M205	0,5	1,6	Secador	Ventilador DX zona entrada superior
5	M241	0,6	1,95	Secador	Banda
6	M229	0,5	1,6	Secador	Vibrador de salida

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

De igual manera se detallan los sensores que intervienen en la etapa de transporte en la tabla 21.

Tabla 21. Detalle de sensores, transporte.

Ítem	Identificador	Ubicación	Descripción
1	LS131	Pre-secador	Sensor banda nivel 1
2	LS132	Pre-secador	Sensor banda nivel 2
3	LS133	Pre-secador	Sensor banda nivel 3
4	LS134	Pre-secador	Sensor banda nivel 4
5	LS135	Pre-secador	Sensor banda nivel 5
6	LS136	Pre-secador	Sensor banda nivel 6
7	LS137	Pre-secador	Sensor banda nivel 7
8	LS141	Secador	Sensor banda nivel 1
9	LS142	Secador	Sensor banda nivel 2
10	LS143	Secador	Sensor banda nivel 3
11	LS144	Secador	Sensor banda nivel 4
12	LS145	Secador	Sensor banda nivel 5

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Una vez detallado los equipos e instrumentos de campo se deberá realizar el dimensionamiento adecuado, para incorporar todas las señales en el controlador lógico programable PLC. Para esto, se identificará la cantidad de entradas – salidas, tanto analógicas como digitales que intervendrán en el proceso. La tabla 22 detalla el número de entradas-salidas que estarán involucradas en el transporte de producto.

Tabla 22. Recopilación de instrumentos de campo, transporte

Total entradas / salidas	
Entradas Digitales	83
Salidas Digitales	71
Salidas Analógica	2

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Una vez que se ha realizado la recolección de equipos de campo y la selección de PLC a implementarse, se define la aplicación modular acorde al número de entradas y salidas, además de una reserva para futuros acondicionamientos.

Para la configuración modular se esquematiza una tabla con etiquetas que servirán de guía para la programación y distribución física en los módulos. A continuación en la figura 27, se visualiza la distribución de entradas y salidas con su respectiva asignación modular.

Figura 27. Distribución modular PLC CompactLogix 1769-L32E

SLOT 0 CPU 1769-L32E	SLOT 1 IN 1769-IQ32	SLOT 2 IN 1769-IQ32	SLOT 3 IN 1769-IQ32	SLOT 4 IN 1769-IQ32	FUENTE - 1769-PA4	SLOT 5 OUT 1769-OW16	SLOT 6 OUT 1769-OW16	SLOT 7 OUT 1769-OW16
CPU	Módulos de 32 Entradas digitales				Fuente	Módulos 16 Salidas digitales (Relé)		
SLOT 8 OUT 1769-OW16	SLOT 9 OUT 1769-OW16	SLOT 10 OUT 1769-OW16	FUENTE - 1769-PA4	SLOT 11 OUT 1769-OF2	SLOT 12 - -	SLOT 13 - -	SLOT 14 - -	SLOT 15 - -
Módulos 16 Salidas digitales (Relé)			Fuente	Módulos 2 Salidas Analógicas	Reservas modulares PLC			

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Con la asignación modular del PLC, se distribuyen los instrumentos de campo que serán interconectados con el número de bornera asignado en cada módulo (tabla 23).

Tabla 23. Asignación de elementos de campo a módulos PLC

SLOT 0 / CPU 1769-L32E	SLOT 1/ IN x 24 1769-IQ32		SLOT 2/ IN x 24 1769-IQ32		SLOT 3/ IN x 24 1769-IQ32		SLOT 4 / IN x 24 1769-IQ32	
	Elemento	BOR	Elemento	BOR	Elemento	BOR	Elemento	BOR
	E101	0	E201	0	E233	0		0
	E102	1	E202	1	E234	1		1
	E103	2	E203	2	E235	2		2
	E104	3	E204	3	E236	3		3
	E105	4	E205/E04	4	E237	4		4
	E106	5	E206/E05	5	E238	5		5
	E107	6	E207/E06	6	E239	6		6
	E108	7	E208/E12	7	E240	7		7
	E109	8	E209/E01	8	E241/E10	8		8
	E110	9	E210	9	E242/E02	9		9
	E111	10	E211	10	E243/E03	10	LS148	10
	E112	11	E212	11	E244/E11	11	LS149	11
	E113	12	E213/E13	12	E245	12		12
	E114	13	E214/E14	13		13		13
	E115	14	E215/E07	14		14		14
	E116	15	E216/E08	15		15		15
	E117	16	E217/E09	16		16	LS131	16
	E118	17	E218	17		17	LS132	17
	E119	18	E219	18		18	LS133	18
	E120	19	E220	19		19	LS134	19
	E121	20	E221	20		20	LS135	20
	E122	21	E222/E15	21		21	LS136	21
	E123	22	E223/E16	22		22	LS137	22
	FVPS	23	E224/E17	23		23		23
	E124	24	E225	24		24	LS141	24
		25	E226	25		25	LS142	25

Tabla 23. Asignación de elementos de campo a módulos PLC

Continuación.....

		26	E227	26		26	LS143	26
		27	E228	27		27	LS144	27
		28	E229/E18	28		28	LS145	28
		29	E230	29		29	LS146	29
		30	E231	30	RESET	30	LS147	30
		31	E232	31	MCR	31	OF830	31

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

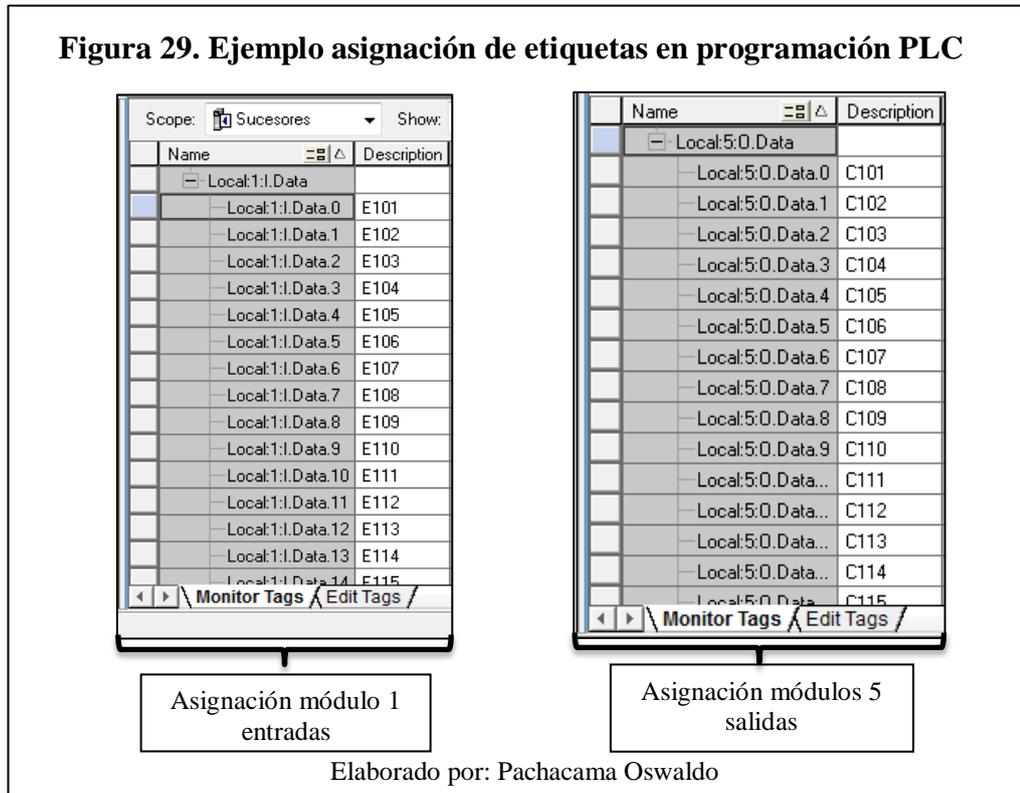
La asignación de nomenclatura corresponde para la detección de protecciones térmicas de motores para falla (Exxx), sensores de banda transportadora (LSxxx) que permitirán detectar problemas en el flujo del producto, además de los accionamientos de motores (Cxxx) y señales de salida analógicas (VEL), que corresponden a la referencia de velocidad que se asignará al movimiento de las bandas de transporte.

Contando con la estructura de PLC dimensionada con todos los equipos e instrumentos de campo que van a intervenir en el proceso, el siguiente paso es la programación. De acuerdo con el diseño del PLC de transporte se encuentra en una gama media, marca Allen Bradley modelo CompactLogix. La figura 28 ilustra el PLC con sus características físicas.



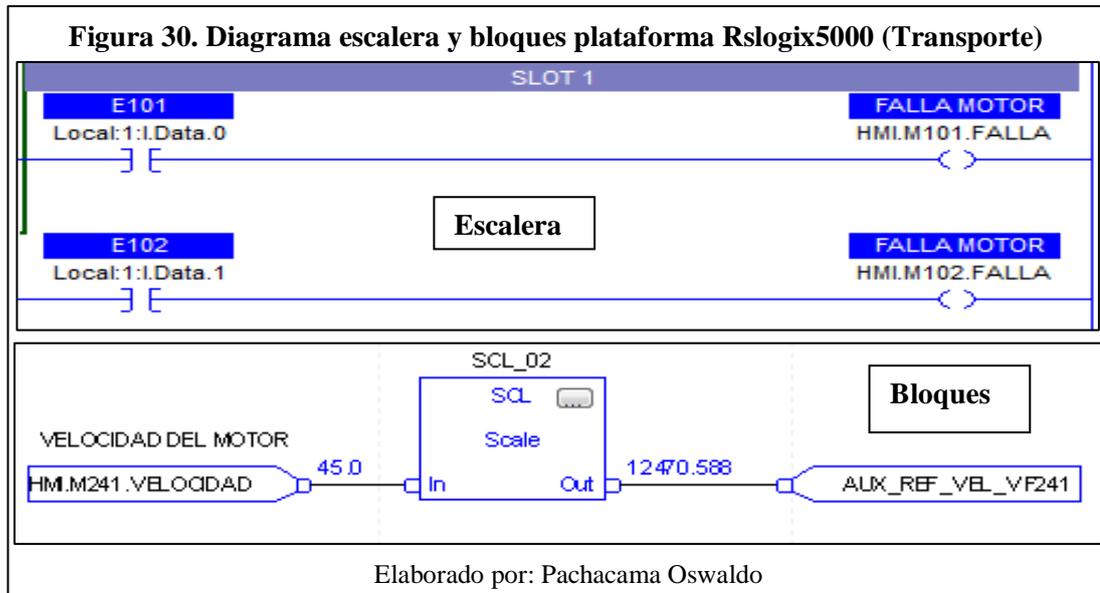
Dentro de las secuencias de programación que intervienen en el proceso, se realiza la creación de etiquetas (tags) a nivel de PLC como indica la figura 29.

Figura 29. Ejemplo asignación de etiquetas en programación PLC



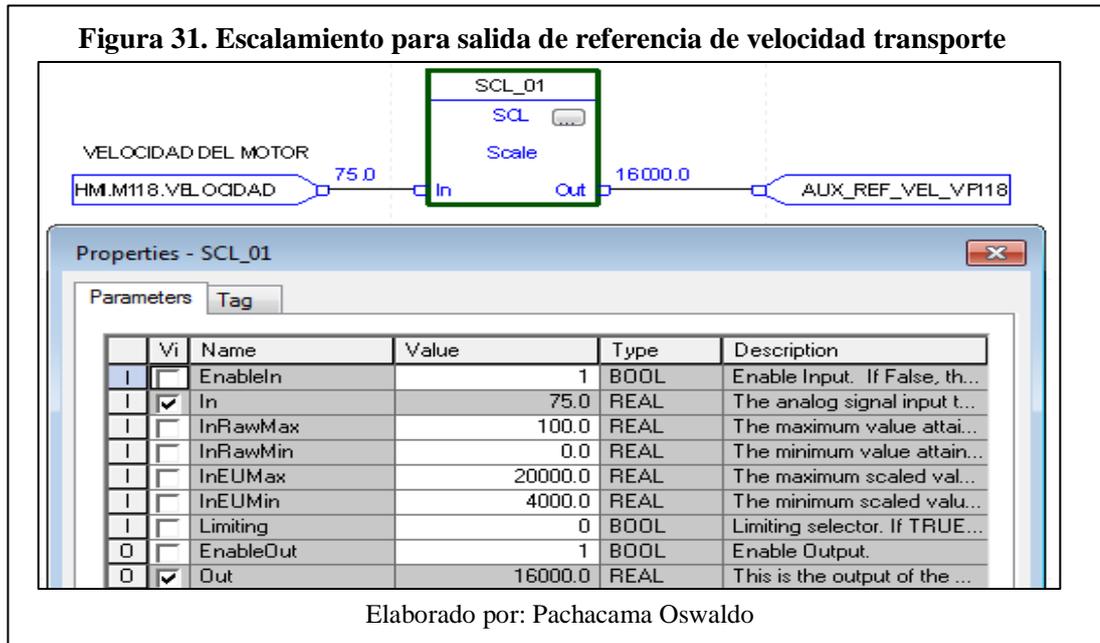
Una vez consignadas las respectivas etiquetas, se desarrolla la programación del control, donde se realizan las rutinas de secuencia en escalera y algunos escalamientos en lenguaje de bloques, figura 30.

Figura 30. Diagrama escalera y bloques plataforma Rslogix5000 (Transporte)



Los bloques de escalamientos son utilizados para enviar la referencia de velocidad para el transporte. Esta referencia es ingresada a través de la interfaz HMI en unidades reales en un rango acorde al trabajo del variador de velocidad de 0 a 100Hz.

Además, como se puede apreciar en la figura 31, se encuentra el escalamiento del valor de velocidad ingresado, obteniendo como resultado a la salida un valor en unidades que pueda interpretar el variador de velocidad de 4 a 20mA (4000 a 20000).



En la configuración del bloque de escalamiento incluye los rangos de entrada y salida, escalas mínimas y máximas. El resultado de la variable escalada está asociado a una salida física analógica del PLC.

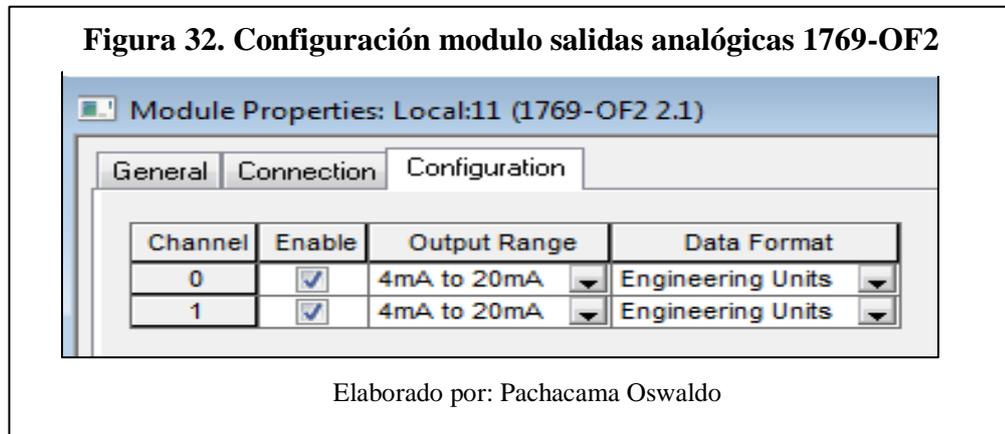
En consideración a las salidas analógicas, al igual que el PLC MicroLogix 1400, el CompacLogix L32E requiere la configuración del módulo para salidas analógicas (1769-OF2). Este módulo como pertenece a una gama de equipos más avanzado maneja distintos rangos como se describe en la tabla 24.

Tabla 24. Factores de conversión módulo 1769-OF2

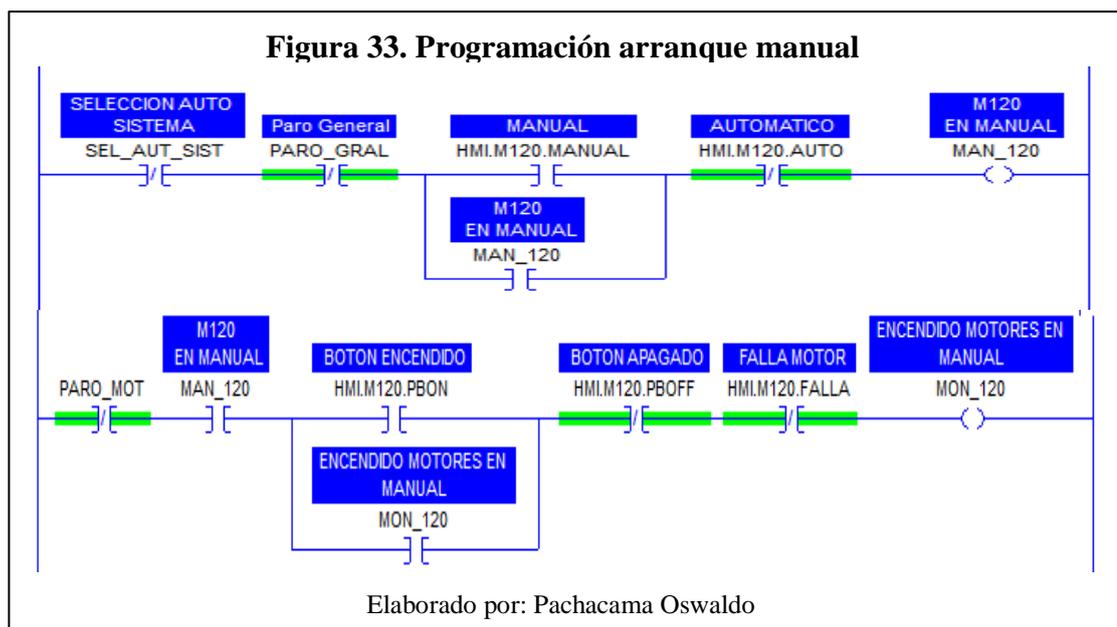
Rangos de salida módulo 1769-OF2
-10 a 10 Vdc
0 a 5 Vdc
0 a 10 Vdc
1 a 5 Vdc
4 a 20 mA
0 a 20 mA

Fuente: Manual módulo Analógico (Rockwell Automation, 2000, p. 17)

Para la configuración de la salida que controlará la velocidad de los secadores a través de variadores de frecuencia, estos estarán calibrados para recibir una señal de 4 a 20mA, a continuación se evidencia la configuración del módulo de salidas analógicas, figura 32.



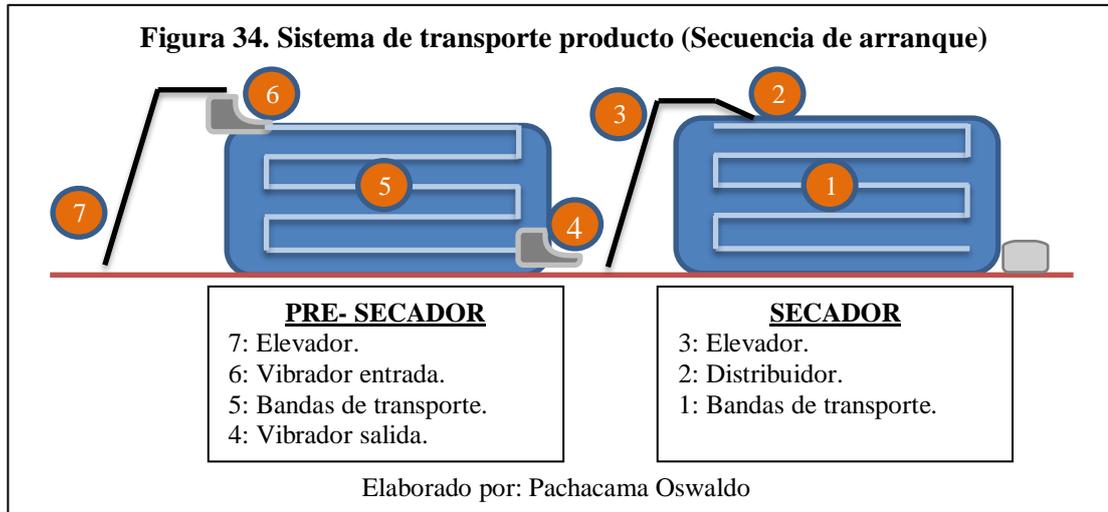
Dentro del desarrollo se incorpora la modalidad de arranque de cada uno de los motores que intervienen en el transporte. Para ello, se construye las rutinas de arranque - parada en modo manual y automático como ilustra la figura 33.



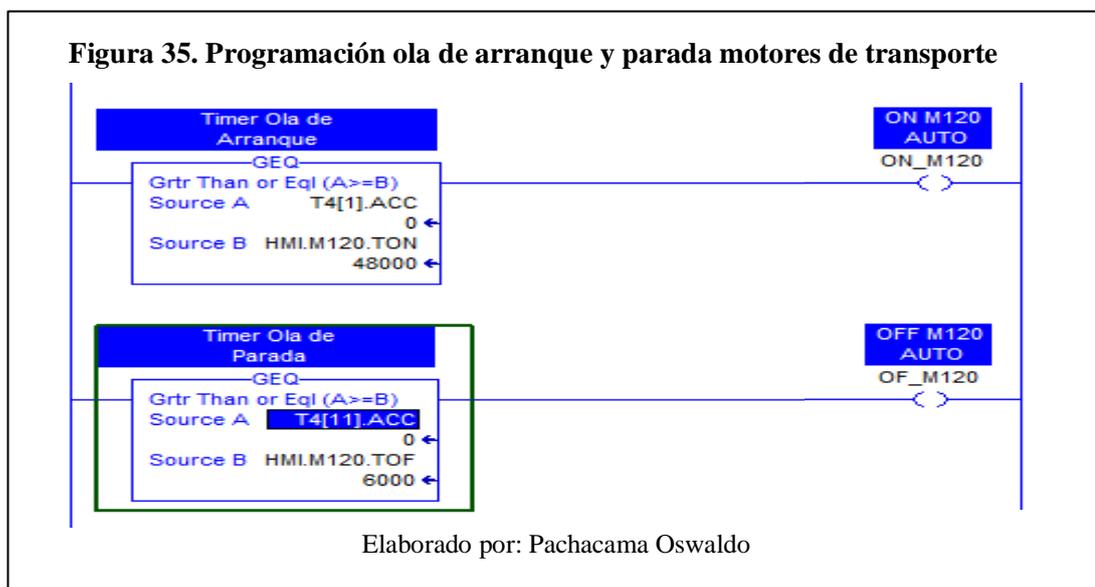
Donde en la figura anterior intervienen los comandos de selección manual – automático, y encendido – apagado en modo manual.

Una vez configurado las modalidades de operación, el transporte del producto requiere una secuencia establecida para el arranque de motores para el modo

automático, la figura 34 detalla el orden en el cual se encenderán los motores para realizar el transporte a través de los secadores.

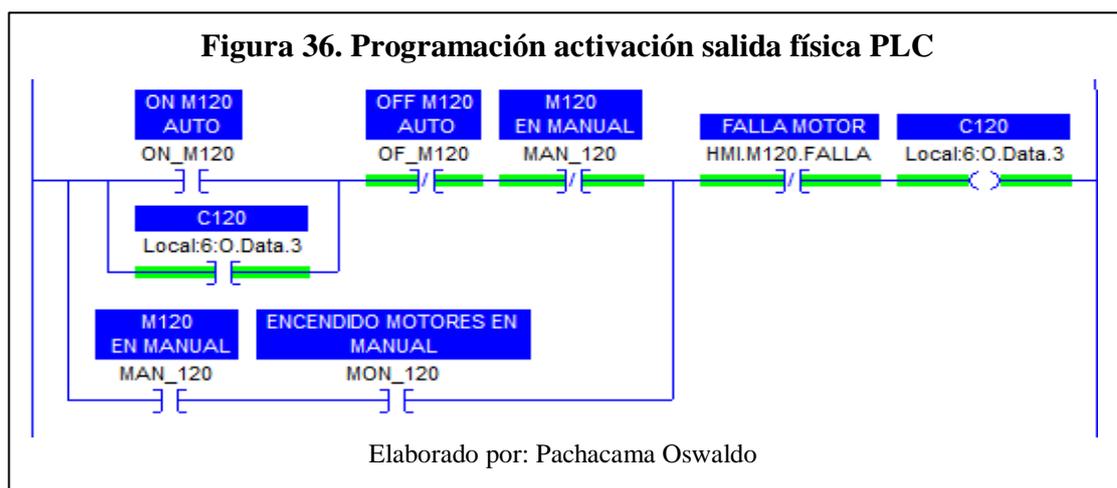


La secuencia de control de transporte está programado bajo la lógica de ola de arranque y parada, esto significa que serán encendidos de forma secuencial y temporizada, empezando por las bandas de transporte del secador hasta el elevador de entrada al pre-secador. Así mismo para la ola de parada de forma secuencial y temporizada pero en sentido contrario, desde el elevador del pre-secador hasta finalizar con las bandas del secador. El ejemplo de la figura 35, evidencia la programación de ola de arranque y parada para el elevador del pre-secador (M120) comandado por un temporizador (timer) y una comparación para el efecto.



El tiempo total de arranque de la línea de alrededor de 48 segundos expresados en milisegundos, donde el “T4[1]” corresponde al acumulador del temporizador, cuando éste supera el tiempo configurado para el arranque (hmi.m120.ton = 48000ms) este enviara la señal de arranque. El mismo criterio se utiliza para la parada pero con la asignación de un temporizador independiente “T4[11]”.

Configurado las rutinas de arranque secuencial, en la figura 36 se ilustra los comandos de activación para la salida física del PLC al correspondiente motor asociado.



Esta rutina contiene los componentes de arranque y parada, los cuales fueron previamente explicados en relación a su funcionalidad manual y automática.

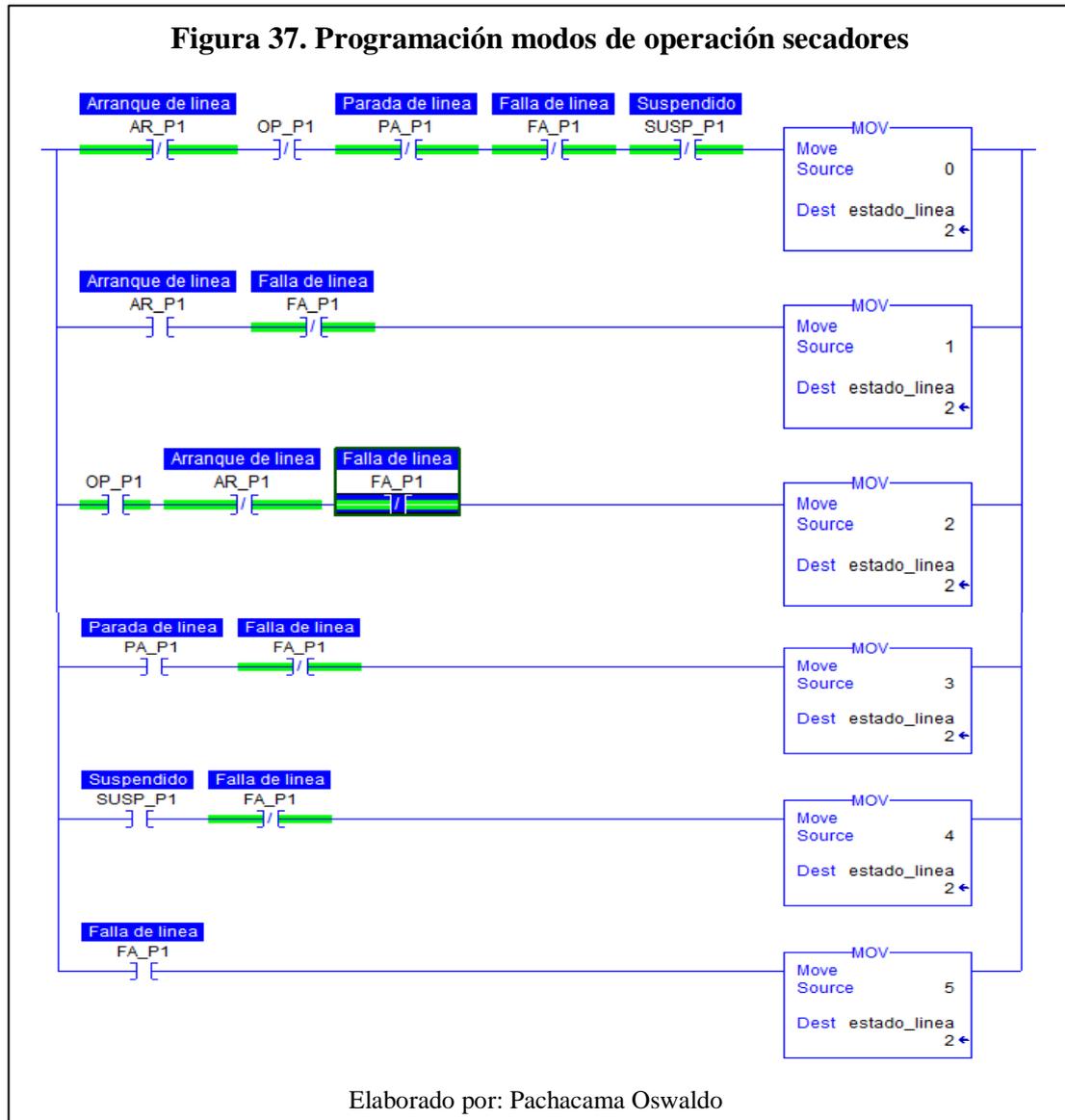
Dentro del modo de operación automático existen seis tipos de estados:

Tabla 25. Modo de operación secadores

Estado de línea	Descripción	Valor asignado
Apagado	Todos los motores apagados.	0
En arranque	Inicializado secuencia temporizada de arranque.	1
Operación	Todos los motores de transporte están activados.	2
En parada	Inicializado secuencia temporizada de parada.	3
Suspendido	Cuando uno o varios motores están en falla, existe un tiempo de espera para un re arranque de tres minutos.	4
Falla	Una vez trascurrido el tiempo de suspensión se apaga los motores del sistema de transporte.	5

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Las condiciones asignadas en la tabla anterior se plasman en lenguaje de escalera como se muestra en la siguiente figura.



Al tag “estado_linea” se asigna un valor acorde al estado que se encuentre la línea. Este tag permite la visualización a nivel de interfaz HMI el cual se verá más adelante.

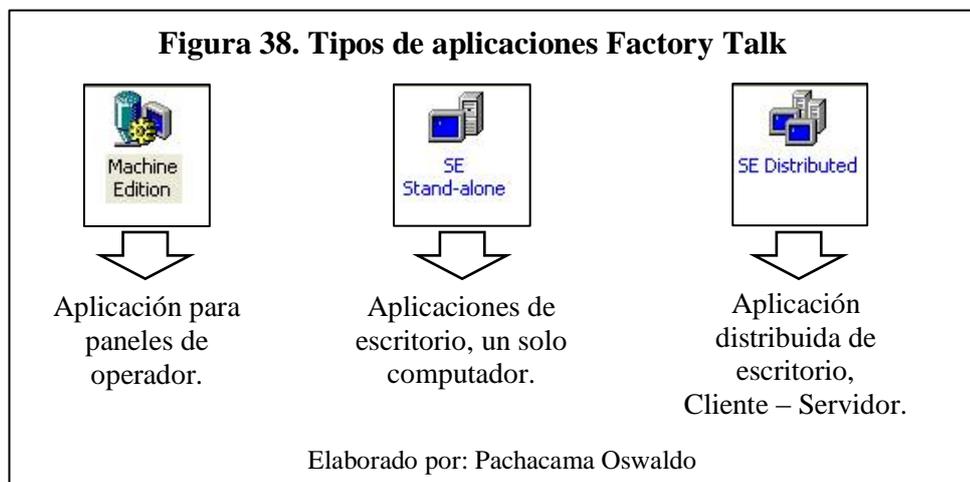
3.2 Implementación HMI-SCADA

Con la programación de los PLC de control de clima y transporte, ya se cuenta con las rutinas necesarias para el manejo de la línea de producción, pero únicamente se encuentran a nivel de controladores, por lo tanto es necesario contar con la interfaz para interactuar entre los equipos de campo y el operador. El siguiente paso es el

desarrollo del sistema HMI – SCADA, que interactuará con los PLC, para visualización control y monitoreo de las variables de campo.

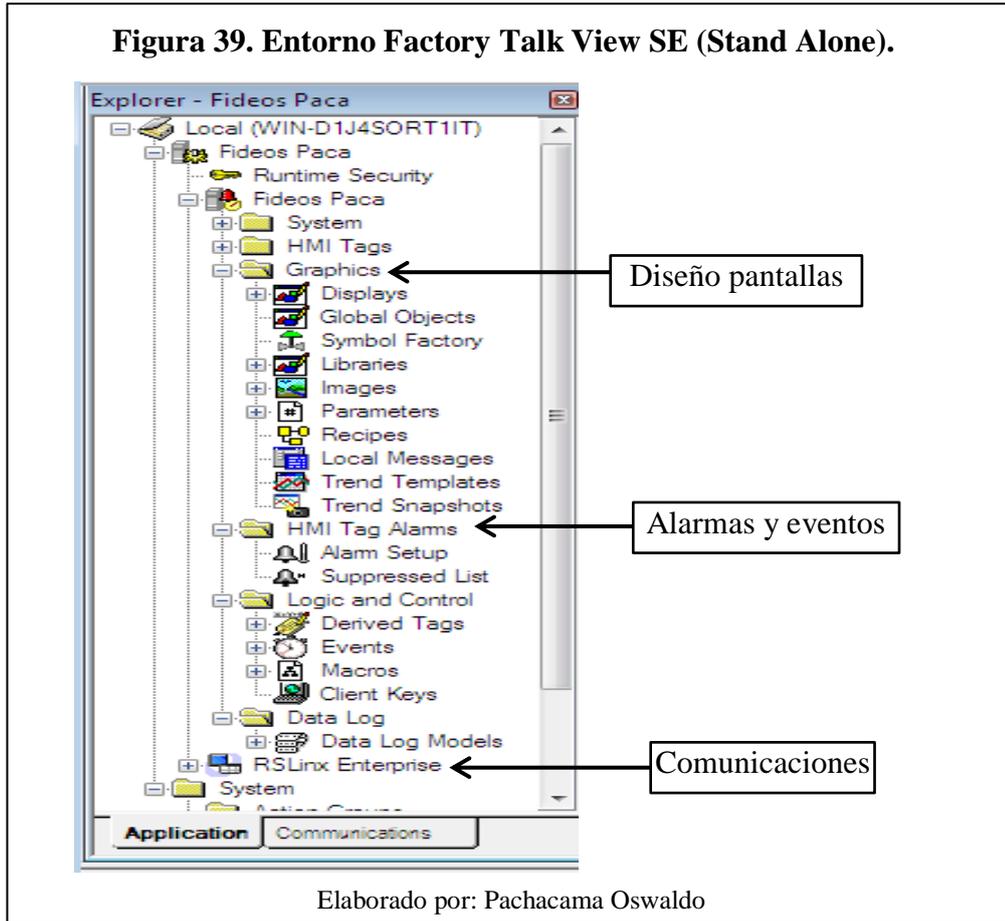
Existen en el mercado un número importante de software que cumplen las características de HMI, para el desarrollo de este sistema se aplicará la línea Rockwell Software con su plataforma FACTORY TALK VIEW STUDIO (FTV), herramienta que pertenece a la marca Allen Bradley con total compatibilidad con los PLC de la misma marca.

La plataforma FACTORY TALK VIEW, tiene la característica de desarrollo dedicado para aplicaciones industriales, las que incluyen paneles de operador (FTV ME) y sobre PC's (FTV SE), figura 38. El desarrollo de aplicaciones de escritorio incluyen, Stand Alone “SE” (una estación), y network “SE” (distribuida/cliente-servidor). Para el caso de esta aplicación será programado bajo la característica de una sola estación “SE Stand-Alone”.



Las etapas que intervienen en el desarrollo del sistema se encuentran integradas en la misma interfaz de construcción, figura 39.

Figura 39. Entorno Factory Talk View SE (Stand Alone).



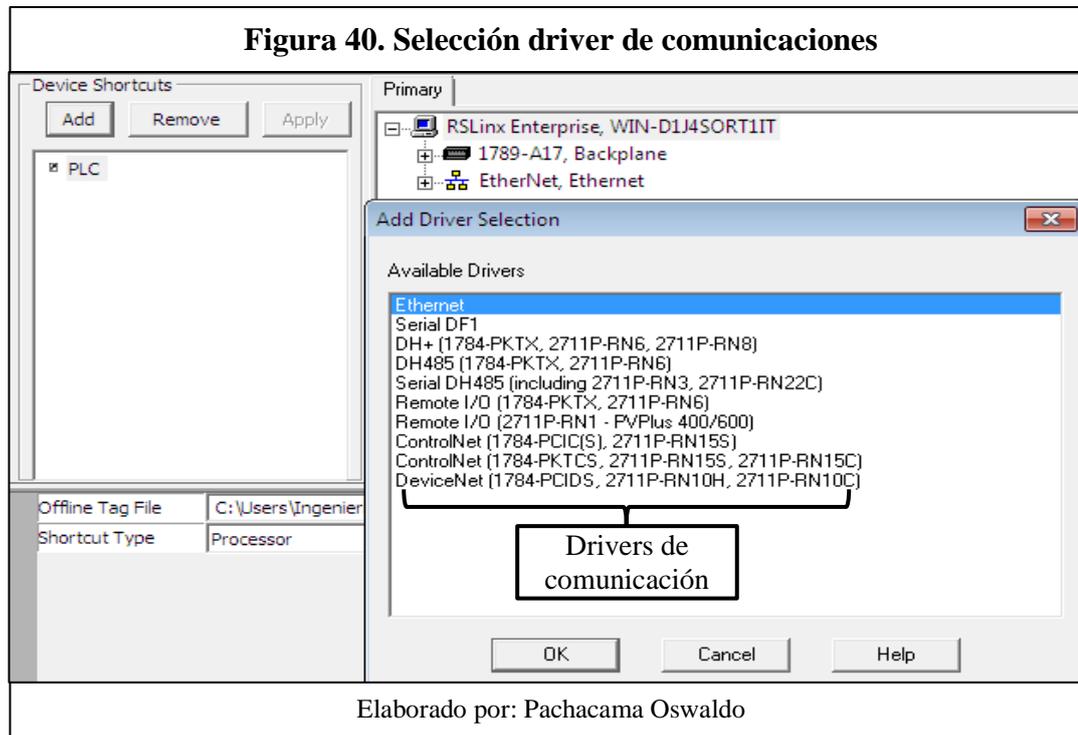
La construcción del sistema HMI – SCADA bajo la modalidad Stand-Along cuenta con tres etapas: estructura de comunicaciones, diseño de pantallas y configuración de alarmas.

3.2.1 Comunicaciones.

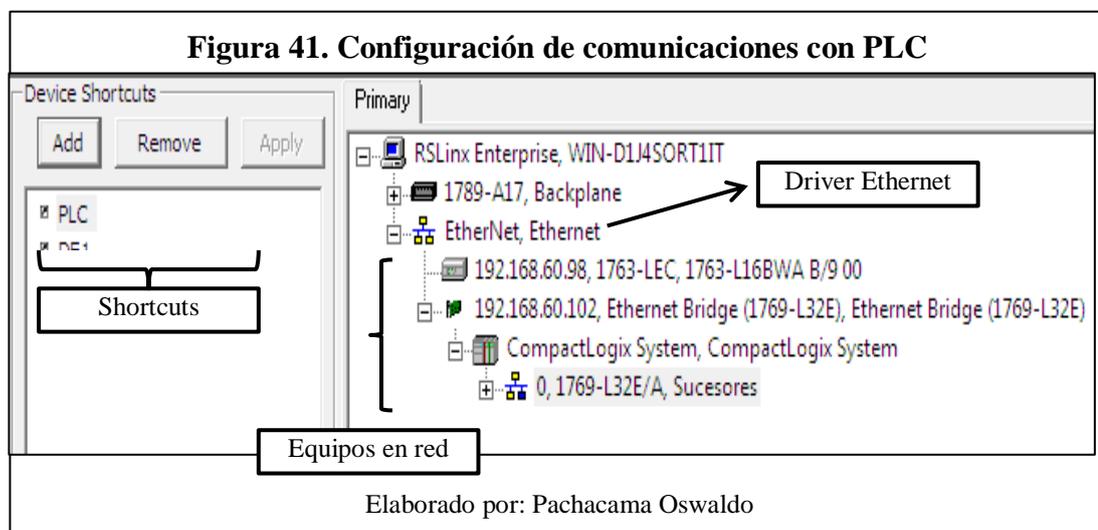
La estructura de comunicación es básicamente la configuración del enlace de comunicaciones entre el PLC y la interfaz. Esta configuración se la realiza dentro de la propia plataforma de desarrollo en la sección “RsLinx Enterprise”, figura 40.

Esta herramienta brinda las prestaciones de comunicación directa con equipos de la marca Allen Bradley mediante los distintos drivers de comunicación como son: Ethernet, Serial DF1, DH+, DH485, ControlNet, DeviceNet, entre otros. Siguiendo la estructura del sistema de control antes descrito, tanto el PLC de transporte como control de clima abarcan la red de comunicación Ethernet.

Con lo antes expuesto se realiza la configuración del driver Ethernet, figura 40, el mismo que una vez agregado realiza una búsqueda automática para encontrar posibles equipos conectados a la red Ethernet.



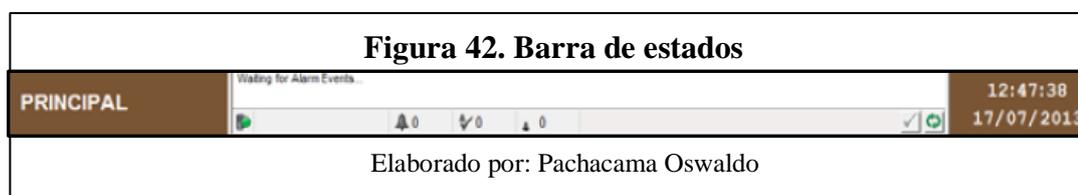
Una vez terminada la búsqueda se crean “shortcuts” que son los nombres identificadores para el enlace entre el equipos e interfaz, los mismos que corresponderán a cada uno de los PLC’s que intervendrán en la comunicación.



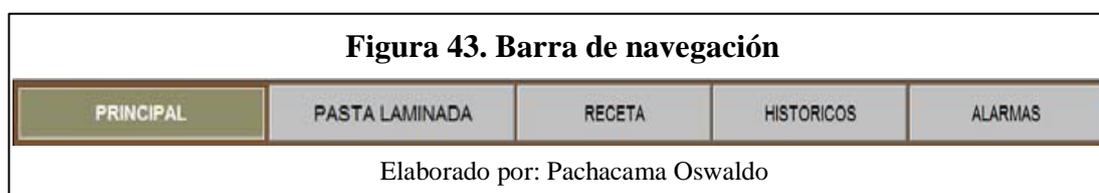
3.2.2 Entorno de trabajo.

Una vez cumplida la etapa de comunicación, el siguiente paso es el diseño de pantallas para proceso de control y monitoreo, en el cual se consideran tres partes: barra de estados, pantallas de proceso y barra de navegación.

La barra de estados (figura 42), se encuentra en todas las pantallas de proceso, puesto que, contiene la información general del sistema, tal como ubicación de la pantalla actual, hora, fecha y un banner de alarmas, donde el operario contará con la sucesión de alarmas de relevancia durante el proceso. Este banner contiene la información básica de la alarma, para mayor detalle y reconocimiento se deberá direccionar a la pantalla dedicada de alarmas del sistema para su reconocimiento y verificación.



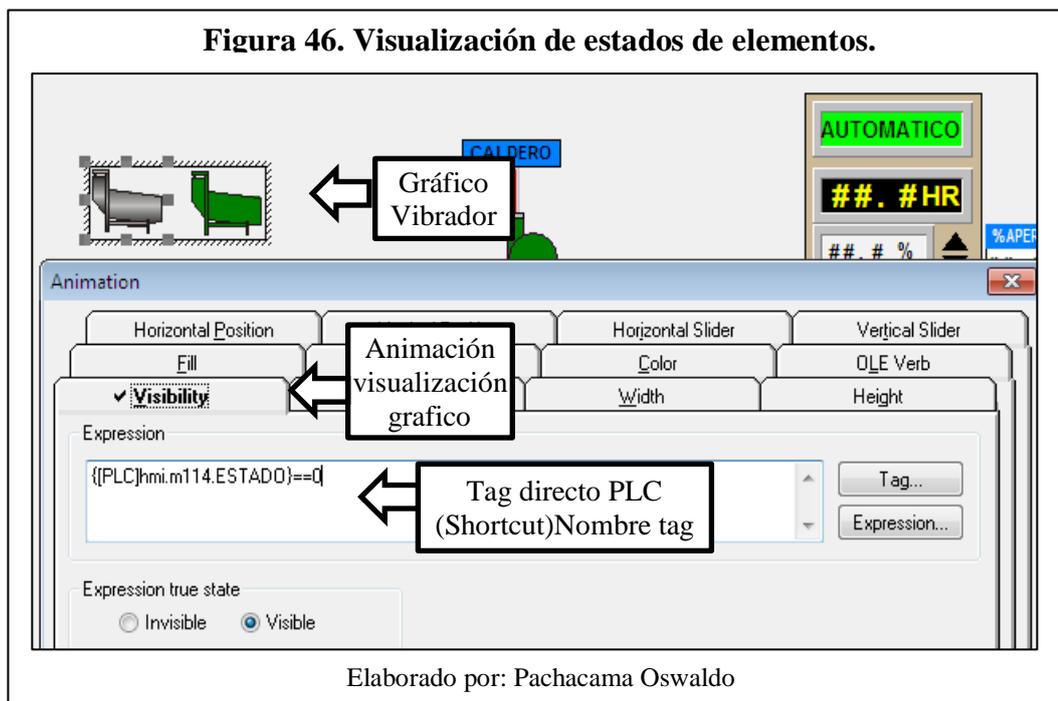
La barra inferior en la figura 43, permite el acceso hacia todas las subdivisiones del proceso (pantallas de proceso), de forma sencilla, rápida y desde cualquier parte del sistema.



Las pantallas de proceso (figura 44), proporcionan gráficamente todo lo que se está llevando a cabo en la maquinaria, tanto valores referenciales, lectura de variables, tales como la temperatura - humedad, estado de ventiladores y motores, etc.

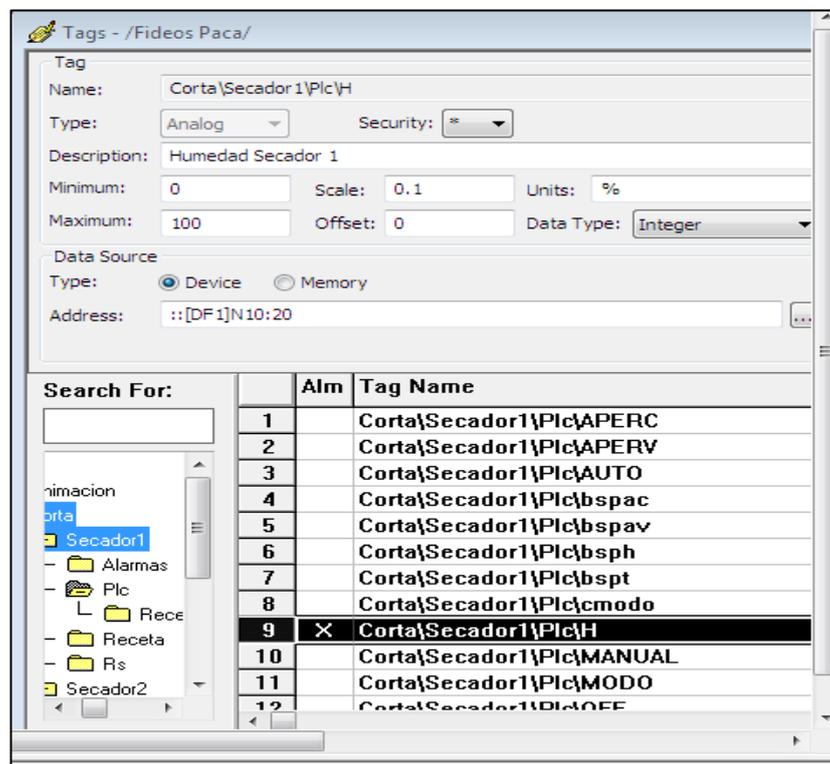
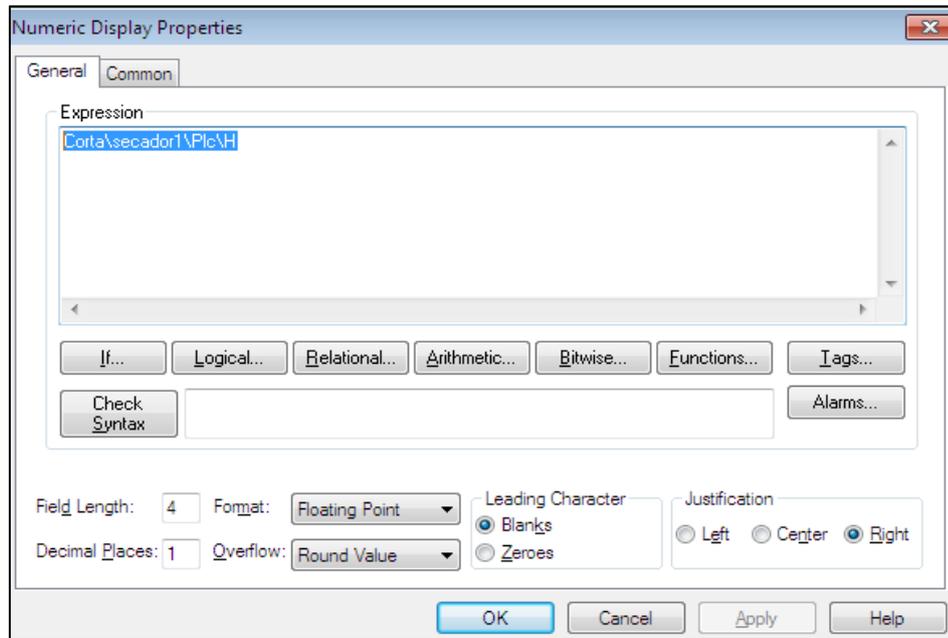


La asignación de visibilidad se la realiza con la opción “Visibility” sobre cada gráfico. Para el ejemplo de la figura 46, se realiza a través de tags directamente desde el PLC haciendo referencia al shortcut asociado en la configuración de comunicaciones. Acorde con la programación del PLC, el estado con valor 0 corresponde a apagado, valor 1 encendido y un tag independiente con valor para falla en caso de estarlo.



Por el contrario, el ejemplo en la figura 47, muestra la asignación mediante tags creados en la plataforma FTV, donde se crean nombres de tags con características determinadas como: tipo de dato, máximo, mínimo, escalas, descripción y la asociación con el PLC.

Figura 47. Asignación de tags plataforma FTV

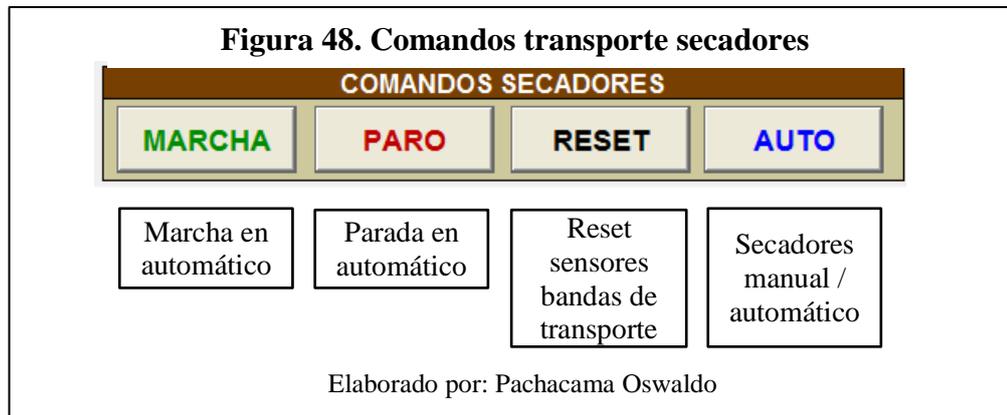


Elaborado por: Pachacama Oswaldo

3.2.3.1 Transporte.

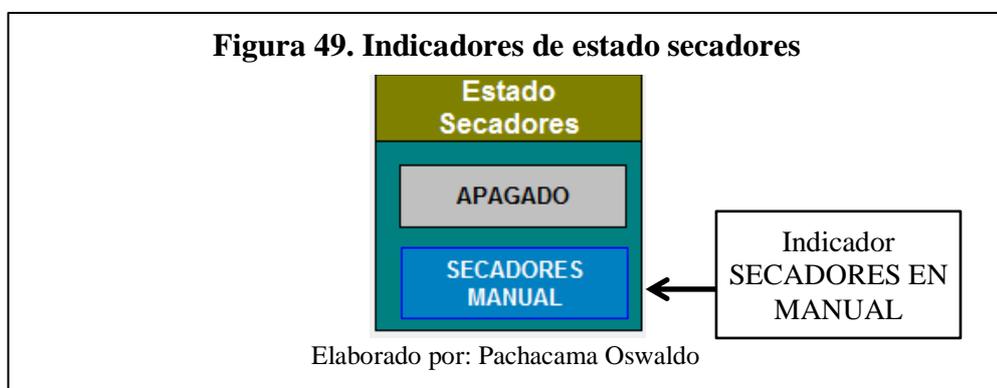
Para el transporte del producto, la pantalla de proceso cuenta con la capacidad de arranque de motores involucrados en la secuencia de transporte. El proceso de arranque del transporte del producto consta de dos opciones de arranque: manual y

automático. En la figura 48, se puede evidenciar la barra de comandos para arranque de los secadores, la misma que se encuentra ubicada al inferior de la pantalla de proceso de secado.



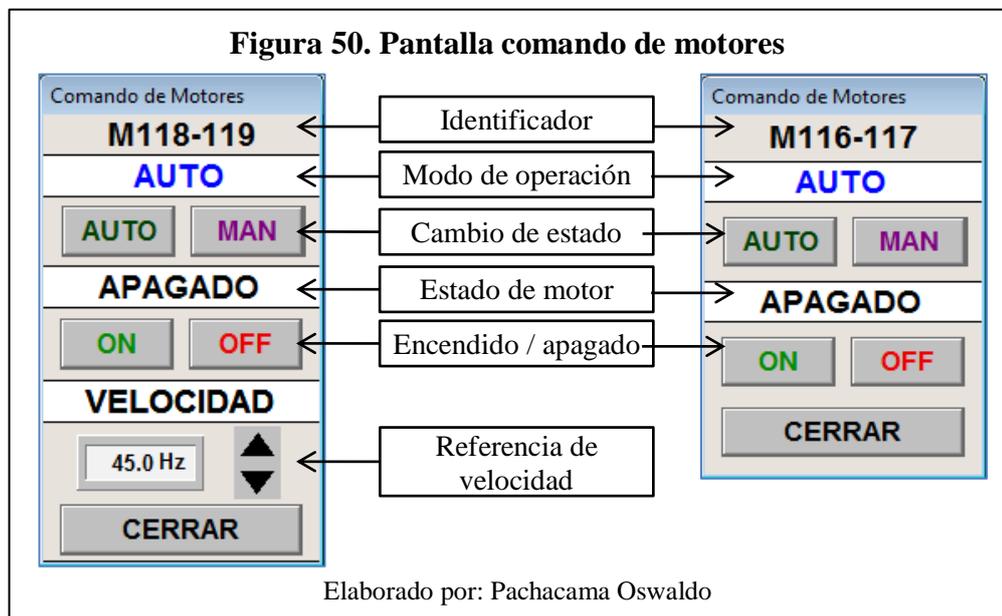
El proceso de arranque manual se da en caso de mantenimiento de uno o varios motores en específico, o a su vez si se requiere mover secciones del transporte sin involucrar todos los motores de la secuencia. Por el contrario, el modo automático involucra la activación de todos los motores en secuencia para el transporte. Los comandos que intervienen en el arranque automático “arranque”, “paro”, realizan la inicialización de todos los motores que intervienen en el transporte.

Una vez que se activa la función de manual / automático, se podrá evidenciar en el recuadro de estados (figura 49), que los secadores se encuentra en dicho modo.



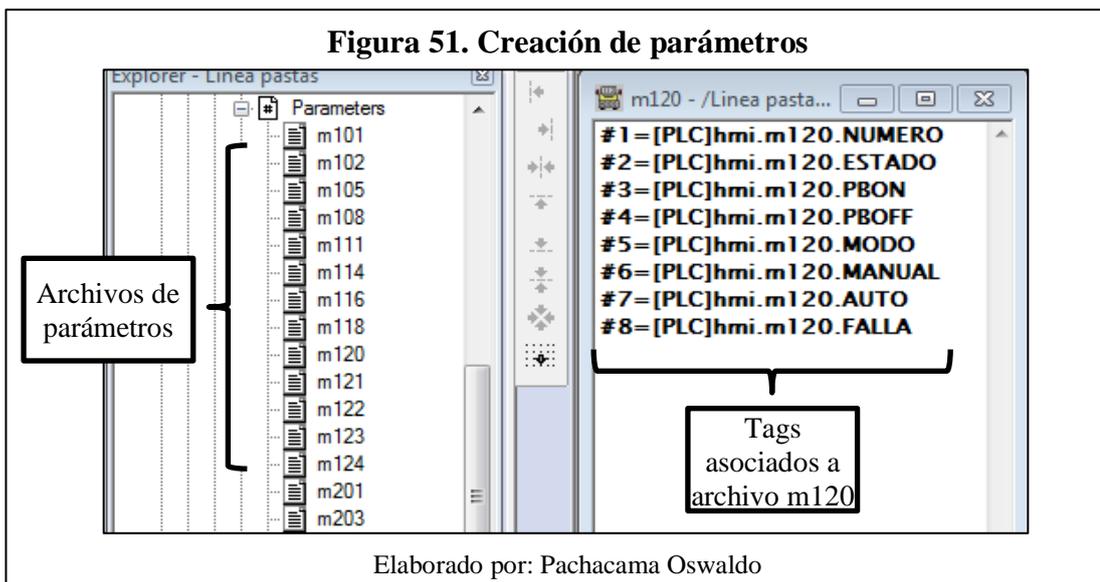
Además, el recuadro de secadores (figura anterior) muestra el estado que se encuentran los secadores, con indicadores como apagado, en arranque, encendido, suspendido, falla. Estos estados se evidencian en la tabla 24, los mismos que fueron previamente programados a nivel de PLC.

Cada uno de los gráficos de motores están asociados a pequeñas pantallas que contienen la información de comandos, dependiendo de la característica del motor se desplegará la pantalla con sus indicadores y mandos respectivos. Acorde con la figura 50, se puede evidenciar los indicadores y comandos con los que cuenta cada motor.



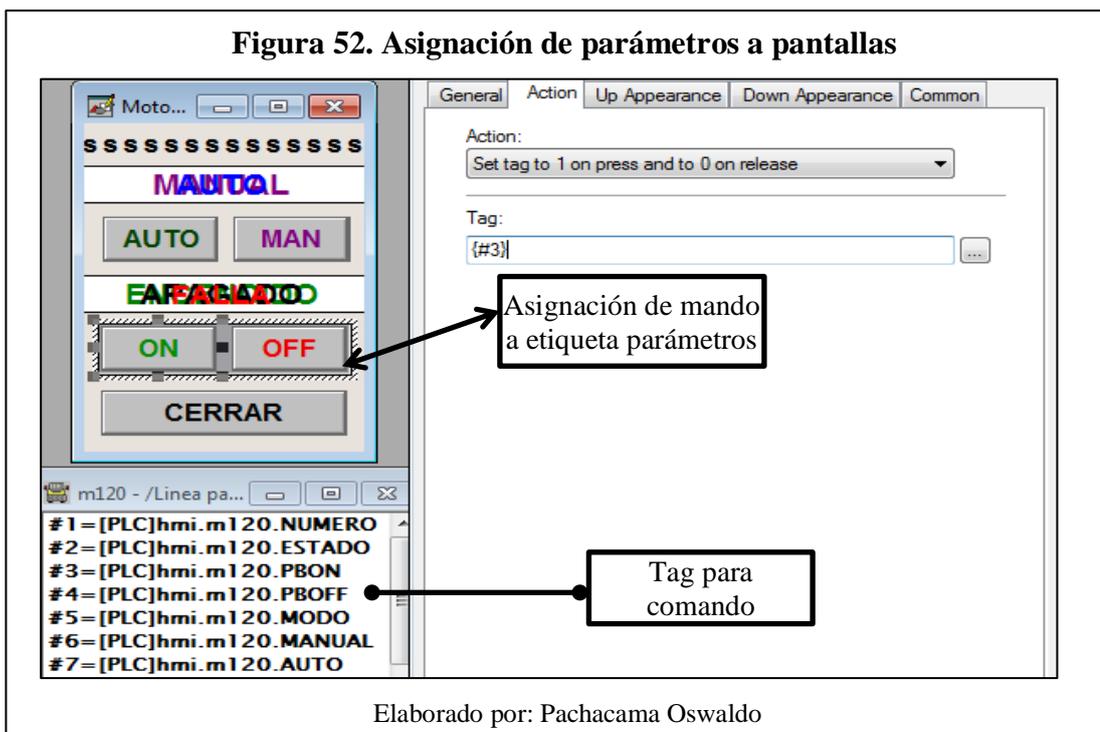
Como la plataforma FTV cuenta con licencia en relación a pantallas de diseño, el crear varias presentaciones con las características de cada motor llevarían a rebasar la licencia, la herramienta de desarrollo cuenta con el uso de parámetros los mismos que son creados de tags con numeración para ser llamados a través de un archivo; así la figura 51 muestra como ejemplo la creación de archivos de parámetros con tags y numeración asociados a un motor.

Figura 51. Creación de parámetros



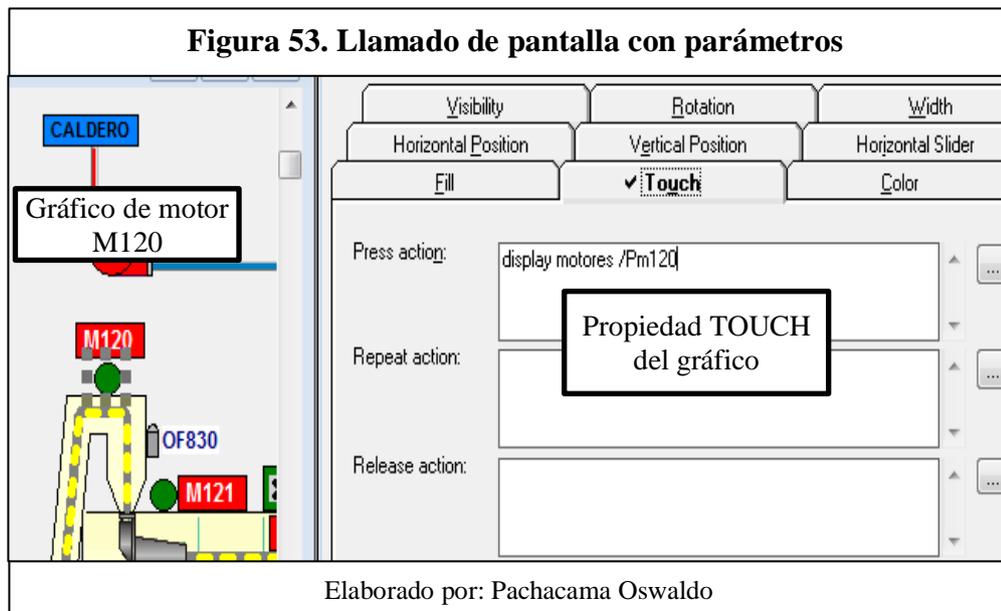
Una vez que son creados los archivos con parámetros, los gráficos de motores deben ser asociados a la pantalla correspondiente con su respectivo archivo de parámetros, como indica la figura 52, en la que se asocia el indicador o comando a la etiqueta numerada correspondiente a su función o acción.

Figura 52. Asignación de parámetros a pantallas



Una vez realizado la asignación, resta el llamado de la pantalla con el listado de parámetros correspondientes a cada motor, con la propiedad TOUCH asociada al

gráfico del motor, se establece el nombre de la pantalla acompañado del nombre del archivo con el conjunto de parámetros (Figura 53).



3.2.3.2 Control de clima.

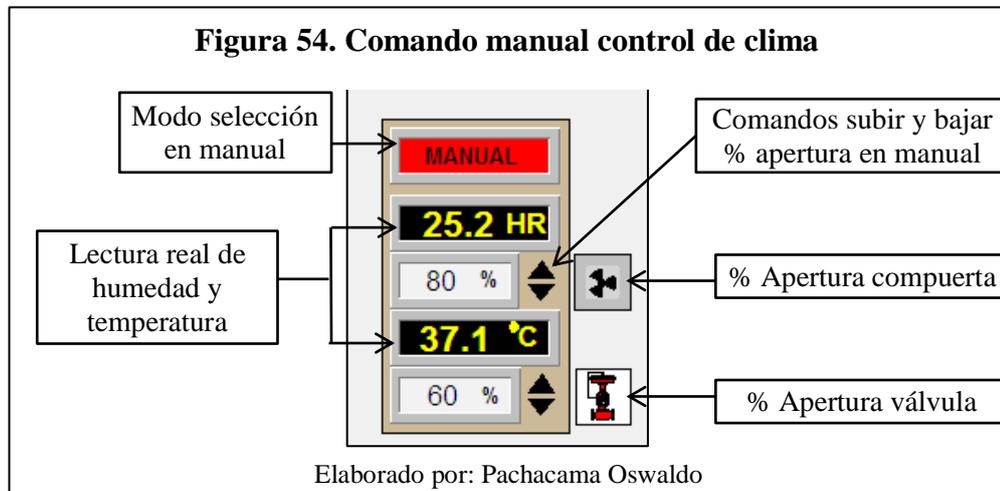
Los comandos para el control de clima dentro de la interfaz son muy importantes en toda la etapa de elaboración del producto, desde el pre-calentamiento de secadores hasta la evacuación del producto.

El mando del control de clima se da por la configuración de valores ideales para la elaboración, para este efecto tenemos la configuración de recetas, las cuales se describirán más adelante.

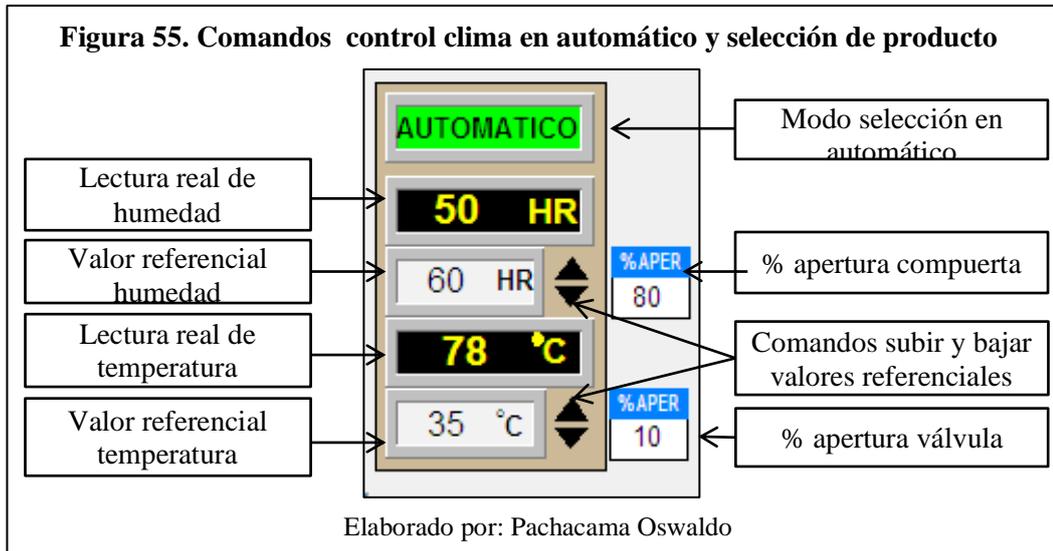
Para el control del clima el proceso cuenta con dos controles fundamentales que son: una válvula proporcional de paso de agua caliente y una compuerta de evacuación de humedad, las mismas que pueden ser activadas para su trabajo en automático o manual.

El comando en manual permite que tanto válvula como compuerta sean manipuladas dentro de los rangos establecidos para su funcionalidad, es decir, su apertura de 0% a 100%. Esta acción es específicamente para trabajos en relación al mantenimiento de instrumentos, esto significa que de darse el caso de una calibración o posible falla, la interfaz permite realizar la acción de apertura y cierre a voluntad del operador.

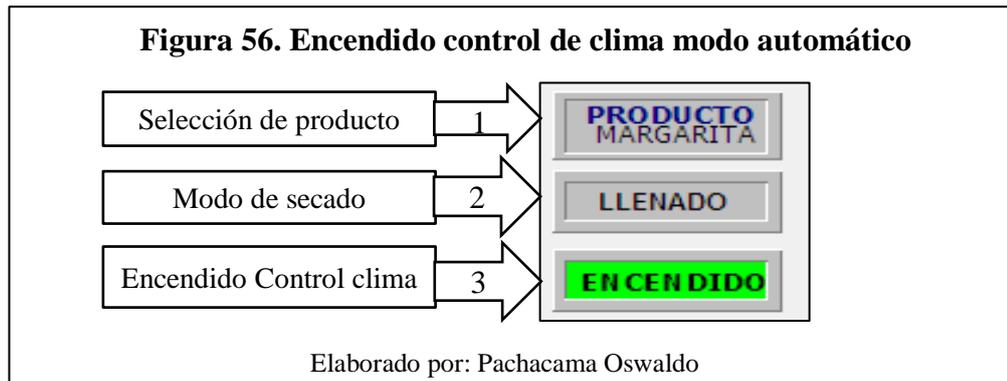
Como indica la figura 54, existe un panel de lecturas de variables y comandos para el control de clima, en el que se puede observar los indicadores de temperatura y humedad real, el botón de modo de selección sea manual o automático y para el caso de estar en acción manual, el porcentaje de apertura tanto de válvula como de compuerta con sus respectivos botones de apertura y cierre.



Por el contrario, el comando en automático en la figura 55 es utilizado en el proceso de producción normal de la línea. Esta selección al igual que en modo manual, cuenta con la visualización de las medidas reales de humedad y temperatura, además de ello, se puede evidenciar la presencia de los valores referenciales del producto que se va a elaborar en unidades propias de humedad y temperatura, como estos valores son referenciales pueden ser modificados durante el proceso de producción con los botones subir y bajar. Como un apoyo para el proceso de producción se incluye la visualización de los porcentajes de aperturas tanto de la válvula como compuerta.

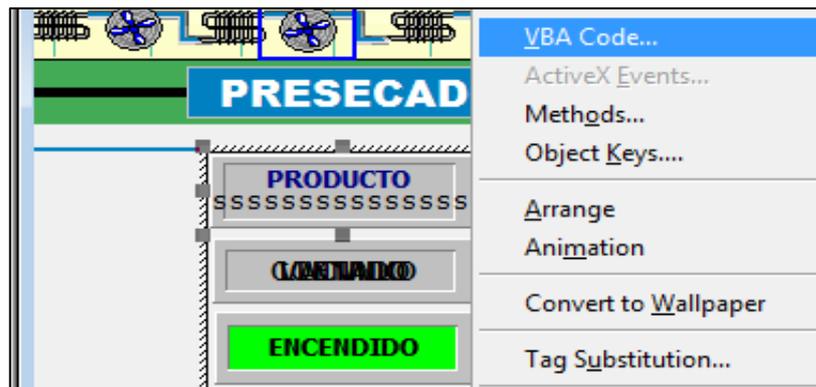


Para seleccionar el formato de fideo, despliega una pequeña pantalla con el modo de secado, este permite identificar los valores referenciales de acuerdo a la etapa del secado en la que se encuentre. Cada producto tiene tres etapas de elaboración: llenado, continuo y vaciado (figura 56), que al seleccionar cada uno de ellos se cargan nuevos valores referenciales para el modo automático.



La selección del producto y modo del control de clima está desarrollada bajo la herramienta Visual Basic For Application embebido en cada una de las pantallas de diseño, lo que permite la programación sobre cualquiera de los objetos que se encuentren en el diseño de la interfaz (figura 57).

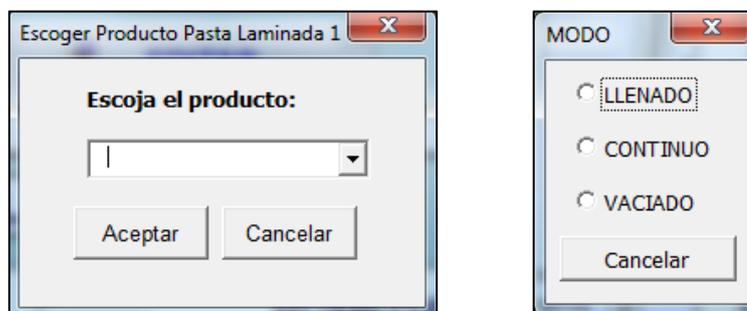
Figura 57. Programación Visual Basic embebido



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

La programación en Visual Basic comprende la selección de producto, modo de secado y encendido de control de clima, como se puede apreciar en la figura 58.

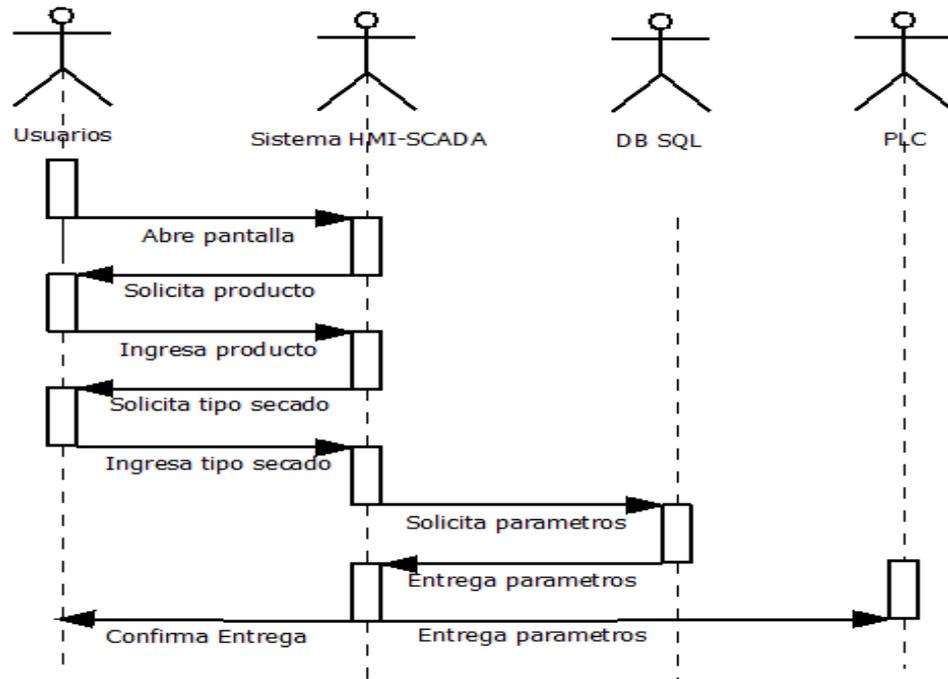
Figura 58. Selección de producto para control de clima



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Con la creación de pantallas para selección de parámetros, el diagrama de secuencia para la intervención de las mismas se detalla a continuación en la figura 59.

Figura 59. Diagrama de secuencia selección de producto para control de clima



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

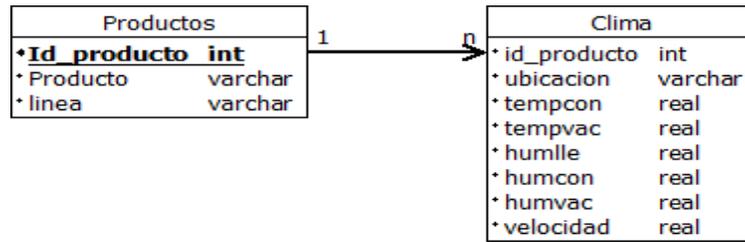
Con la interacción de pantallas se recoge la información de un producto determinado de la base de datos y estos valores son pasados a nivel de PLC para su operación.

3.2.4 Pantalla recetas.

La configuración de recetas y selección del producto se realiza mediante el acceso a una base de datos desarrollada en SQL Server 2008 R2, la misma que se instala como requerimiento de la plataforma FTV.

La construcción de la base de datos está bajo el criterio del modelo relacional, a continuación se representa el modelo descriptivo de la información que contiene el manejo de recetas.

Figura 60. Modelo descriptivo base de datos



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Con el detalle del modelo descriptivo a continuación se presenta el modelo físico que contiene la información de recetas con los valores ideales de cada producto. En la tabla 26 y 27 se muestra la representación de campos y sus características que intervienen en el diseño físico de la base de datos.

Tabla 26. Tabla Productos

Campo	Tipo de dato	Tamaño	Descripción
Id_producto(PK)	Entero	8	Identificador del producto.
Producto	Alfanumérico	30	Nombre del producto.
Línea	Alfanumérico	30	Línea a que pertenece el producto.

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

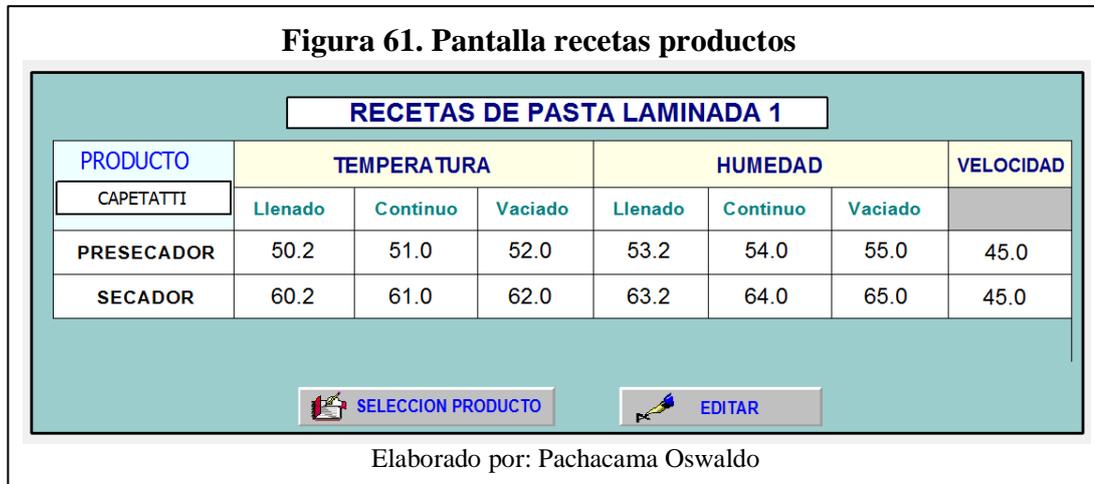
Tabla 27. Tabla Clima

Campo	Tipo de dato	Tamaño	Descripción
Id_producto	Entero	8	Identificador del producto.
Ubicación	Alfanumérico	30	Secador1 - Secador2
Templle	Real	4	Temperatura etapa llenado.
Tempcon	Real	4	Temperatura etapa continuo.
Tempvac	Real	4	Temperatura etapa vaciado.
Humlle	Real	4	Humedad etapa llenado.
Humcon	Real	4	Humedad etapa continua.
Humvac	Real	4	Humedad etapa vaciado.
Velocidad	Real	4	Velocidad transporte.

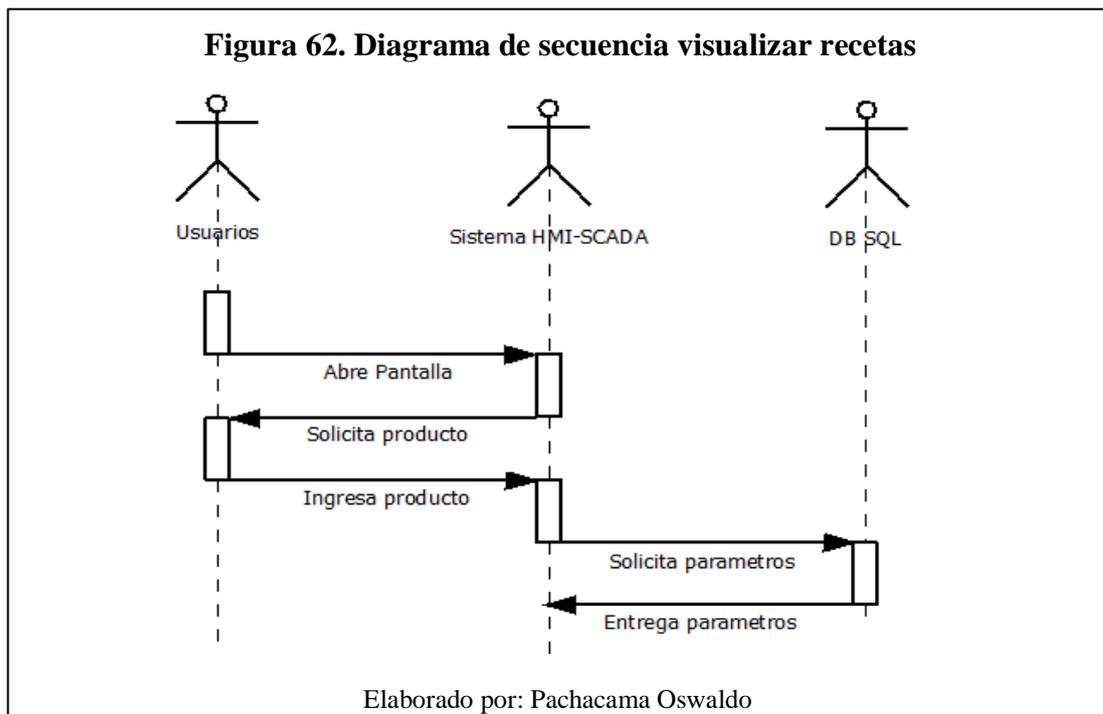
Elaborado por: Pachacama Oswaldo

El modelo de la base de datos está desarrollado para el control de dos líneas de producción, por ello en la tabla productos se describe el número de línea, para el caso del desarrollo de este proyecto únicamente se hará referencia a una de ellas, la denominada “BR-500”.

Los valores tomados de la base de datos, son en relación a datos referenciales del proceso, los que están ubicados en la pantalla de recetas figura 61. Esta contiene la información para consulta y modificación de las variables de temperatura, humedad y velocidad de las bandas de transporte, en cada una de las etapas.



Para el caso de consulta de parámetros la siguiente figura detalla el diagrama de secuencia entre los actores y el sistema.



Para la consulta de datos por medio de Visual Basic se realiza la conexión ActiveX Data Object (ADO), y el almacenamiento a través de un Recordset. Como se puede

evidenciar en la figura 63, se puede mostrar el código fuente de una clase “Productos”, utilizada para acceso a la base de datos y asignación de productos a un ComboBox.

Figura 63. Conexión a base de datos.

```
Sub productos()  
    '-----Libera memoria  
    Set cnb = Nothing  
    Set rstb = Nothing  
    '----creación los objetos  
    Set cnb = New ADODB.Connection  
    Set rstb = New ADODB.Recordset  
    '-----ABRE BASE DE DATOS  
    cnb.Open "dsn=conexion1"  
    '-----Consulta a la base de datos  
    rstb.Open "select * from productos where linea= 'UNO'",  
cnb,  
        adOpenDynamic, adLockOptimistic  
  
    rstb.MoveFirst  
  
    Do While Not rstb.EOF  
        EscojaCorta.AddItem rstb!Producto  
        rstb.MoveNext  
    Loop  
    '-----Cierra conexiones  
    rstb.Close  
    cnb.Close  
End Sub
```

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Al realizar la consulta a la base de datos es necesario pasarlos a tags que puedan ser interpretados por la interfaz para su visualización dentro de la plataforma FTV (figura 64).

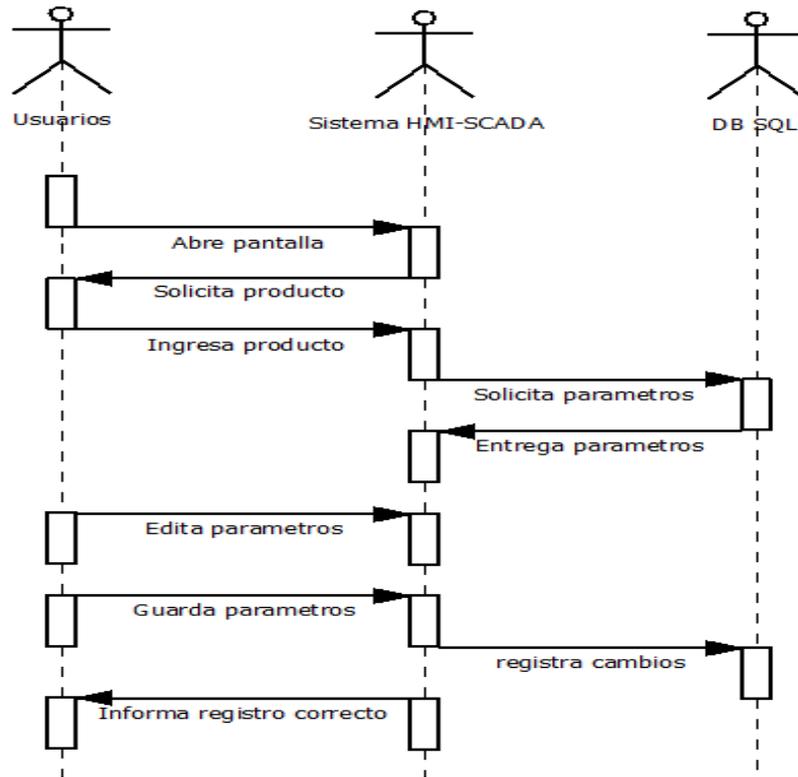
Figura 64. Asignación de datos a tags de interfaz FTV

```
'-----Asignacion variables locales a tags FTV
'-----Tags de valores referenciales temperatura - humedad
Secador 1
Set tagsec1sph11 = grupo.Item("Corta\secador1\receta\sph11")
Set tagsec1sphco = grupo.Item("Corta\secador1\receta\sphco")
Set tagsec1sphva = grupo.Item("Corta\secador1\receta\sphva")
Set tagsec1spt11 = grupo.Item("Corta\secador1\receta\spt11")
Set tagsec1sptco = grupo.Item("Corta\secador1\receta\sptco")
Set tagsec1sptva = grupo.Item("Corta\secador1\receta\sptva")
'-----Tag de valor referencial velocidad Secador 1
Set tagvelsec1 = grupo.Item("Corta\secador1\receta\velocidad")
'-----Asignacion valores de consulta base de datos a tags
tagsec1spt11.Value = rstb1!templle
tagsec1sptco.Value = rstb1!tempcon
tagsec1sptva.Value = rstb1!tempvac
tagsec1sph11.Value = rstb1!humlle
tagsec1sphco.Value = rstb1!humcon
tagsec1sphva.Value = rstb1!humvac
```

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Además, la visualización de parámetros de recetas, la pantalla permite la edición de valores. La edición de parámetros de recetas se detalla en la siguiente figura que ilustra el respectivo diagrama de secuencia para el efecto.

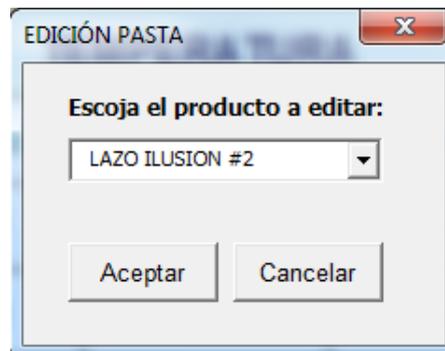
Figura 65. Diagrama de secuencia editar recetas



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Para la edición de recetas se implementa pantallas propias del entorno Visual Basic (figura 66 y 67) que permiten una interacción directa con la base de datos a través de código y, a la vez permite la disminución de uso de pantallas de FTV, como antes fue mencionado, son limitadas a la licencia.

Figura 66. Pantalla de selección para edición de recetas



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Figura 67. Pantalla edición de recetas

EDICIÓN DE RECETAS

PRODUCTO EN EDICIÓN : LAZO ILUSION #2

	TEMPERATURA [°C]			HUMEDAD [%HR]			VELOCIDAD [Hz]
	LLENADO	CONTINUO	VACIADO	LLENADO	CONTINUO	VACIADO	
PRESECADOR	58	58	58	50	50	50	75
SECADOR	38	38	38	67	67	67	75

Guardar Cancelar

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

3.2.5 Pantalla registro histórico.

Un punto por el cual es muy útil una interfaz HMI – SCADA, es la implementación de registro histórico de variables de proceso. Para el efecto, se realiza la creación de almacenamiento de los valores que involucran el control de clima como son temperatura, humedad y sus respectivos valores referenciales como indica la figura 68.

Figura 68. Selección visualización de curvas históricas

VISIBILIDAD PENS

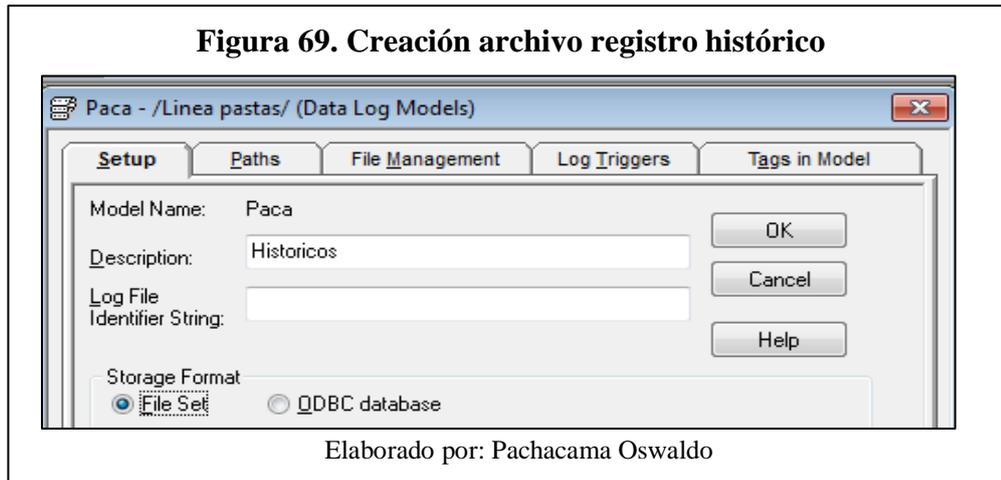
- Hum. PreSecador
- Set Point Humedad
- Temp. PreSecador
- Set Point Temp.

RESET

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

El manejo de almacenamiento de registros históricos es configurado desde la misma interfaz de desarrollo, creando un archivo “Data Log”. Como se puede apreciar en la figura 69, este archivo es configurable para cumplir con las necesidades acorde al evento que se desee registrar, existen cinco pestañas para el efecto.

Figura 69. Creación archivo registro histórico



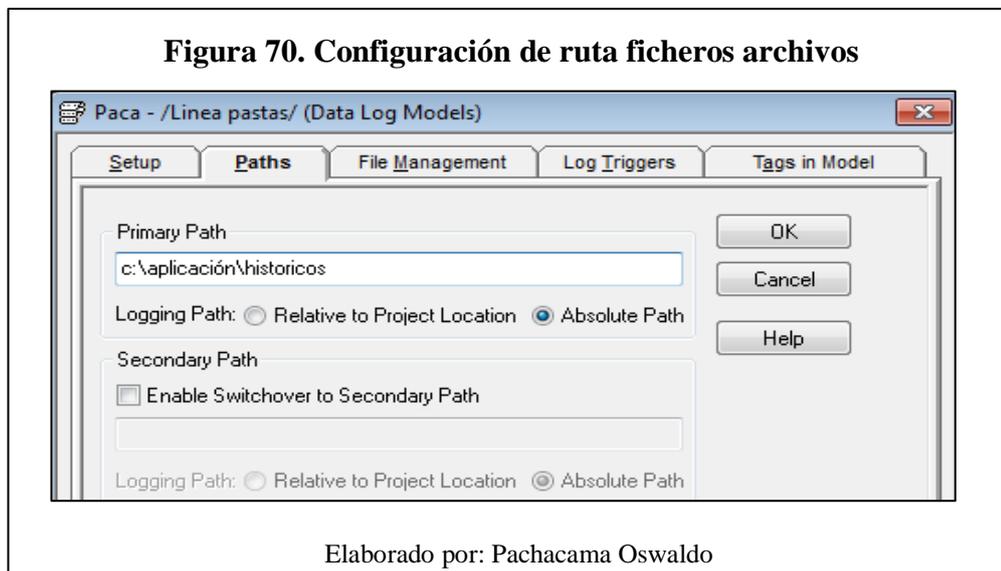
Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Para la creación del registro histórico se realiza la configuración de la siguiente manera:

Configuración de archivo: Básicamente es la selección del formato de almacenamiento (figura 70), para este caso se realiza bajo la modalidad de archivo. Al escoger esta modalidad, el conjunto de datos de registro serán almacenados en archivos propietarios con la extensión DAT.

Destino de registro de datos: La figura 70, ilustra la ruta del fichero de archivos donde se van a alojar los mismos, para ello se pueden configurar dos rutas de almacenamiento con dirección absoluta creada por el usuario ó la dirección donde está localizado el proyecto. Además, existe la opción de crear una ruta secundaria de almacenamiento con las mismas características de la primaria.

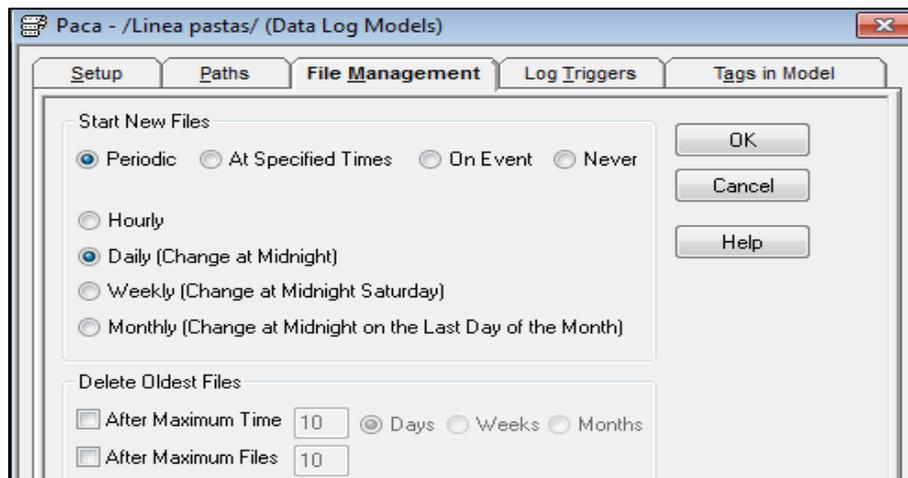
Figura 70. Configuración de ruta ficheros archivos



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Manejo de archivos: Permite configurar la creación del archivo, para la aplicación este es creado periódicamente con frecuencia diaria como indica la figura 71. Además, esta opción permite modelar el criterio de eliminación por número de archivos o por tiempo de archivos pasados.

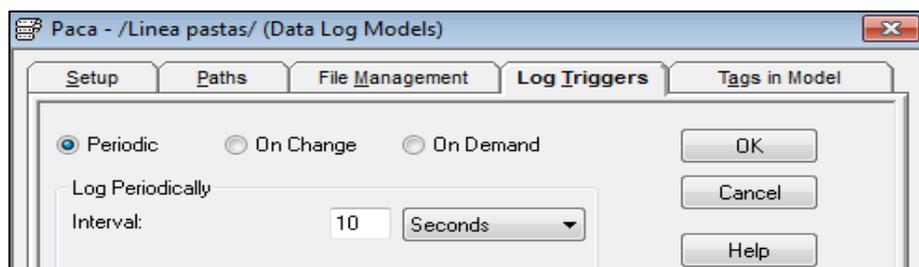
Figura 71. Configuración manejo de archivos históricos



Elaborado por: Pachacama Oswaldo

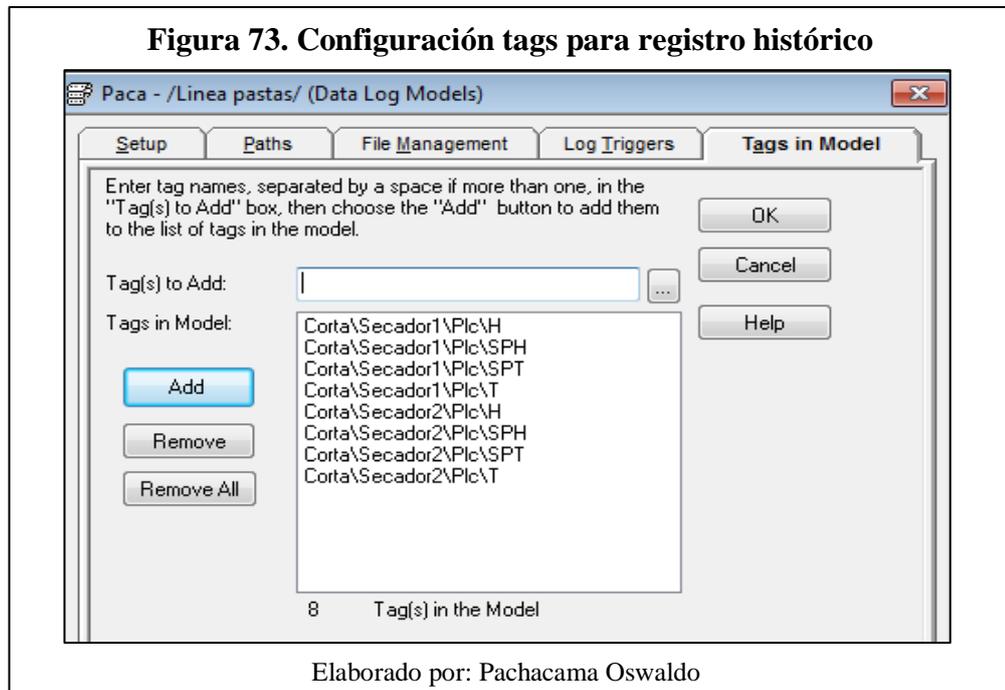
Disparador de registro: Indica el momento en el cual se realizará el registro de las variables en el fichero, acorde con la figura 72 para este caso por la importancia con que se deben generar los registros de temperatura y humedad, estará activado el disparador periódico con una frecuencia de 10 segundos.

Figura 72: Configuración disparador de registro

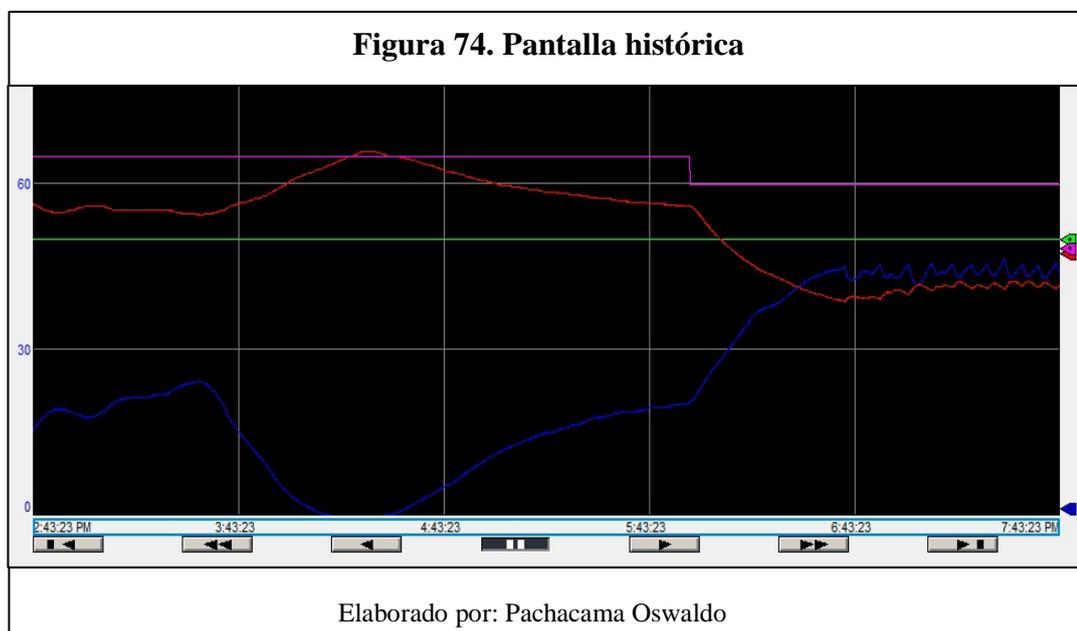


Elaborado por: Pachacama Oswaldo

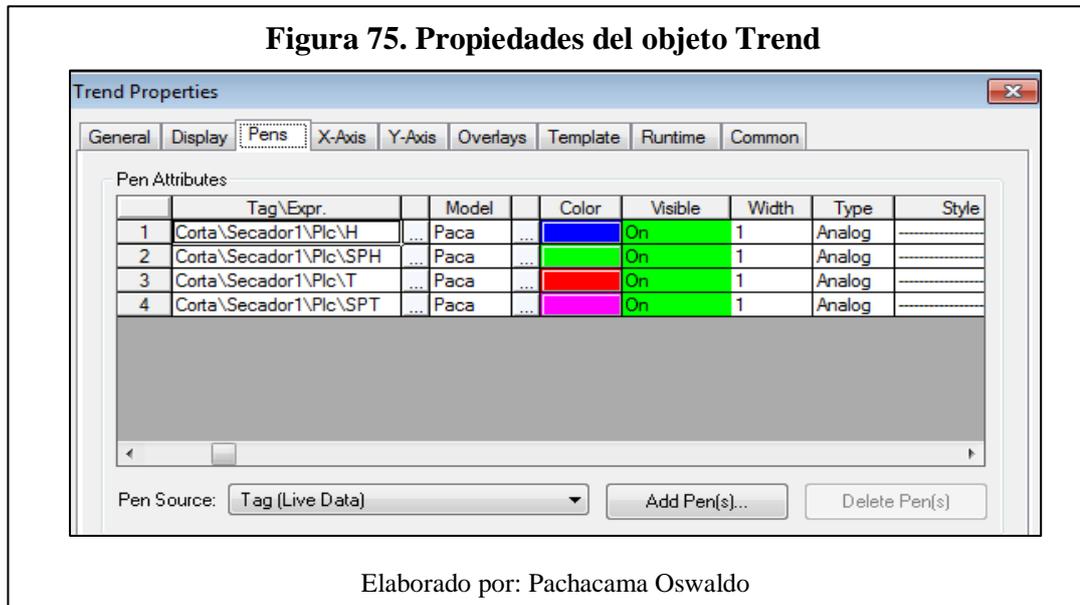
Tags de registro: Como se puede apreciar en la figura 73, esta sección permite el ingreso de los tags que serán registrados en el fichero histórico. Para el caso se registran los valores de temperatura y humedad tanto reales como referenciales.



Una vez realizada la configuración de los archivos para registro, resta por desarrollar la consulta para visualizar dichos datos sobre la interfaz. Como se indica en la figura 74, la pantalla histórica cuenta con recuadro de tendencias (trens), que es un objeto propio de la plataforma FTV para el desarrollo de históricos.

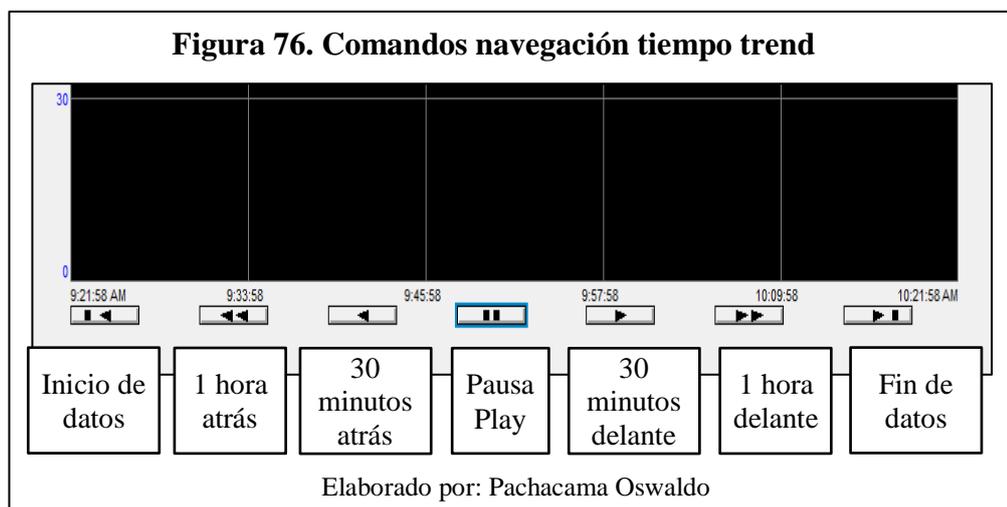


El objeto Trend cuenta con propiedades de configuración las que se pueden evidenciar en la gráfica (figura 75), que son agregados los elementos que serán mostrados.



Este objeto permite agregar cada una de las variables que se van a visualizar con sus características como color, visibilidad, espesor de línea, tipo de variables y estilo de línea. Además, de la asociación al archivo “Data Log” antes descrito para tener la capacidad de regresar a eventos pasados.

Para el efecto de regresión a eventos pasados, existe la barra de navegación propia del Trend, el cual permite movilizar a través del tiempo como indica la figura 76.



Para un mejor manejo de variables sobre esta pantalla, se incluye la programación sobre Visual Basic para visualización de las curvas generadas por las variables de humedad y temperatura. Como indica la figura 77 y 78, se aplica propiedades del objeto TREND en código para la manipulación tanto de variables como del espectro de visualización en la gráfica.

Figura 77. Visualización de pluma valor referencial humedad (pen).

```

`evento click CheckBox para escoger pen para visualización
Private Sub CheckBox34_Click()

If CheckBox34.Value = True Then
    `evento visibilidad para pen #2 valor referencial
    humedad
    Trend1.Pens(2).Visible = True
Else
    Trend1.Pens (2).Visible = False
End If

End Sub

```

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Figura 78. Manejo de propiedades objeto trend sobre código

```

`evento sobre botón reset histórico
Private Sub Button1_Released()
    `cancela zoom sobre trend
    Trend1.CancelZoom
    `pausa la visualización en tiempo real
    Trend1.Scroll = False
    `inicio del espectro de trend en la hora y fecha actual
    Trend1.XAxis.StartTime = Now
    `campo de visualización de 3600 segundos (1 hora)
    Trend1.XAxis.TimeSpan = 3600
    `muestra en tiempo real la grafica
    Trend1.Scroll = True
    `visualiza las todos los pens en la grafica
    CheckBox33.Value = True
    CheckBox34.Value = True
    CheckBox35.Value = True
    CheckBox36.Value = True
End Sub

```

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

3.2.6 Pantalla alarmas.

A más del registro de variables en la modalidad de curvas históricas, la plataforma FTV permite realizar el registro de actividad en relación a alarmas y eventos, para ello se crea la pantalla que permite el registro de actividades del sistema como son falla de motores y excesos en límites de variables analógicas. En la figura 79, se

puede visualizar la pantalla con el objeto grafico que permite el registro de alarmas y eventos del sistema.

Figura 79. Pantalla de registro de alarmas y eventos

REPORTE DE ALARMAS

✓ 🖨 🔄 SECADOR 🔄

ALARMA	ALARMA RECONOCIDA	DESCRIPCION	VALOR	UBICACION
Waiting for Alarm Events...				

🌐 0 🔔 0 🔌 0 📶 0 🔍 92
Filter: SECADOR Sorted by: Event Time (Ascending)

HISTORIAL

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Un utilitario incluido en la interfaz de diseño debe ser configurado con las alarmas y eventos que se desee desplegar en la pantalla de alarmas. En la figura 80, se muestra la pantalla de configuración de tags para que actúen como alarmas o eventos.

Figura 80. Configuración de tags para alarmas y eventos

All Alarms | Digital | Level | Deviation | Messages | Tag Update Rates

Name	Type	Input Tag	Ack Req'd	Alarm as a Tag	Alarm Class
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS131	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS132	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS133	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS134	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS135	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS136	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS137	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS141	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Secador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS142	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Secador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS143	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Secador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS144	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Secador
FALLA_HMI_LS1	Digital	ALARMAS\fallaLS145	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Secador
FALLA_HMI_M10	Digital	ALARMAS\fallaM101	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_M10	Digital	ALARMAS\fallaM102	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_M10	Digital	ALARMAS\fallaM103	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador
FALLA_HMI_M10	Digital	ALARMAS\fallaM104	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PreSecador

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

La configuración de un tag como alarma cuenta con características principales como un identificador, el tag asociado a la alarma, tipo de dato, mensaje a visualizar y clasificación (Figura 81).

Figura 81. Configuración de tags como alarma

Digital Alarm Properties

Digital | Status Tags | Control Tags

Name: FALLA_HMI_M101

Input Tag: ALARMAS\FallaM101

Condition: Input <> 0 Latched

Severity: 500 Acknowledge required

Minimum duration: 0 Seconds Show Alarm as a Tag

Message: Falla Radiador Extractor M101 Presecador

ID: 23 New... Edit... Browse...

Associated tags:

	Tag Name
	Tag1
	Tag2
	Tag3
	Tag4

Alarm Class: PreSecador

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Una vez creado los tags para accionamiento como alarmas, es necesario mostrar por medio de la interfaz las alarmas y eventos sucedidos en el sistema, el objeto gráfico de la figura 80 (pantalla alarmas), cuenta con características de configuración para personalizar la visualización, como indica la figura 82.

Figura 82. Personalización de objeto grafico para alarmas y eventos

Appearance	Columns	Toolbar	Status Bar	Event Subscriptions	Display Filters	Sort	States	Behavior	Common
Click in cells to set properties. Select a row and click the Move buttons to change the order.									
Show column	Heading text	Width	Align	Format	Sample				
<input type="checkbox"/> Priority	Priority	28	Left	Icon					
<input type="checkbox"/> Severity	Severity	40	Left	Number	800				
<input checked="" type="checkbox"/> Alarm State	Alarm State	28	Left	Icon					
<input checked="" type="checkbox"/> Event Time	ALARMA	165	Left	Short Date + Time	28/08/2014 16:17:56				
<input type="checkbox"/> In Alarm Time	In Alarm Time	165	Left	Short Date + Time	28/08/2014 16:17:56				
<input checked="" type="checkbox"/> Acknowledge Time	ALARMA RECONOCID	165	Left	Short Date + Time	28/08/2014 16:17:56				
<input type="checkbox"/> Out of Alarm Time	Out of Alarm Time	165	Left	Short Date + Time	28/08/2014 16:17:56				
<input type="checkbox"/> Area	Area	180	Left	Text	/Process Area 1/Premix				
<input type="checkbox"/> Server Name	Server Name	180	Left	Text	Premix Main Server				
<input type="checkbox"/> Alarm Name	Alarm Name	180	Right	Text	[Line1Controller]Program:Line1				
<input type="checkbox"/> Condition Name	Condition Name	80	Left	Text	HI HI				
<input checked="" type="checkbox"/> Message	DESCRIPCION	340	Left	Text	Mixing Tank1 level near capaci				
<input checked="" type="checkbox"/> Current Value	VALOR	100	Left	Number	92				

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Entre las principales características de personalización del objeto gráfico son: iconos de acción, descripción, filtros, barra alterna de acción. En figura 83, se puede visualizar la generación de alarmas con sus características de personalización.

Figura 83. Pantalla de eventos y alarmas

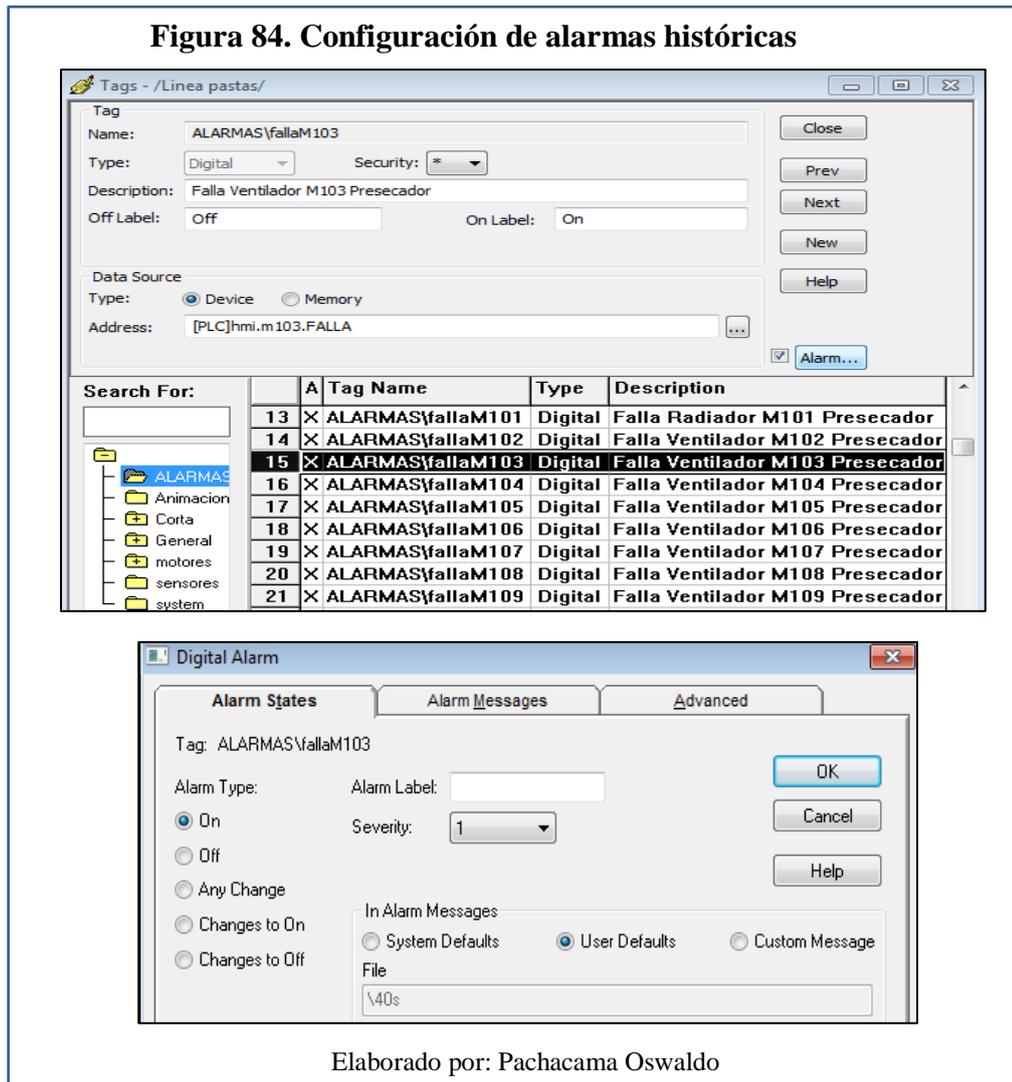
ALARMA	ALARMA RECONOCIDA	DESCRIPCION	VALOR	UBICACION
28/08/2014 15:53:57		Falla Radiador Extractor M101 Presecador	0	PreSecador
28/08/2014 15:53:59		Falla Ventilador M102 Presecador	0	PreSecador
28/08/2014 15:54:12	28/08/2014 15:54:12	Humedad PreSecador Alta	60	PreSecador
28/08/2014 17:35:30		Falla Radiador Extractor M101 Presecador	1	PreSecador
28/08/2014 17:35:34		Falla Ventilador M102 Presecador	1	PreSecador

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

La herramienta de visualización es de acción inmediata a la generación de las alarmas y eventos, pero no realiza ningún tipo de almacenamiento histórico de sucesos pasados. Por lo que se incorpora el uso de un utilitario el cual se instala con

la plataforma FTV, este es “Alarm Log Viewer”. Esta herramienta permite visualizar los sucesos pasados y el llamado se lo realiza con un botón de la interfaz.

Primeramente, es necesaria la configuración de los tags asociados a alarmas, los mismos que serán almacenados para consultas históricas. Como indica la figura 84, la configuración consiste en la activación para generar dicho evento desde la pantalla de creación de elementos en la plataforma FTV.



La figura 85, se puede evidenciar la generación histórica de alarmas y eventos, en el cual se puede realizar la configuración de visualización de columnas y la selección de archivos generados por fechas.

Figura 85. Utilitario Alarm Log Viewer histórico de alarmas

Sev	Date	Time	Transaction	Tag Name	Tag Valu	Tag Typ	Description
1	28/08/2014	17:35:36	Into Alarm	Corta\Secador1\Pic\H	100	2	Humedad Secador 1
2	28/08/2014	17:35:33	Into Alarm	ALARMAS\yallaM102	1	1	Falla Ventilador M102 Presecador
3	28/08/2014	17:35:30	Into Alarm	ALARMAS\yallaM101	1	1	Falla Radiador M101 Presecador
4	28/08/2014	15:54:04	Out of Alarm	Corta\Secador1\Pic\H	60	2	Humedad Secador 1

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

Para la configuración de alarmas se consideraron los siguientes elementos.

Tabla 28. Resumen alarmas generadas por el sistema

Descripción	Cantidad	
	Pre-secador	Secador
Motores	25	45
Sensores de banda	7	9
Niveles alto temperatura	1	1
Niveles bajo temperatura	1	1
Niveles alto humedad	1	1
Niveles bajo humedad	1	1
Subtotal	36	58
Total Alamas	94	

Elaborador por: Pachacama Oswaldo

La tabla anterior presenta el resumen de alarmas implementadas por cada etapa, para el detalle de alarmas se adjunta anexo 3.

CAPÍTULO 4 IMPLANTACIÓN Y PRUEBAS

4.1 Conexión de equipos

Como se ilustra en el capítulo anterior acerca de la estructura del sistema de control, la línea de producción cuenta con los equipos de campo que entregan y reciben información a dos PLC, los mismos que interactúan con el HMI – SCADA para el control y monitoreo. Dada esta premisa en esta sección se hace alusión al modo de conexión de estos actores del sistema de control a través de un diagrama de control general del sistema.

En la estructura de control, en esta destaca la intervención de una red Ethernet entre los PLC de control de clima, transporte y el computador con el HMI – SCADA.

Basado en la estructura de control una vez que se encuentran conectados los PLC con el HMI – SCADA, se realiza la prueba de comunicación entre estos equipos, para ello se ejecuta un PING desde el computador para verificar la estabilidad de la comunicación (Tabla 29).

Tabla 29. Asignación IP de equipos

Equipo	Dirección IP
PLC MicroLogix 1400 control clima	192.168.60.98
PLC Compact Logix L32E transporte	192.168.60.102
Computador HMI - SCADA	192.168.60.26

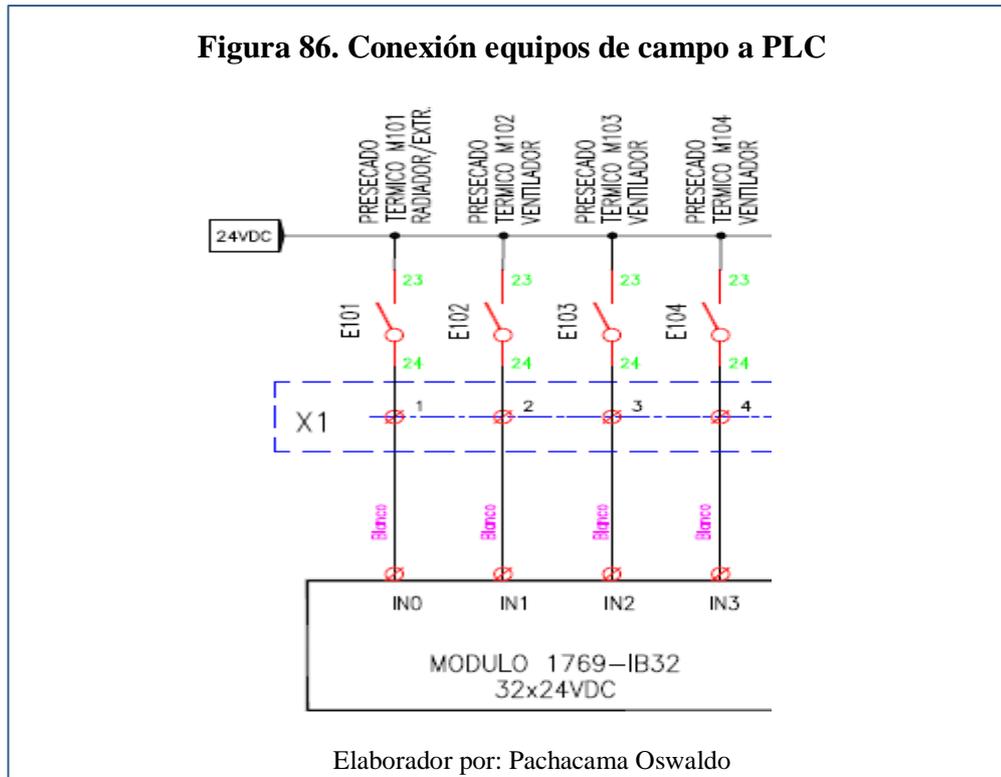
Elaborador por: Pachacama Oswaldo

4.2 Equipos de control

En la implementación de los equipos de control, para este caso el montaje de tablero de control con el PLC de transporte contiene la conexión de todos los instrumentos de campo que se verán involucrados en el proceso.

En la figura 86, se muestra la conexión de señales al módulo #1 de entradas digitales que permitirán obtener las fallas de los motores.

Figura 86. Conexión equipos de campo a PLC



En la figura se puede evidenciar la numeración asignada a cada instrumento y la entrada física del PLC a la cual es asignada para la programación.

4.3 Pruebas

4.3.1 Equipos de control.

Una vez realizado el conexionado, se realiza las pruebas de instrumentación a través del PLC, se ejecuta las pruebas del denominado I/O test (prueba de entradas y salidas), en la que se activan los elementos de campo y se comprueba la correcta asignación a las entradas y salidas respectivas, para ello se aplica un listado de pruebas como indica la tabla 30, en la que se va marcando los instrumentos probados.

Tabla 30. Resumen de pruebas conexionado de equipos de campo

Ítem	Número de señales	Tipo de señal	Estado
PRE-SECADOR			
1	25	Fallas	√
2	24	Activación	√
3	7	Sensores de bandas	√
4	1	Sensor temperatura	√
5	1	Sensor humedad	√
SECADOR			
1	45	Fallas	√
2	45	Activación	√
3	5	Sensores de bandas	√
4	1	Sensor temperatura	√
5	1	Sensor humedad	√

Elaborado por: Pachacama Oswaldo

La tabla antes presentada es un compilado de pruebas de elementos de campo, el detalle de pruebas se detalla en el anexo 4.

Con la aplicación del I/O test se asegura que las conexiones serán las adecuadas para no tener inconvenientes en la ejecución de la secuencia. Además, cabe recalcar que inicialmente estas pruebas son de control, esto quiere decir que todavía no se aplica el encendido real de motores por razones de seguridad en caso de que las conexiones no sean las correctas. Esta prueba permite realizar algún tipo de corrección en el conexionado.

4.3.2 Sistema HMI – SCADA.

Una vez que se ha realizado el conexionado y pruebas de campo con el PLC, en esta etapa de comprobación se involucra la interfaz con los equipos del proceso a través de la acción directa desde las pantallas de proceso.

Estas pruebas se realizan para verificar la correcta asignación de tags de PLC a la interfaz, para lo cual se repiten las pruebas previas de activación y falla de equipos de campo, pero esta vez desde las pantallas de proceso para verificar comandos y animaciones. Como indica la figura 87, se realiza la activación, apagado y falla de motores, con lo cual se comprueba la asignación de estados.



Una vez realizadas las pruebas desde las pantallas de proceso y validado el correcto funcionamiento de comandos y visualizaciones, el siguiente paso es realizar las pruebas de encendido real de motores del proceso con este procedimiento estaría la línea en capacidad de ingreso de producto para la producción.

Cabe recalcar que inicialmente se realizan pruebas de puesta a punto de la línea de producción para afinar detalles como estabilización de medida de temperatura y humedad, además de la calibración de valores referenciales para los productos.

CONCLUSIONES

La implantación de un sistema basado en HMI – SCADA y PLC mejoró en un 80% el proceso de secado en la elaboración de pastas, garantizando una óptima calidad del producto final, a través de reducción de reprocesos que pueden tomar alrededor de ocho horas y pérdidas de materias primas en lotes superiores a 500kg por hora.

La identificación, descripción y ubicación de fallas en apenas un par de minutos, permite una mejora significativa al contrario del sistema antiguo que podía tardar varios minutos en recorrer la línea de producción para identificar una falla.

Se mejoró hasta un 75% el arranque de línea, reduciendo significativamente tiempos que inicialmente con controles electromecánicos tomaban alrededor de 15 minutos, en la actualidad se ejecuta el transporte del producto en apenas 48 segundos y el control de clima en alrededor de 3 minutos, contando con las seguridades necesarias, reemplazando controles manuales, mejorando la calidad de visualización e integrando controles centralizados.

La integración de las etapas de control de clima y transporte de producto en el mismo entorno de operación, conlleva un mejoramiento en la calidad de operación al contar con indicadores y controles integrados en una sola interfaz.

El registro de alarmas y tendencias históricas proporciona una herramienta importante para el control de calidad del producto, ya que se obtiene información del comportamiento de temperatura y humedad en tiempo real y se lleva un registro histórico.

La incorporación de la plataforma SQL como actor externo al sistema HMI – SCADA para el manejo de recetas, permite la opción de integración a otros sistemas externos de producción para un control o acondicionamiento de parámetros en los productos.

La implementación de plataformas en la línea comercial Allen Bradley y su división Rockwell Software ayudaron a cumplir con los requerimientos del proceso, debido a

su calidad de productos y prestaciones; además de su previa implementación en la fábrica para otras maquinarias.

RECOMENDACIONES

Se recomienda integrar señales de control y supervisión al sistema HMI –SCADA en la etapa de amasado y troquelado, con esto se lograría la unificación total de producción en un solo sistema.

Aprovechando los recursos implementados a nivel de software y hardware en el sistema de control y supervisión, sería conveniente la centralización de la línea de producción adyacente a la línea “BR-500”, que comparte parcialmente el uso de un PLC para el control de clima, esto permitiría controlar dos líneas de producción con un solo sistema.

Se sugiere la incorporación de un sistema de producción que pueda generar órdenes de trabajo, adecuación de recetas, etc., y operar con la misma base de datos con la que trabaja el sistema de control implementado.

El mejoramiento de la infraestructura física en la línea de producción es de gran importancia, puesto que, tanto PLC como el sistema HMI - SCADA pueden realizar las secuencias requeridas, pero siempre dependerá de cómo reaccionen los componentes mecánicos asociados para su correcto funcionamiento.

LISTA DE REFERENCIAS

- Allen Bradley. (2013). *Manual del usuario de los controladores CompactLogix 1769*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf
- Balcells, J., & Romanel, J. L. (1997). *Autómatas Programables*. Barcelona: Foinsa.
- Berzal, F. (julio de 2010). <http://elvex.ugr.es/>. Recuperado el 12 de julio de 2014, de <http://elvex.ugr.es/idbis/db/docs/intro/D%20Modelo%20relacional.pdf>
- Carrillo, A. J., & Moy, H. F. (04 de septiembre de 2009). *Modelo didáctico para el aprendizaje significativo en los sistemas automáticos de control*. Recuperado el 21 de octubre de 2014, de <http://www.publicaciones.urbe.edu/>
- Castillo, R. (25 de noviembre de 2010). www.uson.mx.
- De Castro Lozano, C., & Romero Morales, C. (22 de marzo de 2001). *Introducción a Scada*. Recuperado el 8 de junio de 2014, de <http://www.uco.es>
- Escuela Politécnica Nacional. (27 de junio de 2006). www.epn.edu.ec/. Recuperado el 22 de agosto de 2014, de www.epn.edu.ec/: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/5/Selecci%3Fn%20de%20PLC.doc>
- Fideos Toscana. (2014). *Pastas Toscana*. Recuperado el 14 de junio de 2014, de *Pastas Toscana*: <http://www.toscana.com.ec/>
- Fowler, M. (1999). *UML Gota a Gota*. Massachusetts.
- Gallegos, D., Romagosa, J., & Pacheco, R. (25 de mayo de 2004). *Sistemas Scada, Miniproyecto Automatización Industrial (AUTI)*. Recuperado el 20 de junio de 2014, de <http://ocw.upc.edu/>
- Jackson, K., & Feinberg, R. (1986). *Diccionario Ingeniería Eléctrica*. Barcelona: Grijalbo.
- Jherry, L. (26 de abril de 2007). *Modelo Relacional*. Lima, Perú.
- Mazzone, V. (23 de abril de 2004). *Universidad Nacional de Quilmes*. Recuperado el 2 de octubre de 2014, de <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>
- Molino Cordillera. (julio de 2014). *Fideos Paca*. Recuperado el 18 de julio de 2014, de <http://www.toscana.com.ec/>

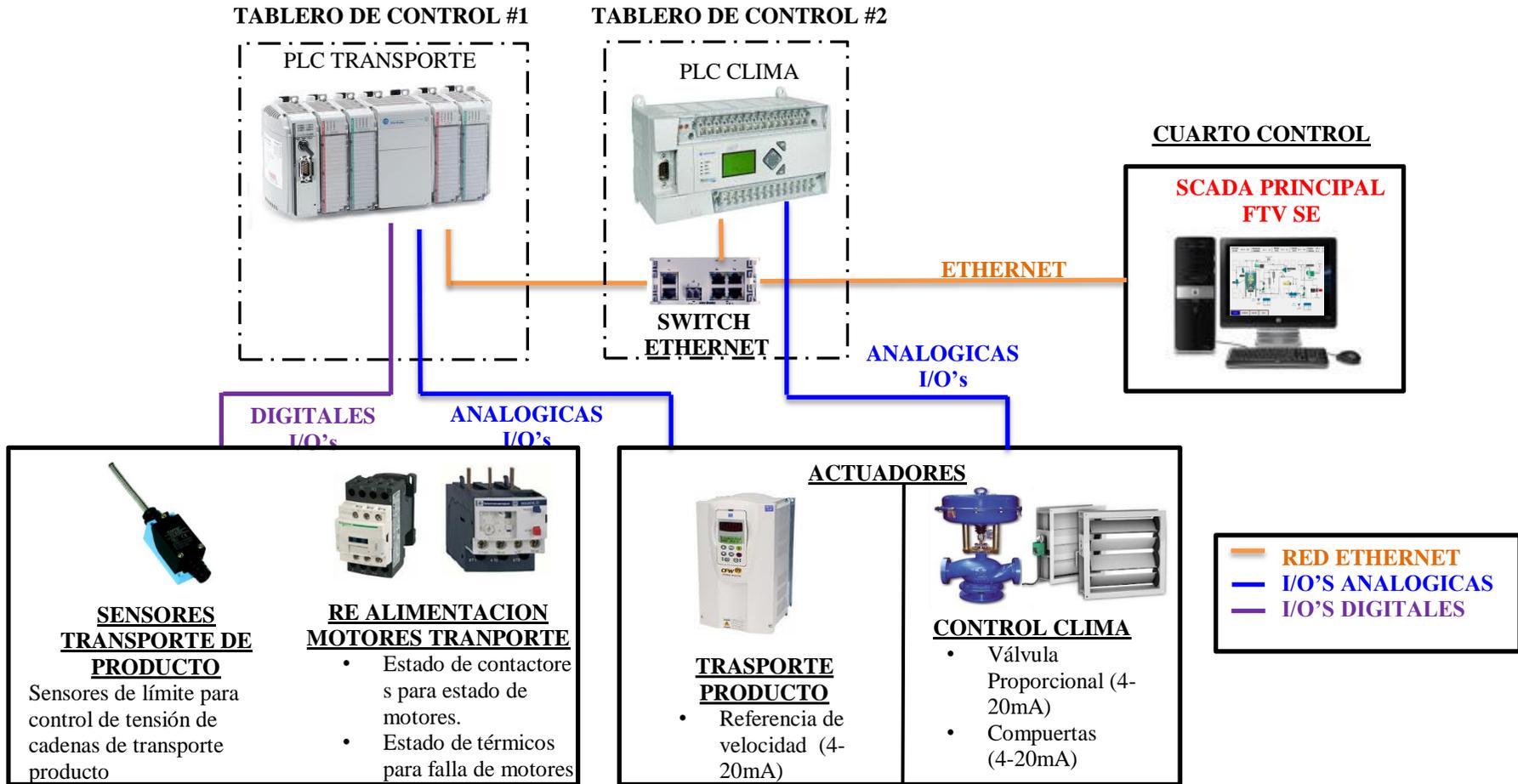
- National Instruments. (2006). *Diseño de Sistemas SCADA para Monitoreo de Procesos.pdf*. Recuperado el 31 de agosto de 2014, de www.ni.com
- Ogata, K. (1998). *Ingeniería de control moderna*. Mexico: Prentice-Hall.
- Oyaga, G. A., Ilzarbe Izquierdo, M., & Montecelo, M. Á. (marzo de 2000). *Sistema Scada*. Recuperado el 19 de septiembre de 2014, de www.sena.edu.co
- Pérez, M., Pérez, A., & Pérez, E. (25 de agosto de 2008). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*. Recuperado el 15 de agosto de 2014, de <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf>
- Rockwell Automation. (diciembre de 2000). Módulo de salida analógica 1769-OF2.
- Rockwell Automation. (18 de septiembre de 2012). *Sistema CompactLogix*. Recuperado el 16 de octubre de 2014, de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1769-sg001_-es-p.pdf
- Rockwell Automation. (julio de 2013). MicroLogix 1762-IF2OF2 Analog Input/Output.
- Rockwell Automation. (mayo de 2014). Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1400 Programmable Controllers.
- Rockwell Automation. (2014). Sistema de control MicroLogix 1400.
- Suárez, A. (11 de octubre de 2012). *Introducción al desarrollo web*. Recuperado el 20 de octubre de 2014, de El modelo relacional: <http://idesweb.es>
- Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería. (15 de febrero de 2007). *Facultad de Ingeniería*. Recuperado el 2 de septiembre de 2014, de Facultad de Ingeniería: <http://www.fi.uba.ar>
- Universidad del Azuay. (17 de diciembre de 2001). *Diseño de bases de datos*. Recuperado el 20 de septiembre de 2014, de El modelo relacional: <http://www.uazuay.edu.ec>
- Uriarte, J. M. (28 de marzo de 2011). *Sistemas automáticos y de control*. Recuperado el 26 de octubre de 2014, de <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20industria%20l3-sistemas-de-control-automatico.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **HMI:** Por sus siglas inglesas “Human Machine Interface” (Interfaz Hombre Máquina), que describen la interacción entre hombre y máquina.
- **SCADA:** Por sus siglas inglesas “Supervisory Control And Data Acquisition” (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).
- **Ordenador Central o MTU (Master terminal Unit):** es donde se presenta la información de campo necesaria para que el personal de operación realice el control, monitoreo, seguridades, alarmas y registro de datos.
- **PLC:** Por sus siglas inglesas “Programmable Logic Controller” (Controlador Lógico Programable).
- **Línea “BR-500”:** Línea de producción de pastas, la cual consta de una especie de horno en el que entran los fideos ya con su forma de presentación, en su interior esta acondicionado la temperatura y humedad para extraer la humedad del fideo y sea secado para su posterior empaque, además, es transportado a través de bandas en el interior. Esta línea se denominada “500” por su nivel de producción de 500 Kg hora.
- **Contactores:** Interruptor automático electromecánico que sirve para restablecer los enlaces entre distintos circuitos o aparatos eléctricos.
- **Relés térmicos:** también denominado relé de sobrecarga térmica, que utiliza el efecto térmico de la corriente actual cuando hay circulación excesiva permite que un mecanismo asociado abra un contacto normal cerrado.
- **Troquelado:** El troquel o matriz es un instrumento o máquina de bordes cortantes para recortar o estampar, por presión distintos formatos de fideos.
- **Válvula y compuerta proporcional:** es dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, de diferencias de presión, etc.
- **UML:** Por sus siglas inglesas, Unified Modeling Language (Lenguaje Unificado de Modelado).

- **mA(miliamperios):** Unidad de intensidad de corriente eléctrica.
- **Vdc:** Expresa voltaje en corriente directa.
- **Ethernet:** es un estándar de transmisión de datos para redes de área local.
- **Modbus:** es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor.
- **Controlnet:** es un protocolo de red abierto para aplicaciones de automatismos industriales, también es conocido como bus de campo.
- **Devicenet:** es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos.

Anexo 1. Estructura del sistema de control y monitoreo



Anexo 2. Detalle de motores transporte de producto

Ítem	Identificador	Potencia		In (A)	Ubicación	Descripción
		(KW)	(HP)			
PRESECADOR						
1	M101	2,20	2,9	8,70	Pre-secador	Radiador/Extractor
2	M102	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona entrada inferior
3	M103	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona entrada intermedio
4	M104	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona entrada superior
5	M105	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona entrada inferior
6	M106	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona entrada intermedio
7	M107	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona entrada superior
8	M108	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona salida inferior
9	M109	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona salida intermedio
10	M110	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador DX zona salida superior
11	M111	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona salida inferior
12	M112	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona salida intermedio
13	M113	1,10	1,5	2,50	Pre-secador	Ventilador SX zona salida superior
14	M114	0,35	0,5	1,10	Pre-secador	Vibrador entrada DX
15	M115	0,35	0,5	1,10	Pre-secador	Vibrador entrada SX
16	M116	0,35	0,5	1,10	Pre-secador	Vibrador salida DX
17	M117	0,35	0,5	1,10	Pre-secador	Vibrador salida SX
18	M118	0,25	0,3	1,54	Pre-secador	Bandas entrada
19	M119	0,25	0,3	1,54	Pre-secador	Bandas salida
20	M120	0,48	0,6	2,20	Pre-secador	Elevador entrada
21	M121				Pre-secador	Compuerta Entrada
22	M122	1,48	2,0	1,10	Pre-secador	Extractor Inicial
23	M123	2,48	3,3	1,10	Pre-secador	Extractor final
23	M124	1,50	2,0	1,10	Pre-secador	Bomba Agua
SECADOR						
1	M209	0,36	0,5	1,60	Secador	Banda entrada secador
2	M242	0,48	0,65	2,20	Secador	Elevador
3	M243	0,48	0,65	2,20	Secador	Distribuidor
4	M205	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada superior
5	M206	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada intermedio
6	M207	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada inferior
7	M215	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada superior
8	M216	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada intermedio
9	M221	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada inferior
10	M241	0,43	0,6	1,95	Secador	Banda
11	M244	0,48	0,65	2,20	Secador	Extractor
12	M208	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada superior
13	M213	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada intermedio
14	M214	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador DX zona entrada inferior
15	M222	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada superior
16	M223	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada intermedio
17	M224	0,36	0,5	1,60	Secador	Ventilador SX zona entrada inferior
18	M229	0,36	0,5	1,60	Secador	Vibrador de salida

Anexo 3. Detalle de alarmas generadas por el sistema

PRE-SECADOR	
Alarmas digitales	
Identificador	Descripción
Motores	
M101	Falla Radiador/Extractor
M102	Falla Ventilador DX zona entrada inferior
M103	Falla Ventilador DX zona entrada intermedio
M104	Falla Ventilador DX zona entrada superior
M105	Falla Ventilador SX zona entrada inferior
M106	Falla Ventilador SX zona entrada intermedio
M107	Falla Ventilador SX zona entrada superior
M108	Falla Ventilador DX zona salida inferior
M109	Falla Ventilador DX zona salida intermedio
M110	Falla Ventilador DX zona salida superior
M111	Falla Ventilador SX zona salida inferior
M112	Falla Ventilador SX zona salida intermedio
M113	Falla Ventilador SX zona salida superior
M114	Falla Vibrador entrada DX
M115	Falla Vibrador entrada SX
M116	Falla Vibrador salida DX
M117	Falla Vibrador salida SX
M118	Falla Bandas entrada
M119	Falla Bandas salida
M120	Falla Elevador entrada
M122	Falla Extractor Inicial
M123	Falla Extractor final
M124	Falla Bomba Agua
Sensores de banda	
LS131	Falla sensor banda nivel 1
LS132	Falla sensor banda nivel 2
LS133	Falla sensor banda nivel 3
LS134	Falla sensor banda nivel 4
LS135	Falla sensor banda nivel 5
LS136	Falla sensor banda nivel 6
LS137	Falla sensor banda nivel 7
Alarmas analógicas	
Temperatura	Falla nivel alto temperatura
Temperatura	Falla nivel bajo temperatura
Humedad	Falla nivel alto humedad
Humedad	Falla nivel bajo humedad
SECADOR	
Alarmas digitales	
Identificador	Descripción
M201	Falla Ventilador piso 5 DX eje 1
M202	Falla Ventilador piso 5 SX eje 1
M203	Falla Ventilador piso 5 DX eje 2
M204	Falla Ventilador piso 5 SX eje 2
M205	Falla Ventilador piso 5 DX eje 3
M206	Falla Ventilador piso 5 SX eje 3
M207	Falla Ventilador piso 5 DX eje 4
M208	Falla Ventilador piso 5 SX eje 4
M209	Falla Ventilador piso 4 DX eje 1

M210	Falla Ventilador piso 4 SX eje 1
M211	Falla Ventilador piso 4 DX eje 2
M212	Falla Ventilador piso 4 SX eje 2
M213	Falla Ventilador piso 4 DX eje 3
M214	Falla Ventilador piso 4 SX eje 3
M215	Falla Ventilador piso 4 DX eje 4
M216	Falla Ventilador piso 4 SX eje 4
M217	Falla Ventilador piso 3 DX eje 1
M218	Falla Ventilador piso 3 SX eje 1
M219	Falla Ventilador piso 3 DX eje 2
M220	Falla Ventilador piso 3 SX eje 2
M221	Falla Ventilador piso 3 DX eje 3
M222	Falla Ventilador piso 3 SX eje 3
M223	Falla Ventilador piso 3 DX eje 4
M224	Falla Ventilador piso 3 SX eje 4
M225	Falla Ventilador piso 2 DX eje 1
M226	Falla Ventilador piso 2 SX eje 1
M227	Falla Ventilador piso 2 DX eje 2
M228	Falla Ventilador piso 2 SX eje 2
M229	Falla Ventilador piso 2 DX eje 3
M230	Falla Ventilador piso 2 SX eje 3
M231	Falla Ventilador piso 2 DX eje 4
M232	Falla Ventilador piso 2 SX eje 4
M233	Falla Ventilador piso 1 DX eje 1
M234	Falla Ventilador piso 1 SX eje 1
M235	Falla Ventilador piso 1 DX eje 2
M236	Falla Ventilador piso 1 SX eje 2
M237	Falla Ventilador piso 1 DX eje 3
M238	Falla Ventilador piso 1 SX eje 3
M239	Falla Ventilador piso 1 DX eje 4
M240	Falla Ventilador piso 1 SX eje 4
M241	Falla Banda
M242	Falla Elevador
M243	Falla Distribuidor
M244	Falla Extractor
Alarmas analógicas	
Temperatura	Falla nivel alto temperatura
Temperatura	Falla nivel bajo temperatura
Humedad	Falla nivel alto humedad
Humedad	Falla nivel bajo humedad
Sensores de banda	
LS141	Falla sensor banda nivel 1
LS142	Falla sensor banda nivel 2
LS143	Falla sensor banda nivel 3
LS144	Falla sensor banda nivel 4
LS145	Falla sensor banda nivel 5

Anexo 4. Pruebas de campo PLC y HMI – SCADA

PRE-SECADOR					
Identificador	Descripción	PLC		HMI - SCADA	
		ON/OFF	Falla	ON/OFF	Falla
Motores					
M101	Radiador/Extractor	√	√	√	√
M102	Ventilador DX zona entrada inferior	√	√	√	√
M103	Ventilador DX zona entrada intermedio	√	√	√	√
M104	Ventilador DX zona entrada superior	√	√	√	√
M105	Ventilador SX zona entrada inferior	√	√	√	√
M106	Ventilador SX zona entrada intermedio	√	√	√	√
M107	Ventilador SX zona entrada superior	√	√	√	√
M108	Ventilador DX zona salida inferior	√	√	√	√
M109	Ventilador DX zona salida intermedio	√	√	√	√
M110	Ventilador DX zona salida superior	√	√	√	√
M111	Ventilador SX zona salida inferior	√	√	√	√
M112	Ventilador SX zona salida intermedio	√	√	√	√
M113	Ventilador SX zona salida superior	√	√	√	√
M114	Vibrador entrada DX	√	√	√	√
M115	Vibrador entrada SX	√	√	√	√
M116	Vibrador salida DX	√	√	√	√
M117	Vibrador salida SX	√	√	√	√
M118	Bandas entrada	√	√	√	√
M119	Bandas salida	√	√	√	√
M120	Elevador entrada	√	√	√	√
M122	Extractor Inicial	√	√	√	√
M123	Extractor final	√	√	√	√
M124	Bomba Agua	√	√	√	√
Sensores de banda					
LS131	Sensor banda nivel 1	-----	√	-----	√
LS132	Sensor banda nivel 2	-----	√	-----	√
LS133	Sensor banda nivel 3	-----	√	-----	√
LS134	Sensor banda nivel 4	-----	√	-----	√
LS135	Sensor banda nivel 5	-----	√	-----	√
LS136	Sensor banda nivel 6	-----	√	-----	√
LS137	Sensor banda nivel 7	-----	√	-----	√
Alarmas analógicas					
Temperatura	Nivel alto temperatura	-----	√	-----	√
Temperatura	Nivel bajo temperatura	-----	√	-----	√
Humedad	Nivel alto humedad	-----	√	-----	√
Humedad	Nivel bajo humedad	-----	√	-----	√
SECADOR					
Identificador	Descripción	PLC		HMI - SCADA	
		ON/OFF	Falla	ON/OFF	Falla
M201	Ventilador piso 5 DX eje 1	√	√	√	√
M202	Ventilador piso 5 SX eje 1	√	√	√	√
M203	Ventilador piso 5 DX eje 2	√	√	√	√
M204	Ventilador piso 5 SX eje 2	√	√	√	√
M205	Ventilador piso 5 DX eje 3	√	√	√	√
M206	Ventilador piso 5 SX eje 3	√	√	√	√
M207	Ventilador piso 5 DX eje 4	√	√	√	√
M208	Ventilador piso 5 SX eje 4	√	√	√	√
M209	Ventilador piso 4 DX eje 1	√	√	√	√

M210	Ventilador piso 4 SX eje 1	√	√	√	√
M211	Ventilador piso 4 DX eje 2	√	√	√	√
M212	Ventilador piso 4 SX eje 2	√	√	√	√
M213	Ventilador piso 4 DX eje 3	√	√	√	√
M214	Ventilador piso 4 SX eje 3	√	√	√	√
M215	Ventilador piso 4 DX eje 4	√	√	√	√
M216	Ventilador piso 4 SX eje 4	√	√	√	√
M217	Ventilador piso 3 DX eje 1	√	√	√	√
M218	Ventilador piso 3 SX eje 1	√	√	√	√
M219	Ventilador piso 3 DX eje 2	√	√	√	√
M220	Ventilador piso 3 SX eje 2	√	√	√	√
M221	Ventilador piso 3 DX eje 3	√	√	√	√
M222	Ventilador piso 3 SX eje 3	√	√	√	√
M223	Ventilador piso 3 DX eje 4	√	√	√	√
M224	Ventilador piso 3 SX eje 4	√	√	√	√
M225	Ventilador piso 2 DX eje 1	√	√	√	√
M226	Ventilador piso 2 SX eje 1	√	√	√	√
M227	Ventilador piso 2 DX eje 2	√	√	√	√
M228	Ventilador piso 2 SX eje 2	√	√	√	√
M229	Ventilador piso 2 DX eje 3	√	√	√	√
M230	Ventilador piso 2 SX eje 3	√	√	√	√
M231	Ventilador piso 2 DX eje 4	√	√	√	√
M232	Ventilador piso 2 SX eje 4	√	√	√	√
M233	Ventilador piso 1 DX eje 1	√	√	√	√
M234	Ventilador piso 1 SX eje 1	√	√	√	√
M235	Ventilador piso 1 DX eje 2	√	√	√	√
M236	Ventilador piso 1 SX eje 2	√	√	√	√
M237	Ventilador piso 1 DX eje 3	√	√	√	√
M238	Ventilador piso 1 SX eje 3	√	√	√	√
M239	Ventilador piso 1 DX eje 4	√	√	√	√
M240	Ventilador piso 1 SX eje 4	√	√	√	√
M241	Banda	√	√	√	√
M242	Elevador	√	√	√	√
M243	Distribuidor	√	√	√	√
M244	Extractor	√	√	√	√
Alarmas analógicas					
Temperatura	Nivel alto temperatura	-----	√	-----	√
Temperatura	Nivel bajo temperatura	-----	√	-----	√
Humedad	Nivel alto humedad	-----	√	-----	√
Humedad	Nivel bajo humedad	-----	√	-----	√
Sensores de banda					
LS141	Sensor banda nivel 1	-----	√	-----	√
LS142	Sensor banda nivel 2	-----	√	-----	√
LS143	Sensor banda nivel 3	-----	√	-----	√
LS144	Sensor banda nivel 4	-----	√	-----	√
LS145	Sensor banda nivel 5	-----	√	-----	√