

Diseño de sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado en el proceso de elaboración de queso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá.

Modalidad curso coterminal - especialización en automatización industrial Universidad Santo Tomás Bucaramanga

Edy Santiago Galindo Galindo

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Electrónica
Tunja – Colombia
Julio 2021

El contenido de este documento es solo responsabilidad de su autor. La Universidad Santo Tomas seccional Tunja y la facultad de Ingeniería Electrónica quedan exoneradas de todas las consecuencias y responsabilidades que pueda generar este proyecto.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Fecha: Día ____ Mes ____ Año ____

Firma Jurado

Firma Jurado

Dedicatoria

iv

*“Este trabajo se lo dedico a mi madre, Dora Galindo Arias;
y a la memoria de mi padre, José Alfonso Galindo Pulido.”*

Agradecimientos

v

Quiero expresar mi gratitud a Dios por todas sus bendiciones, a toda mi familia por estar siempre presentes y apoyarme en este proceso de formación profesional e integro.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Santo Tomas seccional Tunja, a toda la Facultad de Ingeniería Electrónica, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, y apoyo.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron para que este proceso culminara con éxito.

Tabla de Contenidos

vi

1.	Introducción	12
2.	Justificación	13
3.	Planteamiento del Problema	14
	Formulación de Preguntas.....	14
	Definición del Problema	14
	Delimitación del Problema	15
4.	Objetivo General.....	17
	Objetivos Específicos.....	17
5.	Marco Referencial.....	18
	Marco de Antecedentes.....	18
	Marco Conceptual.....	19
	1. Queso campesino	19
	2. Queso doble crema.....	20
	3. Queso pasteurizado	20
	4. Caseína.....	20
	Marco Teórico.....	20
	Proceso de elaboración del queso	21
	Automatización Industrial.....	23
	Marco Legal	26
6.	Diseño Metodológico.....	27
	Tipo de Investigación.....	27
	Población.....	27
	Muestra	27
	Variables	28
	Etapas metodológicas.....	28
	Estudio del proceso:.....	28
	Diagrama P&ID:	29
	Selección de instrumentación:	29
	Gráfico de control de etapas y transiciones (Grafcet):.....	30
	Programación Ladder y diseño de interfaz HMI:	30
	Simulación y comprobación:	30
7.	Resultados	31
	Descripción del proceso industrial.....	31
	Pasteurización	31
	Hilado.....	32
	Diagramas P&ID.....	34
	Pasteurización	34
	Hilado.....	36
	Grafcet de programación.....	37
	Pasteurización	37
	Hilado.....	40
	Programación y simulación.....	44
	Configuración de dispositivos.....	44

Programación Ladder.....	44	vii
Interfaz HMI y simulación.....	46	
Estimación de costos.....	51	
8. Conclusiones.....	53	
9. Bibliografía.....	56	

Figura 1: Proceso de elaboración de queso. Fuente: Autor. 21

Figura 2: Estructura interna de un PLC. Fuente: Autor. 25

Figura 3: Etapas Metodológicas. Fuente: Autor. 28

Figura 4: Diagrama P&ID para la etapa de pasteurización. Fuente: Autor. 34

Figura 5: Diagrama P&ID para la etapa de hilado. Fuente: Autor. 36

Figura 6: Diagrama de flujo etapa de pasteurización. Fuente: Autor. 37

Figura 7: Graficet para etapa de pasteurización. Fuente: Autor. 38

Figura 8: Diagrama de flujo etapa de hilado. Fuente: Autor. 40

Figura 9: Graficet para la etapa de hilado. Fuente: Autor. 41

Figura 10: Conexión de dispositivos. Fuente: Autor. 44

Figura 11: Fragmento de programación Ladder. Fuente: Autor. 45

Figura 12: Lectura variable analógica en el Software Tia Portal. Fuente: Autor. 46

Figura 13: Control de usuarios interfaz HMI. Fuente: Autor. 46

Figura 14: Etapa de pasteurización interfaz HMI. Fuente: Autor. 47

Figura 15: Etapa de hilado interfaz HMI. Fuente: Autor. 48

Figura 16: Configuración de usuarios interfaz HMI. Fuente: Autor. 48

Figura 17: Configuración de las variables interfaz HMI. Fuente: Autor. 49

Figura 18: Simulación del PLC. Fuente: Autor. 50

Figura 19: Tabla PLCSIM para simular variables de entrada. Fuente: Autor. 50

Lista de Tablas

ix

Tabla 1: Marco de Antecedentes. Fuente: Autor.	18
Tabla 2: Descripción tanque de pasteurización	32
Tabla 3: Recursos materiales estimados para el proyecto. Fuente: Autor.	51
Tabla 4: Recursos humanos estimados para el proyecto. Fuente: Autor.	52
Tabla 5: Presupuesto total estimado para el proyecto. Fuente: Autor.	52

Lista de Ilustraciones

x

Ilustración 1: Hilador Del Altiplano Productos Lácteos..... 33

En este documento, se presenta el diseño de un sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado, en el proceso de elaboración de queso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá.

Se evidencia la investigación realizada sobre el proceso de fabricación de queso, además, la instrumentación necesaria para automatizar las etapas trabajadas en el proyecto (pasteurización e Hilado).

En el diseño se incluye un diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID), en el cual se evidencian todos los instrumentos y conexiones de las etapas automatizadas; también se incluye el gráfico funcional de control de etapas y transiciones (Grafcet), donde se muestra de forma ordenada, etapa por etapa la programación realizada; por último, una simulación que muestra el funcionamiento de la interfaz hombre maquina (HMI); en esta se puede observar las variables físicas captadas por sensores en el proceso, configurar las variables que determinan el funcionamiento de los actuadores y seleccionar el tipo de queso a elaborar.

1. Introducción

Del Altiplano Productos Lácteos es una empresa productora de queso ubicada en el municipio de Jenesano – Boyacá; la cual procesa en promedio 10.000 Litros de leche por día y su comercialización principal es en la ciudad de Bogotá.

Desde la aparición de la cuarta revolución industrial, la tecnificación y la automatización se han convertido en una necesidad o requisito para que una empresa pueda competir en el mercado; debido a que, si esta automatiza los procesos de producción, tendrá muchos beneficios, que en general, aumentaran la producción y rentabilidad la empresa.

La industria procesadora de alimentos es una de las áreas que más ha innovado en este campo, por tanto, para la empresa Del Altiplano Productos Lácteos es urgente automatizar sus procesos de producción de queso, ya que, por otro lado, ha aumentado considerablemente el consumo de este producto en país, siendo necesario un aumento de producción.

Existen muchas variedades de queso, pero en general el proceso de fabricación es el mismo, esta consta de 6 etapas principales (recepción, pasteurización, coagulación, hilado, prensado y empaçado), donde se destacan las etapas de pasteurización e hilado, que son determinantes en el resultado final del producto.

En este proyecto se diseñará el sistema automatizado para las dos etapas anteriormente destacadas, usando un PLC (Controlador Lógico Programable) y sensores industriales para controlar los actuadores ya presentes en el proceso de producción. Además, se diseñará una interfaz hombre maquina o HMI que permitirá al operario visualizar y controlar el proceso.

2. Justificación

El consumo de queso sigue creciendo en Colombia, durante el 2020 la industria de los quesos facturo cerca de 1.133 millones de pesos y se prevé que para el 2021 el consumo y venta siga en aumento(ACIS, n.d.). FEDEGAN hace un llamado a la pequeña y mediana empresa del sector lácteo para que creen proyectos que aumenten la productividad e impacten en el mercado competitivo, por eso para la empresa Del Altiplano Productos Lácteos es necesario tecnificar las etapas más importantes de su proceso de fabricación de quesos, lo que aumentaría la eficiencia del proceso en general y el rendimiento de los trabajadores de la planta, ya que estos se enfocaran en otras etapas.(Lozada Gutiérrez, 2016)

Además, al implementar un sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado, se optimizará el proceso en general de la planta, ya que se asegura que los trabajos en estas etapas no sean olvidados o se realicen fuera de secuencia. Al no existir fallos en el proceso, no se estropeará materia prima y tampoco tiempo de trabajo, por lo tanto, se reducirán los de costos de la empresa. Por otro lado, se garantiza que los productos tengan unos parámetros de uniformidad y calidad idénticos, debido a que estas etapas determinan en gran parte las propiedades finales de los diferentes tipos de producto.

Este proyecto de automatización va de la mano perfectamente con los planes de ampliación de la empresa, si lo que se requiere es aumentar la productividad, la automatización industrial es una excelente opción para lograrlo. Además, estar a la vanguardia, le permitirá destacarse sobre las empresas del sector.

3. Planteamiento del Problema

Formulación de Preguntas

¿Es rentable automatizar las etapas de pasteurización e hilado de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos?

¿Qué tipo de tecnología (sensores, controlador, etc.) se ajusta más a las especificaciones de este proyecto?

¿Qué riesgos se puede presentar en la automatización de procesos de fabricación de alimentos?

Definición del Problema

Durante los últimos 5 años Colombia ha incrementado en 50% el consumo y venta de queso(ACIS, n.d.), dicho incremento en la demanda indican al productor buena rentabilidad en la elaboración de este producto, pero en un mercado monopolizado por las grandes industrias es difícil para el pequeño y mediano productor surgir en el mercado nacional. Según el coordinador de FEDEGAN, para que estas empresas puedan salir del mercado informal, es necesario explotar una producción a mayor escala manteniendo los estándares de calidad.(CONtexto ganadero, n.d.)

Para la empresa Del Altiplano Productos Lácteos lo anterior está muy claro, saben que deben aumentar la producción y tienen planes a mediano plazo para ampliar sus instalaciones. Pero además de esta mejora estructural, saben que deben empezar por tecnificar su proceso actual, ya que es la forma que les funciona a otros sectores para mejorar su productividad. Otro factor importante que ha dificultado este aumento de

producción, son los problemas que ha tenido la empresa para adquirir mano de obra, ya que en la zona hay escasez de personal.

Una fábrica en la cual sus procesos están sin automatizar es propensa a problemas de producción causados por fallas humanas, ya que, al depender en su totalidad de la operación de un trabajador, una simple distracción puede generar que se estropee el producto, aumentando el desperdicio de materia prima, lo que significa pérdidas para la empresa. Enfocándonos en el proceso de fabricación de queso, cada fábrica tiene su receta o proceso propio, en el caso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos, las etapas más determinantes son las de Pasteurización e Hilado, ya que estas son esenciales en el resultado final de sus productos. En la actualidad, estas dos etapas tienen un problema en común, dependen del control de una persona que debe estar monitoreando constantemente las variables que influyen en dichos procesos y controlándolas por medio de válvulas manuales e interruptores, lo cual genera una posibilidad de error de origen humano; esta posibilidad se aumenta debido a que el operador del proceso de estas etapas no está dedicado exclusivamente a estas, sino que debe desempeñar otras funciones dentro de la planta. Tener a una persona para esta función es algo obsoleto, ya que se puede reemplazar fácilmente con alguna técnica de control.

Delimitación del Problema

La fabricación de quesos es un proceso conformado por varias etapas, por tiempos de la especialización, el proyecto se limita al diseño de la automatización de dos etapas del proceso en general, las cuales son pasteurización e hilado.

Implementar un proyecto de tipo industrial tendría un costo elevado debido al valor de los elementos o instrumentos que lo conforman, de tal modo que no sería rentable para el responsable del proyecto financiar tales costos, ya que no se tiene ninguna vinculación o asociación con la empresa productora de quesos, por tanto, el proyecto solo tiene como objetivo realizar un diseño de la automatización, es decir, no se compromete con una implementación.

Del Altiplano Productos Lácteos es una empresa ubicada en el municipio de Jenesano – Boyacá, esta cuenta con una única sede, por consiguiente, el proyecto tendrá aplicación solo para dicha sede.

4. Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado en el proceso de elaboración de queso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá.

Objetivos Específicos

1. Analizar el funcionamiento actual de las etapas de pasteurización e hilado para idear el proceso de automatización.
2. Elaborar el diagrama P&ID de las etapas que se van a automatizar, para así determinar los sensores y el equipo de control que supla las necesidades del sistema.
3. Realizar el grafico funcional de control de etapas y transiciones (Grafcet), el cual nos ayudara a observar de una forma más organizada el funcionamiento de las dos etapas.
4. Elaborar la programación Ladder y el diseño la interfaz hombre maquina (HMI) en el software Tia Portal, que a su vez nos permitirá simularlo.
5. Estimar los costos de los equipos necesarios para la implementación del proyecto.

5. Marco Referencial

Marco de Antecedentes

Tabla 1: Marco de Antecedentes. Fuente: Autor.

Titulo	Autores	Objetivo del proyecto	Año
Automatización del proceso de elaboración de queso fresco semiblando entero de la empresa El Campesino	Ricardo Bolívar Ramos Soria	Diseño de fábrica ladrillera potencializando procesos productivos, ambiente laboral e impacto medioambiental	2018 Quito
Automatización del proceso de elaboración de queso	Ángel Luis Reyes Herrera Ever David Vergara Baldovino	Automatizar el proceso de elaboración de queso costeño, para mejoramiento de la producción.	2016 Cartagena
Ingeniería para la automatización del proceso de pasteurización batch en una empresa procesadora de lácteos	Juan Pablo Mejía Quevedo Cristian Rolando Sánchez Garzón	Diseñar el sistema de automatización del proceso de pasteurización batch en una empresa productora de lácteos.	2010 Bogotá

Proyectos de este tipo ya se han desarrollado con anterioridad, como se observa en la Tabla 1, hay 3 proyectos que han abordado este proceso de automatización en fábricas procesadoras de lácteos, incluso en la etapa de pasteurización.

El proyecto “Automatización del proceso de elaboración de queso fresco semiblando entero de la empresa El Campesino”, desarrollado por Ricardo Ramos, que define las practicas manuales en la elaboración de queso como un problema que limita la capacidad crecimiento de las fábricas, ya que se requiere de mucho personal y en su mayoría es inutilizado para funciones como presenciar procesos de calentamiento o enfriamiento. Además, el operario debe estar en contacto cercano con procesos que generan demasiado calor, lo que puede ocasionar lesiones en la piel. Por último, se propone la

automatización para solucionar el problema de crecimiento en las fábricas procesadoras de lácteos, al igual que Ángel Reyes y Ever Vergara en su proyecto “Automatización del proceso de elaboración de queso”, pero ellos lo dan otro enfoque, orientado a la competencia del mercado, ya que es una obligación para que una empresa procesadora de alimentos pueda competir en el mercado nacional en la actualidad.

En general, proyectos de este tipo buscan mejorar y aumentar la producción por medio del uso de la tecnología, ya que es una solución viable para optimizar todas las etapas que involucra el proceso de fabricación de productos derivados de la leche. Asimismo, se busca mejorar las condiciones de higiene sin alterar las propiedades nutricionales, tal como lo plantean Juan Mejía y Cristian Sánchez en su tesis “Ingeniería para la automatización del proceso de pasteurización batch en una empresa procesadora de lácteos”, que se enfocan en la etapa de pasteurización debido a la importancia que esta tiene en el procesamiento de lácteos. Realizar este proceso de forma inadecuada generaría productos de calidad inferior o incluso perjudiciales para la salud del consumidor.

Marco Conceptual

1. Queso campesino

Es un producto muy difundido en el territorio colombiano, ya que su proceso de elaboración es muy simple. Es un tipo de queso fresco, sin acidez y hecho con leche de vaca. Su forma y apariencia externa dependen de su zona de elaboración, aunque siendo más típica la forma rectangular. Su nombre se debe a que por lo general es elaborado por campesinos. (Espinal Gómez, 2013)

2. Queso doble crema

Es un tipo de queso fresco de paste hilada y de color amarillo, este se obtiene principalmente por un proceso llamado hilado, en el cual la cuajada se calienta y se agita hasta obtener una pasta elástica. También es importante dejar madurar la leche antes de empezar con el proceso, de esta forma se aumenta el nivel de acidez.(Grajales, 2019)

3. Queso pasteurizado

Su nombre se debe al proceso de fabricación, ya que se incluye una etapa de pasteurización, en el cual, la leche se eleva a una temperatura de 70 °C. Este proceso se realiza con el objetivo de eliminar las bacterias y microorganismos que pueden ser perjudiciales para el consumo humano. Es un queso de tipo semigraso, blando y fresco; su elaboración es simple, solo requiere de leche pasteurizada, sal y cuajo.(Quesos Melissa, 2020)

4. Caseína

Es la principal proteína de la leche y es la responsable de las características organolépticas de los quesos.(Grajales, 2019)

Marco Teórico

Del Altiplano Productos Lácteos es una empresa dedicada a la fabricación de quesos frescos, dentro de sus productos está el queso campesino, doble crema y pasteurizado. Para entender el tema, primero debemos contextualizar sobre el proceso fabricación de los quesos y la automatización industrial.

Proceso de elaboración del queso

El proceso en general para la elaboración de queso consta de las siguientes etapas principales:

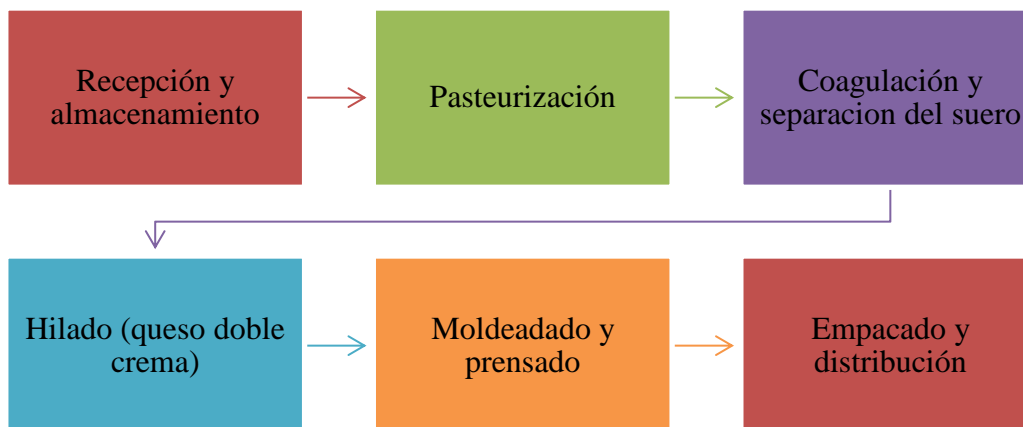


Figura 1: Proceso de elaboración de queso. Fuente: Autor.

Recepción y almacenamiento

La materia prima principal de este proceso es la leche, la cual recolectada por camiones cisterna en las granjas y fincas productoras del sector. Cuando la leche es transportada al punto de acopio, se toman muestras para realizar pruebas de laboratorio, si la leche cumple con los parámetros establecidos es bombeada a un tanque de almacenamiento que la mantiene a una temperatura entre 4 °C a 6 °C. En esta etapa también se realizan un filtrado para eliminar macro sustancias como mugre, pelo, etc.

Pasteurización

En la producción industrial de queso, la leche es un producto recolectado en varios lugares, de los cuales no tenemos certeza si la materia prima tiene algún tipo de

contaminación, por lo tanto, es indispensable la pasteurización. Lo que se hace es calentar la leche a una temperatura a 65°C durante 30 minutos buscando eliminar microbios patógenos que pudieran afectar la salud del consumidor. Es un proceso que requiere de mucho control ya que queremos evitar que las propiedades nutricionales de la leche sean alteradas.(Sánchez Zumba, 2015)

Coagulación y separación del suero

En esta etapa se busca que la leche sufra un cambio con respecto a sus proteínas por la acción de un coagulante, separando la caseína de los demás componentes de esta. (Sánchez Zumba, 2015) Para que la leche se coagule se debe agregar un producto químico llamado cuajo y mezclar, además se debe calentar a determinada temperatura y durante un determinado tiempo, esto dependiendo del tipo del queso. Al finalizar obtenemos los siguientes coproductos:

- Cuajada: Es la caseína coagulada por acción del cuajo, que será el coproducto que será retirado y pasará a la siguiente etapa, continuando con el proceso de elaboración del queso.
- Suero: Es el desperdicio resultante al separar la cuajada, el cual es un líquido compuesto de sales y lactosa. También se le puede considerar un subproducto del proceso, ya que con este se pueden realizar otros productos de repostería, dietéticos, edulcorantes, etc.

Moldeado y prensado

Al separar la cuajada del suero, esta se deja reposar hasta que tenga la consistencia de una masa para posteriormente pasarla a unos moldes, donde se prensara para eliminar restos de suero presentes en la masa y darle más dureza. Para concluir esta etapa, se baña la masa con salmuera, esto ayuda a aumentar su tiempo de conservación y resalta sus características.(Sánchez Zumba, 2015)

Empacado y distribución

Como son quesos frescos, estos no requieren de tiempo de maduración, por lo tanto, se empacan inmediatamente. La parte estética del empaque dependerá de la fábrica o empaquetadora, pero debe cumplir con algunos parámetros estipulados por el Invima. Por último, el producto será almacenado en un cuarto frío para su posterior venta o distribución.

Hilado

En el caso de los quesos hilados, como el queso doble crema, estos tienen una etapa adicional en su proceso de elaboración. En esta etapa, la cuajada es calentada y agitada hasta que se obtiene una pasta elástica, sin grumo y brillante.(Jiménez Guacaneme, 2004)
Después pasara a la etapa de moldeado.

Automatización Industrial

La automatización de procesos industriales se ha convertido en una parte fundamental de este importante sector, debido sus beneficios, como la optimización de recursos, aumento de la productividad y calidad en el producto final. Se define como la

integración de varias tecnologías con el fin de llevar a cabo procesos en la industria con mínima o sin intervención de algún operario. Estas tecnologías se orientan al control y monitoreo de dichos procesos, por lo general, son funciones repetitivas. Lo anterior se logra con el uso de sensores o captadores, que permiten detectar cambios en el entorno del proceso, tales cambios son variables físicas como temperatura, nivel, flujo, presión, etc. Para realizar acciones, se hacen por medio de actuadores, que son elementos como motores, válvulas, pistones, etc.

Principio de un sistema automatizado

Un sistema automatizado basa su funcionamiento según 3 etapas: medición, evaluación y control.

- **Medición:** Para que el sistema entienda el proceso, es necesario que capte o mida la variable física que influye en dicho proceso.
- **Evaluación:** La información obtenida en la etapa anterior, debe ser procesada y analizada, de tal modo que se pueda determinar si se realiza una acción o no.
- **Control:** Por último, se realiza una acción según las etapas anteriores.

Sistemas de control

Para hacer posible el proceso de automatización industrial se usan los sistemas de control, que es la organización de los dispositivos o instrumentos configurados para trabajar según los requerimientos del proceso o deseados por la planta.(Corrales & Suatunce, 2005)

Las funciones principales de un sistema de control son las siguientes:

- Observación del proceso
- Acondicionamiento de las señales
- Procesamiento de información
- Comparación con el valor de referencia
- Acción de elementos de corrección.

PLC (Controlador Lógico Programable)

PLC o autómatas programables es un dispositivo diseñado para controlar en tiempo real procesos de tipo industrial. Tiene capacidad de realizar funciones lógicas como: series, paralelos, contadores, temporizadores, comparaciones, etc.

Este dispositivo está constituido por diferentes elementos, pero 3 son los básicos: CPU, entradas y salidas.

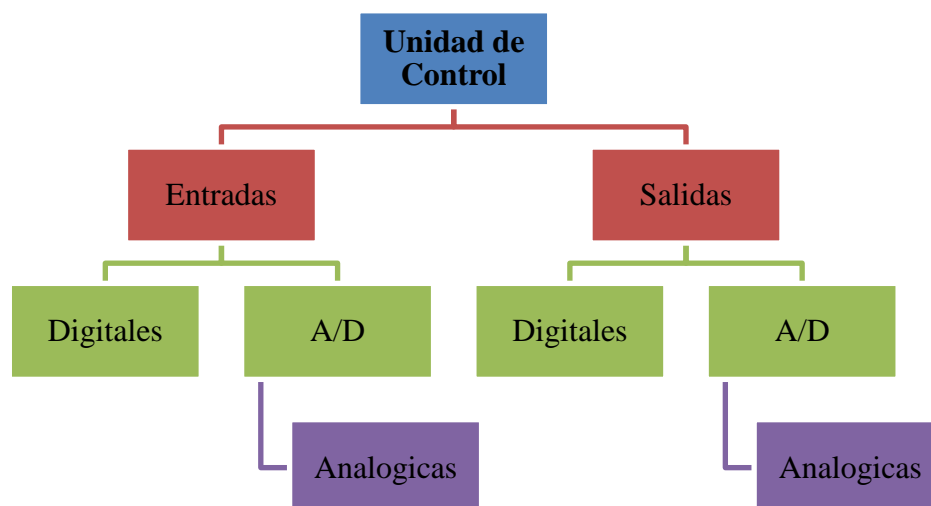


Figura 2: Estructura interna de un PLC. Fuente: Autor.

Marco Legal

- **Ley 9 de 1979:** “Por el cual se dictan medidas sanitarias”. En el título V “Alimentos”, se dictan todas las normas y requisitos a la que deberán sujetarse los establecimientos industriales que realicen actividades de producción, manipulación y elaboración de alimentos, bebidas o materias primas correspondientes a las mismas.
- **Resolución 01804 de 1989:** “Por la cual se modifica la Resolución No. 02310 de 1986, (24 de febrero) que reglamenta parcialmente el título V de la Ley 09”. Del artículo 2 se especifican las características físicoquímicas y microbiológicas que deben cumplir los quesos.
- **Norma ANSI/ISA-S5.1:** “identificación y símbolos de instrumentación”. La ISA (Instrument Society of America), establece un código con el cual deben identificarse cada instrumento.

6. Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

Este proyecto contara con una clase de investigación aplicada, porque se desarrollarán diversas estrategias y mecanismos para lograr un objetivo concreto, que es el diseño de planos, presupuesto y el estudio instrumentación necesaria para llevar a cabo la tecnificación de las etapas de pasteurización e hilado del proceso de fabricación de quesos.

También se aborda una metodología de carácter cuantitativo, ya que observamos la realidad de las empresas en el sector de la producción y fabricación de derivados de leche, se propone la automatización industrial como solución a problemas de productividad y lograr una mayor rentabilidad.

Población

La fabricación de productos derivados de lácteos es una idea de negocio muy común en municipios de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Esto se debe a la gran producción de leche en estas zonas de clima frio. Para este proyecto se trabaja con la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá, a la cual se le realiza el diseño de la automatización de dos etapas de su proceso de fabricación de queso.

Muestra

El proceso de fabricación de queso de la planta Del Altiplano Productos Lácteos se divide en varias etapas. Para este proyecto se seleccionaron las etapas de Pasteurización e Hilado.

Variables

Los conceptos claves que se observan o se identifican en el contenido del proyecto son las siguientes:

- Variable Independiente: Automatización de procesos industriales.
- Variables Dependientes: Productividad, Rendimiento laboral, eficiencia del proceso.

Etapas metodológicas

El desarrollo de este proyecto estará conformado por 6 etapas principales, las cuales son:

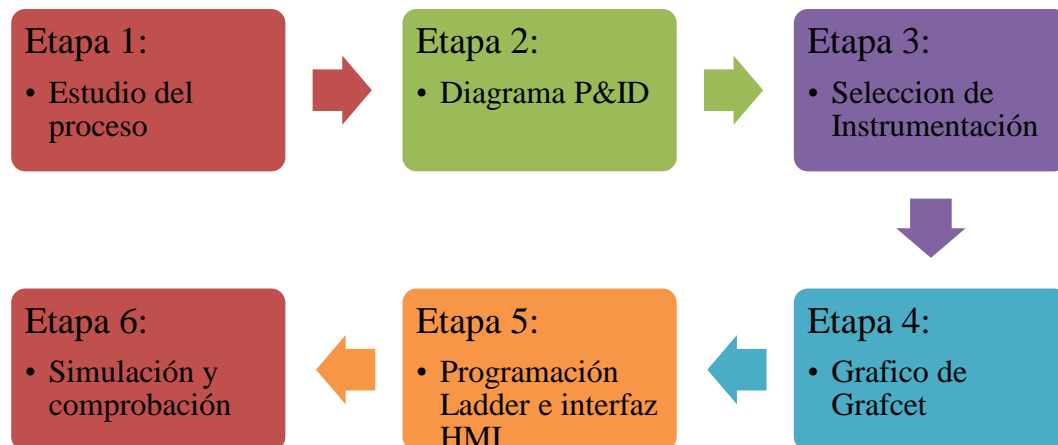


Figura 3: Etapas Metodológicas. Fuente: Autor.

Estudio del proceso:

En relación con el primer objetivo específico, en esta etapa se lleva a cabo una investigación sobre el proceso de fabricación del queso, ya que es de suma importancia

saber todo sobre este tema para así mismo identificar lo que se requiere mejorar a través de la automatización. En esta etapa también se incluye una visita a la planta de fabricación Del Altiplano Productos Lácteos, con el fin de observar todo el proceso en general, los subprocesos o etapas en específico en las cuales se enfoca este proyecto (pasteurización e hilado) y la tecnología presente en la planta.

Diagrama P&ID:

Después de entender el funcionamiento de las etapas de pasteurización e hilado, se procede a la elaboración del diagrama P&ID teniendo en cuenta la norma ANSI/ISA-S5.1. En este diagrama se plasman tanques, tubería, los actuadores de la planta, los sensores que se necesitaran para la respectiva automatización y el dispositivo de control.

Selección de instrumentación:

Con el estudio del proceso y el diagrama P&ID finalizado, se puede determinar las características de los dispositivos que se necesitaran para automatizar las etapas de pasteurización e hilado. Se seleccionarán los sensores que se ajusten a las necesidades y el equipo de control (PLC) según las entradas y salidas que necesite el sistema. Además, se realizará una cotización en páginas de fabricantes para estimar los costos de implementación.

Gráfico de control de etapas y transiciones (Grafcet):

En esta etapa se realizará el gráfico de control de etapas y transiciones (Grafcet) para los procesos de pasteurización e hilado, ya que es de suma importancia en los proyectos de automatización industrial. Con este diagrama se tendrá más orden sobre el funcionamiento de los procesos y los requerimientos de la programación.

Programación Ladder y diseño de interfaz HMI:

En el software Tia Portal se realizará la programación del equipo de control (PLC), para eso se tendrá en cuenta el diagrama de Grafcet y los requerimientos del proceso de fabricación de queso en las etapas de pasteurización e hilado. También se diseñará una interfaz hombre – máquina (HMI), que visualizará de una forma gráfica los procesos y las opciones que tendrá el operador.

Simulación y comprobación:

Usando el complemento PLCSIM de software Tia Portal, se simulará la programación y la interfaz realizada, con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema o detectar posibles errores.

7. Resultados

Descripción del proceso industrial

En el apartado marco teórico de este documento se define el proceso general para elaborar queso; en el presente apartado, se hará un énfasis en las dos etapas para las cuales fue diseñado el sistema de automatización. Lo anterior se logra observando el proceso llevado a cabo en la actualidad por la empresa Del Altiplano Productos Lácteos, ya que sin importar que el proceso de fabricación de queso principal sea el mismo, cada planta tiene su receta o proceso propio que la diferencia de las demás.

Pasteurización

En un proceso de elaboración de queso común o estándar, esta etapa consiste en pasteurizar la leche, es decir, esta se calienta o se hierve a una temperatura de 65°C por 30 minutos. El proceso ya continuaría con la etapa de coagulación, que consiste en enviar la leche a otro recipiente donde se vuelve a calentar hasta determinado valor de temperatura y durante determinado tiempo, estas variables dependen del tipo de queso. Por último, se agregan productos químicos y se mezcal hasta que la leche se coagule.

En el caso de la planta Del Altiplano Productos Lácteos, el proceso de elaboración de queso tiene sus diferencias respecto al proceso común. La diferencia principal se encuentra en el calentamiento de la leche, ya que esta se calienta solo una vez en la etapa de pasteurización a temperaturas más altas, para que cuando pase al siguiente recipiente, la leche este con la temperatura apta para que se coagule.

En taque o silo de pasteurización usado en la planta, el cual tiene la siguiente descripción:

Tabla 2: Descripción tanque de pasteurización

Material	Acero Inoxidable
Capacidad	1500 L
Altura	400 cm

Además, el tanque cuenta con una bomba y un intercambiador de calor, tienen el siguiente funcionamiento:

- **Bomba:** Es el elemento encargado llenar el tanque, se encuentra en la parte superior y no cuenta con algún tipo de control, es decir, solo se conecta a una fuente de energía de 220 v.
- **Intercambiador de calor:** Es la parte responsable de calentar la leche, es una tubería que se encuentra entre las paredes del tanque, por donde pasa vapor de agua procedente de la caldera de la planta.

Hilado

Esta etapa consiste en calentar y batir la cuajada hasta que esta tenga una textura elástica. Normalmente este proceso se realiza de forma manual, pero ya se han desarrollado equipos que pueden llevar a cabo este procedimiento, este se conoce como hilador y es un recipiente con forma de trompo, donde el operario echa la cuajada resultante de la etapa de coagulación, con un batidor se mezcla la cuajada mientras al mismo tiempo se calienta a temperatura media (55°C), este proceso de mezclado debe empezar lento e ir subiendo la velocidad poco a poco, además se debe invertir el sentido de giro del batidor para obtener una mezcla más uniforme. Al lograr la textura deseada, se extrae el producto resultante por una tapa en la parte inferior del recipiente.



Ilustración 1: Hilador Del Altiplano Productos Lácteos

El equipo usado en la planta Del Altiplano Productos Lácteos es el que se observa en la ilustración anterior. Los elementos principales de este equipo son los siguientes:

- **Batidor o Mezclador:** Este elemento es accionado por un motor trifásico, que a su vez es controlado por un variador de frecuencia, está ubicado en el panel de control que se observa en la Ilustración 1. Para su funcionamiento requiere de un operario que esté presente durante todo el proceso; tiene las opciones de variar la velocidad e invertir el giro.
- **Intercambiador de calor:** Es el responsable de calentar la cuajada, al igual que el tanque de pasteurización, es una tubería que se encuentra dentro de las paredes del recipiente y por esta pasa el vapor de agua.

Diagramas P&ID

Según lo observado en la visita a la fábrica de queso y el estudio realizado, se planteó el diseño del diagrama P&ID para las etapas anteriormente mencionadas, priorizando el proceso de fabricación actual como base del diseño de la automatización, de esta forma se garantiza que el diseño se ajuste de forma idónea a las necesidades del proceso de producción de la fábrica. Además, los equipos con los que ya cuentan la empresa son incluidos en el desarrollo del diseño, por lo tanto, no se deberá adquirir otros y se reducirá el presupuesto del proyecto.

Para el diseño se utilizó el software AutoCAD Plant 3D, se diseñó un diagrama P&ID para la etapa de pasteurización y otro para la etapa de hilado, ya que estas etapas no tienen relación directa.

Pasteurización

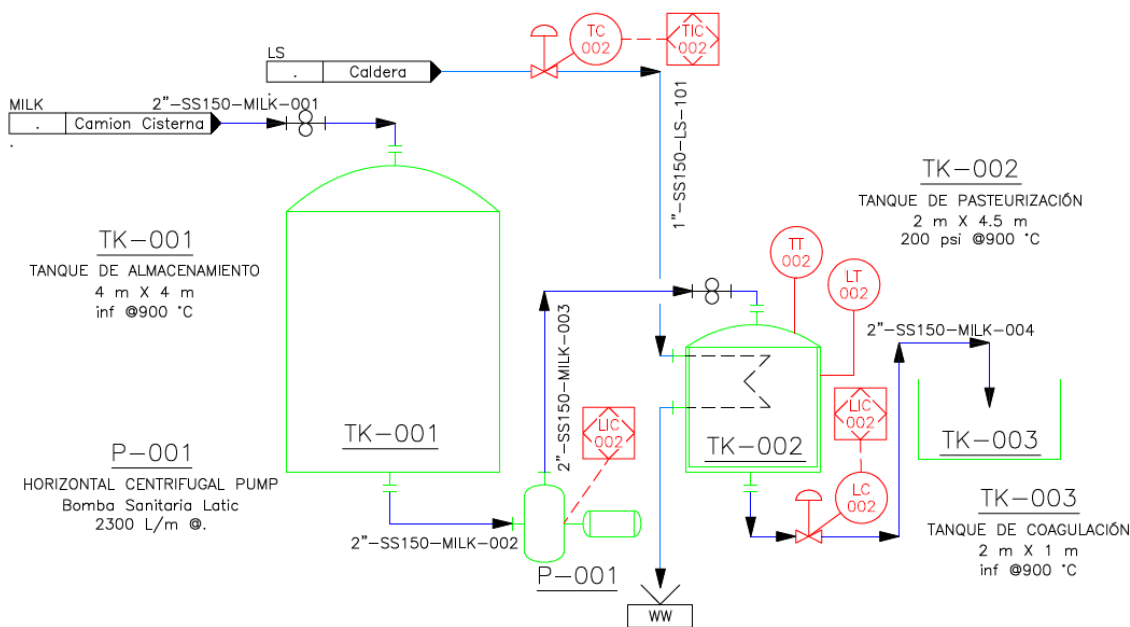


Figura 4: Diagrama P&ID para la etapa de pasteurización. Fuente: Autor.

Para la etapa de pasteurización se realizó el anterior diagrama P&ID (Ver Figura 4). El elemento principal donde se lleva a cabo el proceso es el tanque de pasteurización (TK – 002), funcionamiento que se rige en base al control y monitoreo de dos variables: nivel y temperatura.

El nivel del tanque de pasteurización aumenta cuando se activa la bomba que se encuentra a la entrada de este, trayendo la leche desde el tanque de almacenamiento (TK – 001) y el nivel disminuye cuando se activa la electroválvula que se encuentra a la salida, dando paso a la leche al tanque de coagulación (TK – 003).

La temperatura en la etapa de pasteurización es controlada por una electroválvula, esta se encuentra a la entrada del intercambiador de calor del tanque y da el paso al flujo de vapor que proveniente de la caldera.

Para el control de las variables anteriormente mencionadas, el tanque de pasteurización cuenta con dos sensores, que monitorean en tiempo real las variables y transmiten la información al PLC, para que así, este pueda realizar las operaciones de control apropiadas y ejercer acción sobre los actuadores (bomba y electroválvulas).

Hilado

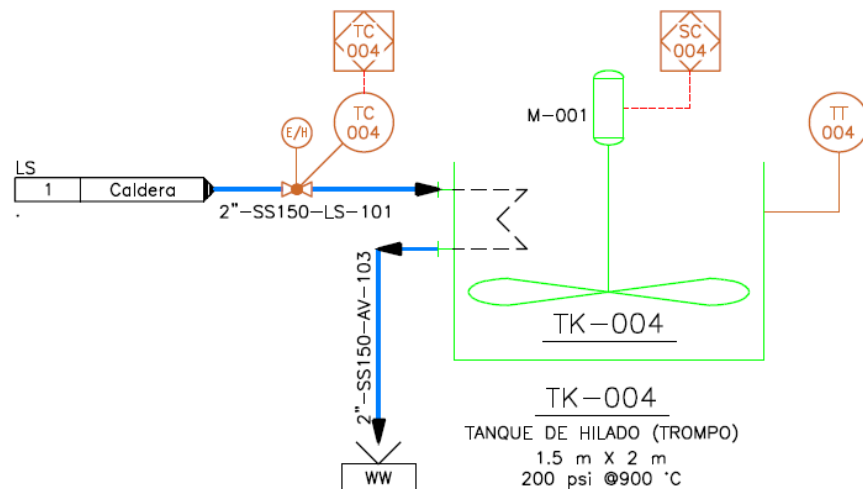


Figura 5: Diagrama P&ID para la etapa de hilado. Fuente: Autor.

Para la etapa de hilado se realizó el anterior de diagrama P&ID (Ver Figura 5). En este diagrama, se observa que la tubería e instrumentación para esta etapa es muy sencilla, ya que consiste en un solo elemento principal, que es el tanque de hilado (TK – 004), que, a su vez es conformado por otros componentes de los cuales depende su funcionamiento.

El tanque cuenta con un sensor de temperatura, el cual además de captar la variable, transmite la información al PLC y dependiendo del valor, este activara o desactivara la electroválvula que se encuentra a la entrada del intercambiador de calor.

Por otro lado, el mezclador o batidor trabaja de forma paralela, es decir, no depende de la variable temperatura, su función se realiza según intervalos de tiempos.

Graficet de programación

A continuación, se muestra los gráficos de control de etapas y transiciones para los procesos de pasteurización e hilado.

Pasteurización

Teniendo en cuenta la sección de descripción del proceso, se desarrolló el diagrama de flujo de la etapa de pasteurización actual, lo cual es de gran ayuda para idear las estrategias necesarias al momento de diseñar automatización:

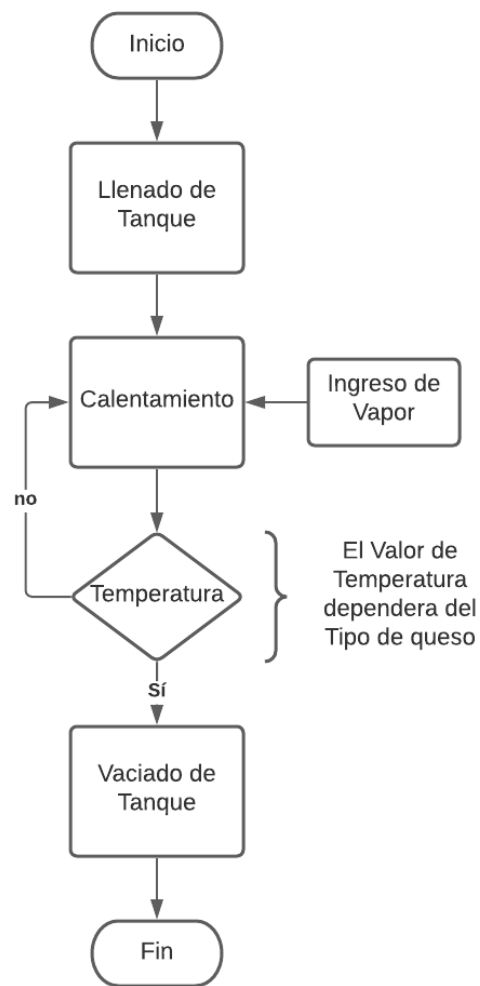


Figura 6: Diagrama de flujo etapa de pasteurización. Fuente: Autor.

El diagrama de flujo anterior nos da entender el proceso de funcionamiento de la etapa de pasteurización de una forma simple, ya comprendiendo el funcionamiento y aplicando términos de automatización, da como resultado el siguiente diagrama Grafcet:

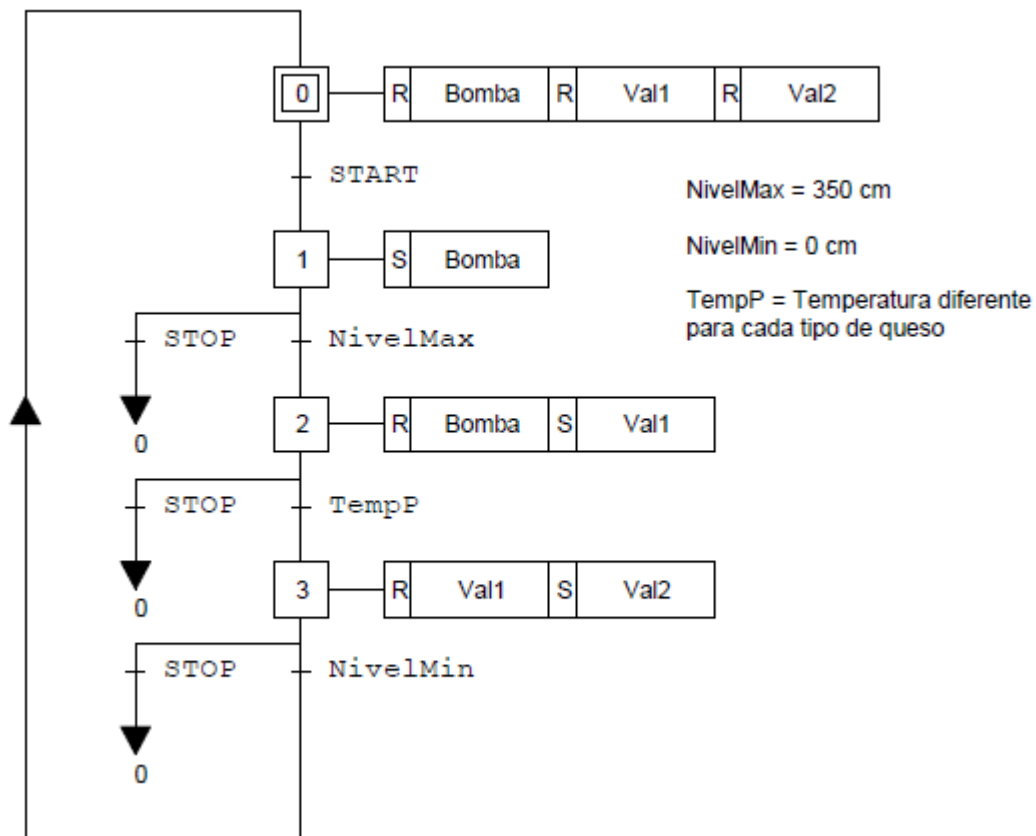


Figura 7: Grafcet para etapa de pasteurización. Fuente: Autor.

- El proceso empieza en la etapa 0, en la cual se declaran condiciones iniciales, es decir, con todos los actuadores apagados. Cuando se oprime el interruptor START, se da el cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa 1 se enciende la bomba para empezar a llenar el tanque. Cuando el nivel de la leche llegue al nivel máximo (NivelMax = 350 cm) se da el cambio a la siguiente etapa.

- En la etapa 2 se apaga la bomba y se abre la válvula de vapor (Val1), que al circular por el intercambiador de calor la leche empezara a calentarse. Cuando se llegue a una temperatura determinada por el tipo de queso (TempP) se da el cambio a la siguiente etapa.
- Por último, en la etapa 3 se cierra la válvula del vapor (Val1) y se abre la válvula de drenaje (Val2) para darle paso a la leche al tanque de coagulación, hasta desocupar por completo el tanque de pasteurización. Cuando el sensor detecte un nivel igual a cero (NivelMin), se da por finalizado el proceso y se vuelve a la etapa 0, declarando condiciones iniciales.

En el Graficet también se incluye un estado de pausa, que le permite al programa detener el proceso por si sucede algún imprevisto. Su funcionamiento es muy simple, sin importar la etapa en la que se encuentre de momento el proceso, al oprimir el interruptor STOP, se dará cambio a la etapa 0, es decir, se apagaran todos los actuadores. Para reanudar se debe oprimir el interruptor START.

Hilado

Para la etapa de hilado se desarrolló el siguiente diagrama de flujo (Ver Figura 8), este nos ayuda a entender el proceso de funcionamiento de la etapa de una forma simple, lo cual es gran importancia para diseñar el diagrama Grafcet.

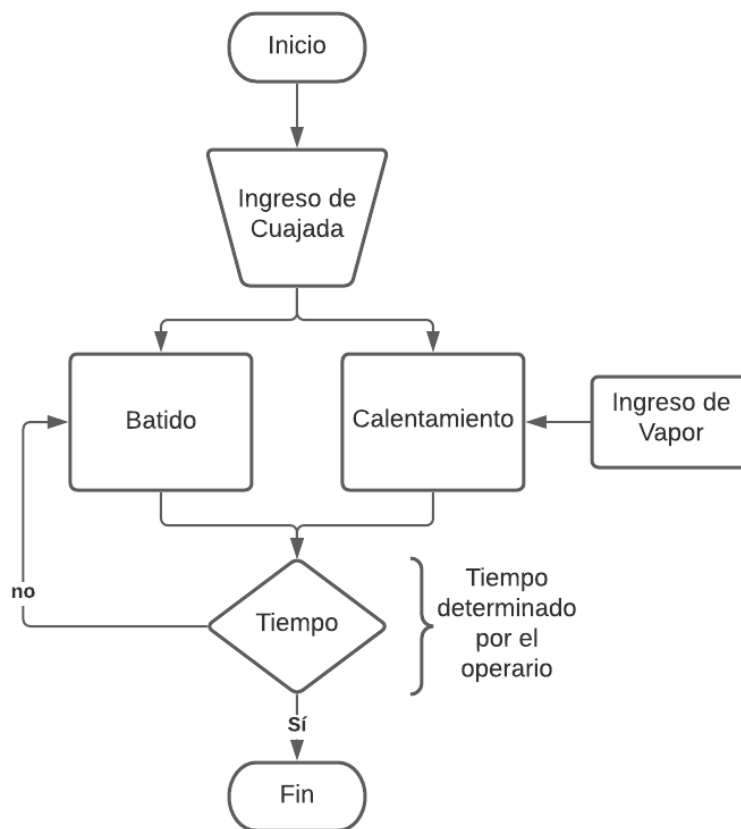


Figura 8: Diagrama de flujo etapa de hilado. Fuente: Autor.

En el diagrama anterior, podemos identificar que la etapa de hilado se divide en dos subprocesos, los cuales son: Batido y Calentamiento.

El diseño de la automatización se enfocó en ambos subprocesos, ya que tienen igual de relevancia en el proceso de funcionamiento de la etapa de hilado. Ya aplicando términos de automatización resultó el siguiente diagrama Grafcet:

Cuando la temperatura en la superficie del tanque llegue una temperatura mínima ($T > \text{min}$) se da paso a las siguientes etapas.

El Graficet continua con dos subprocesos, el mezclado (M) y el calentamiento (T), estos operan de forma paralela, pero el subproceso de mezclado es el que determina cuando empieza y termina el proceso total.

- El subproceso de calentamiento empieza con la etapa T1, la cual no tiene ninguna función operativa, pero es esencial para la lógica del programa. Si la variable T_Ini esta activa, se da cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa T2 se confirma la apertura de la válvula de vapor (Val), cuando la temperatura en la superficie del tanque supera un valor de temperatura máxima ($T > \text{Max}$) se da cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa T3, se apaga o se cierra la válvula de vapor (Val) y cuando la temperatura baje de un valor mínimo ($T < \text{Min}$) se da cambio a la etapa T1, de tal modo que se configura un ciclo en el único fin de mantener la temperatura en un rango determinado ($T > \text{Min} \ \& \ T < \text{Max}$).

Retomando, al finalizar la etapa 1 se iniciaban dos subprocesos que operan en paralelo, anteriormente se detalló el subproceso de calentamiento (T), a continuación, se hará lo mismo con el subproceso de mezclado (M), que empieza con la etapa M1:

- En la etapa M1 se enciende el relé que corresponde a la velocidad media del mezclador (V2), se apaga V1 y se activa la variable T_Ini, la cual no tiene función operativa, pero es esencial para el funcionamiento del subproceso de calentamiento. Cuando pase un tiempo determinado ($t = t_{\text{hilado}}$) se da el cambio a la siguiente etapa.

- En la etapa M2 se enciende el relé que corresponde a la velocidad rápida del mezclador (V3) y se apaga V2. Cuando pase un tiempo determinado ($t = t_{\text{hilado}}$) se da el cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa M3 se enciende el relé que corresponde a la velocidad de giro inverso o antihorario del mezclador (V4) y se apaga V3. Cuando pase un tiempo determinado ($t = t_{\text{hilado}}$) se da el cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa M4 se enciende el relé que corresponde a la velocidad rápida del mezclador (V3) y se apaga V4. Cuando pase un tiempo determinado ($t = t_{\text{hilado}}$) se da el cambio a la siguiente etapa.
- En la etapa M5 se enciende el relé que corresponde a la velocidad de giro inverso o antihorario del mezclador (V4), se apaga V3 y se desactiva la variable T_Ini. Cuando pase un tiempo determinado ($t = t_{\text{hilado}}$) se da por finalizado el proceso total, dando el cambio a la etapa 0, es decir, empezando un nuevo ciclo de funcionamiento.

Este Graficet también incluye una función de pausa, la cual se activa al pulsar el interruptor STOP, para reanudar el proceso se pulsa el interruptor START.

Es importante mencionar que las etapas de pasteurización e hilado operan de forma individual una de la otra, por tanto, cada etapa tiene sus interruptores propios de START y STOP.

Programación y simulación

Para la programación y simulación de este proyecto se usó el software Tia Portal y su complemento PLC-SIM, obteniendo los siguientes resultados:

Configuración de dispositivos

Para el diseño del proyecto se usaron dos componentes principales, los cuales son el PLC s7-1200 con CPU 1214C y una pantalla HMI táctil de 6 pulgadas KTP600; ambos del fabricante Siemens.



Figura 10: Conexión de dispositivos. Fuente: Autor.

En una red conformada únicamente con dos dispositivos, la configuración de la comunicación no es un tema para detallar, ya que esta se realiza de forma automática por el software

Programación Ladder

La programación de lógica de contactos o Ladder es un tipo de programación muy sencillo, ya que es muy gráfica y con su forma de escalera es fácil interpretar su funcionamiento. También el software Tia Portal ofrece muchas ventajas a la hora de programar, ya que es uno de los software más intuitivos y sencillos para este tipo de programación.

En este proyecto se realizó una programación muy sencilla y fácil de interpretar, debido a que se usó los diagramas Grafcet como base de referencia, es decir, se tienen en cuenta transiciones y etapas, estas últimas ejercen control sobre los actuadores; como se observa en la siguiente figura:

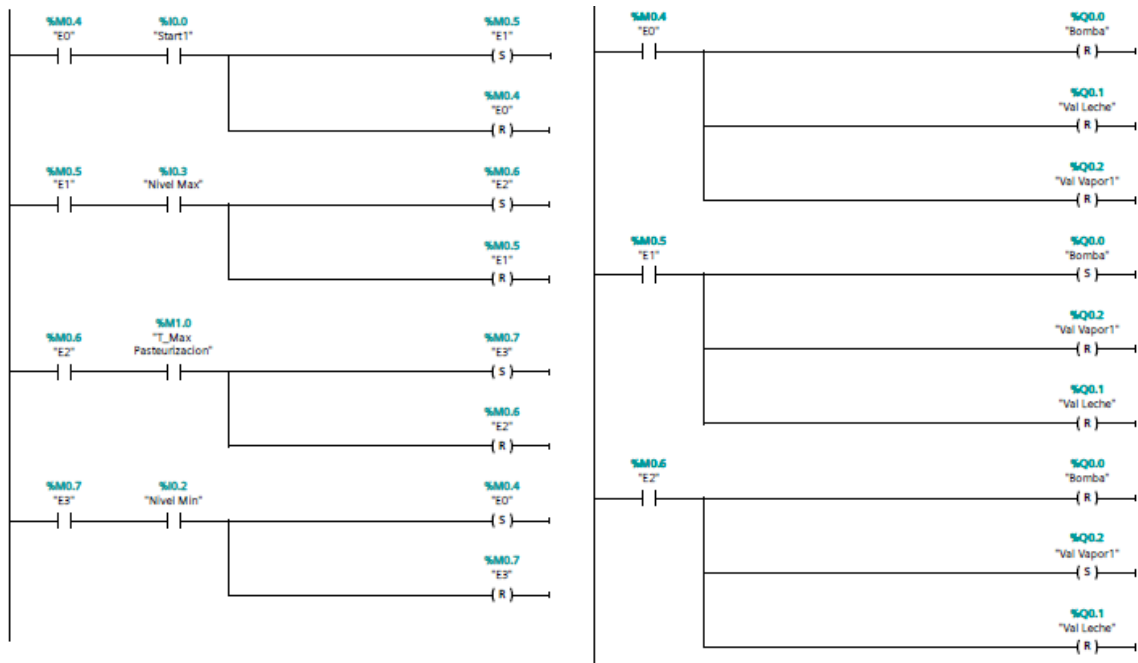


Figura 11: Fragmento de programación Ladder. Fuente: Autor.

Tal como se observa en la Figura 11, la programación tiene un funcionamiento muy simple, se da una continuidad etapa a etapa usando solo contactores y bobinas. Para funciones de más complejidad, el software ofrece bloques muy intuitivos para funciones específicas como: conversiones entre tipos de datos, temporizadores, normalizar y escalar variables. Por ejemplo, para la lectura de las señales provenientes de los sensores se realizó la siguiente configuración:

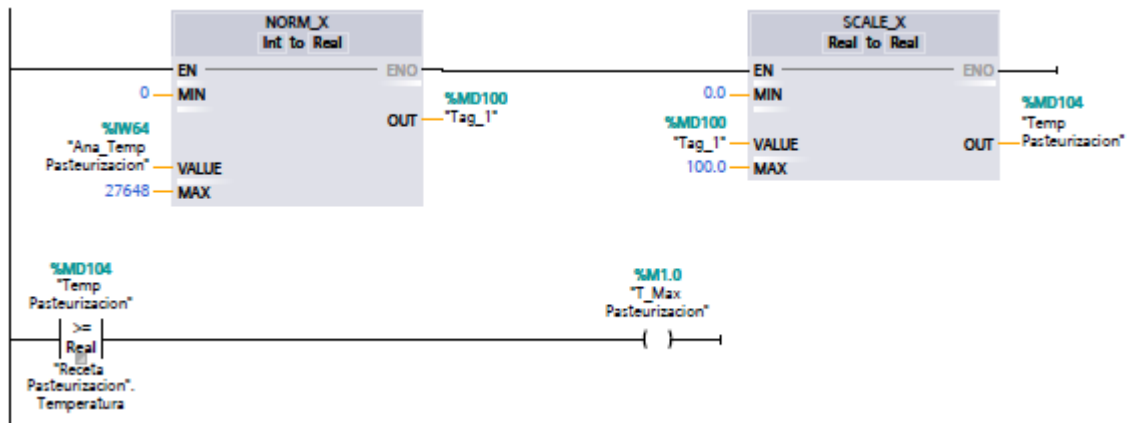


Figura 12: Lectura variable analógica en el Software Tia Portal. Fuente: Autor.

Interfaz HMI y simulación

En el desarrollo de la interfaz hombre maquina se buscó un diseño simple, el cual fuera de uso cómodo para los operarios, tanto en el control como en su visualización.

Esta empieza con un control de usuarios, distinguiendo entre operadores y administrador, este último deberá acceder con una contraseña, ya que tienen acceso a todas las funciones de la interfaz. (Ver Figura 13)

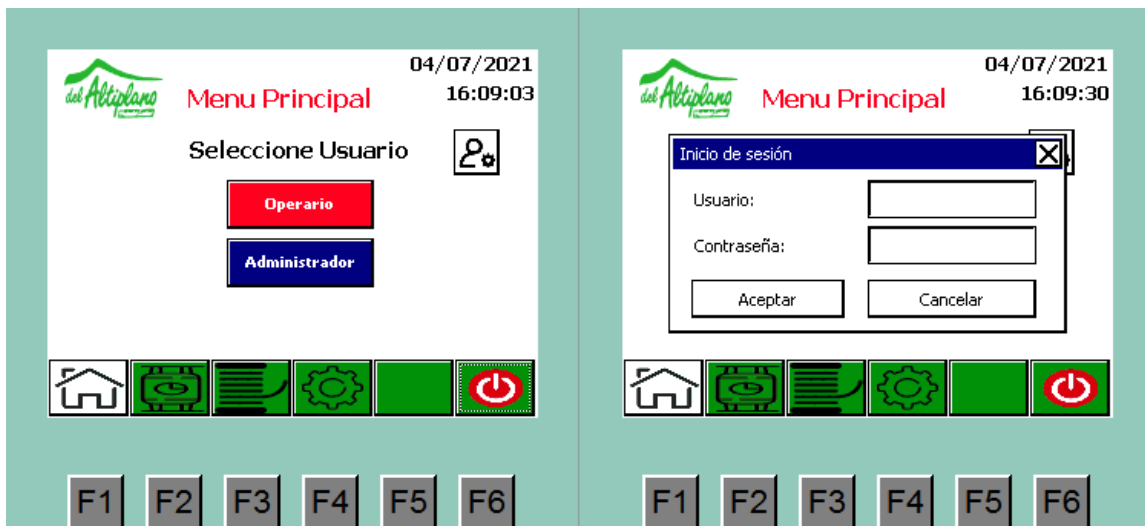


Figura 13: Control de usuarios interfaz HMI. Fuente: Autor.

El operario tiene un acceso limitado a las funciones de la interfaz, este solo puede acceder a las funciones que son netamente de proceso, como el monitoreo de las etapas de pasteurización e hilado.

La etapa de pasteurización contiene indicaciones numéricas de las variables que intervienen en el proceso (nivel y temperatura) e indicaciones visuales del estado de los actuadores (bomba y válvulas), estas, cambian de color y parpadean cuando están en funcionamiento. Además, cuenta con un botón para seleccionar el tipo de queso y su respectiva indicación de confirmación. (Ver Figura 14)



Figura 14: Etapa de pasteurización interfaz HMI. Fuente: Autor.

La etapa de hilado cuenta con indicaciones numéricas de las variables que intervienen en el proceso (temperatura y tiempo) e indicaciones visuales del estado de los actuadores (motor y válvula). Cabe mencionar que el tiempo es una cuenta regresiva, la cual es seleccionada o configurada por el administrador. (Ver Figura 15)

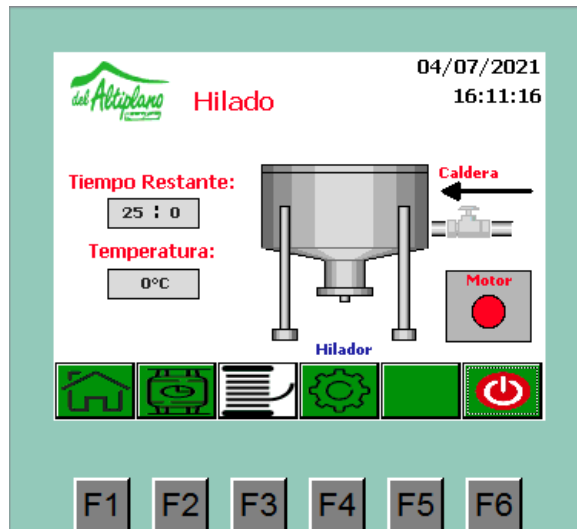


Figura 15: Etapa de hilado interfaz HMI. Fuente: Autor.

Hasta la función anterior tiene acceso el operario, para las siguientes funciones solo tiene acceso el administrador. Como toda aplicación de acceso con contraseña, es necesario tener la opción de poder cambiarla por si esta se divulga y ya no cumple su objetivo de seguridad. En el botón con el icono de usuario de la interfaz de inicio (Ver Figura 13), se puede acceder a dicha opción. (Ver Figura 16)



Figura 16: Configuración de usuarios interfaz HMI. Fuente: Autor.

Una de las funciones más importantes para el administrador en esta interfaz HMI, es el acceso al control de las variables que interviene en el proceso, ya que es de suma importancia para que la empresa pueda configurar y llevar a cabo su receta propia. (Ver Figura 17)



Figura 17: Configuración de las variables interfaz HMI. Fuente: Autor.

Como se observa en la figura anterior, el administrador puede configurar las variables que intervienen el proceso, solo tiene que tocar dicha variable y seleccionar el valor que considere apropiado para el funcionamiento del procedimiento de elaboración de queso, teniendo en cuenta la unidad de la variable.

Por último, para la simulación se usó el complemento PLC-SIM del Tia Portal, el cual nos permite simular el hardware del PLC, es decir, podemos tener un PLC virtual donde cargar el programa para verificar su funcionamiento. Este se complementa con la simulación de la pantalla HMI y desde la interfaz podemos modificar variables en la memoria del PLC virtual. (Ver Figura 18)

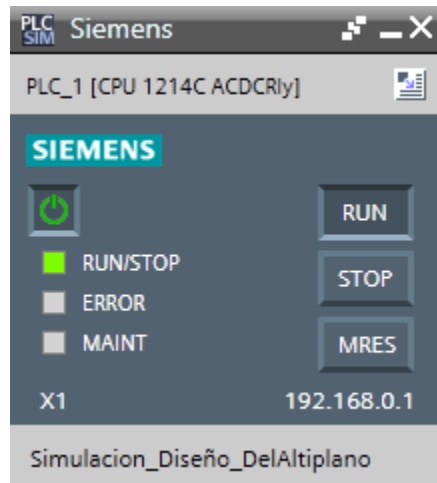


Figura 18: Simulación del PLC. Fuente: Autor.

Para la simulación de las entradas del PLC, usamos la tabla del PLC-SIM para modificar estas variables. Podemos activar o desactivar las variables de dos estados (digitales) e incluso modificar las variables numéricas (analógicas). Ver Figura 19

Nombre	Dirección	Formato de visua...	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
Start1:P	%IO.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
Start2:P	%IO.4:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
Stop1:P	%IO.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
Stop2:P	%IO.5:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
Ana_Nivel:P	%IW6:P	DEC+/-	0		<input type="checkbox"/> 0
*Ana_Temp Past...	%IW64:P	DEC+/-	0		<input type="checkbox"/> 0
*Ana_Temp Hila...	%IW96:P	DEC+/-	0		<input type="checkbox"/> 0

Figura 19: Tabla PLCSIM para simular variables de entrada. Fuente: Autor.

Estimación de costos

Teniendo en cuenta la selección de instrumentos y el diagrama P&ID, se elabora el siguiente presupuesto:

Tabla 3: Recursos materiales estimados para el proyecto. Fuente: Autor.

Cant.	Elemento	Marca	Referencia	Valor Uni.	Valor Total
1	PLC	Siemens	SIMATIC S7-1200 CPU 1214C	\$ 1.099.000	\$ 1.099.000
1	Modulo Entrada Analógica	Siemens	SIMATIC SB 1231 AE	\$ 210.000	\$ 210.000
1	Variador de Frecuencia	Siemens	SINAMICS V20	\$ 700.000	\$ 700.000
1	Pantalla HMI	Siemens	SIMATIC Basic Panel Siemens KTP600 Basic PN	\$ 2.600.000	\$ 2.600.000
1	Sensor de Temperatura	Siemens	SITRANS TS500	\$ 1.450.000	\$ 1.450.000
1	Sensor de Temperatura	ASCON	Termopar ZIS 01	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
2	Sensor de Nivel	Siemens	SITRANS Probe LU240	\$ 1.350.000	\$ 2.700.000
2	Válvula Neumáticas	Uni D	Solenoides para Vapor 2 vías 110 VAC, 1"	\$ 1.900.000	\$ 3.800.000
1	Válvula Hidráulica	Uni D	Solenoide 2 vías NC 110 VAC, 2"	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000
1	Interruptor Automático	Siemens	5SY4106-6	\$ 22.000	\$ 22.000
2	Contactores	Siemens	SIRIUS 3RT2015-1BB41	\$ 140.000	\$ 280.000
1	Pulsador - Parada de emergencia	Eaton	121462 - M22-PVT45P	\$ 62.000	\$ 62.000
2	Pulsador Luminoso - Verde	Eaton	216596 - M22-D-G	\$ 18.500	\$ 37.000
2	Pulsador Luminoso - Rojo	Eaton	216594 - M22-D-R	\$ 18.500	\$ 37.000
2	Indicador Luminoso - Verde	Eaton	216772 - M22-L-R	\$ 18.000	\$ 36.000
2	Indicador Luminoso - Rojo	Eaton	216773 - M22-L-G	\$ 18.000	\$ 36.000
1	Gabinete	Bm Electric	500x400x200 mm Ip65	\$ 250.000	\$ 250.000
5 m	Cable Vehicular Rojo Cal 20			\$ 15.000	\$ 15.000
5 m	Cable Vehicular Negro Cal 20			\$ 15.000	\$ 15.000
5 m	Cable Vehicular Rojo Cal 10			\$ 20.000	\$ 20.000
5 m	Cable Vehicular Negro Cal 10			\$ 20.000	\$ 20.000
Total:					\$ 18.989.000

Tabla 4: Recursos humanos estimados para el proyecto. Fuente: Autor.

Función	Personal	Horas	Valor Hora
Estudio del proceso	Ingeniero en Automatización	16	\$ 560.000
Diagrama P&ID	Ingeniero en Automatización	16	\$ 560.000
Gráfico Grafcet	Ingeniero en Automatización	8	\$ 280.000
Programación y simulación	Ingeniero en Automatización	40	\$ 1.400.000
Montaje	Supervisor	40	\$ 1.400.000
	Técnico	80	\$ 2.000.000
Total:			\$ 6.200.000

Teniendo en cuenta las tablas de recursos materiales y humanos se llega a la conclusión de un presupuesto total:

Tabla 5: Presupuesto total estimado para el proyecto. Fuente: Autor.

Concepto	Valor
Recursos materiales	\$ 18.989.000
Recursos humanos	\$ 6.200.000
Varios (Viáticos, papelería, etc.)	\$ 1.811.000
Total:	\$ 27.000.000

8. Conclusiones

- La empresa Del Altiplano Productos Lácteos en la actualidad pasa por un buen momento comercial, sus productos cada vez son más demandados por su clientela. Esta situación es muy buena para sus propietarios ya que les permite aumentar sus ganancias, pero no tanto para sus empleados, debido a que deben multiplicar sus esfuerzos para aumentar la producción, por esta razón, el diseño desarrollado en este proyecto suma gran importancia, ya que la necesidad es obvia y las circunstancias aumenta la posibilidad de una futura implementación. Además de las necesidades propias de la empresa, se le suman todas las ventajas que trae la automatización a los procesos industriales, como el aumento de producción, uniformidad del producto y la reducción de la probabilidad de errores en el proceso.
- El diseño y elaboración de los diagramas P&ID ayudo a facilitar el proceso en general del diseño de la automatización. Sin estos diagramas es difícil visualizar y llevar un control sobre lo que se quiere realizar o incluso se dificulta entender el proceso de elaboración del producto. Además, es más fácil estimar los equipos o instrumentación necesaria para llevar a cabo el proyecto, ya que ciertas especificaciones técnicas van incluidas dentro de los planos. Esto obviamente de la mano del uso de un buen software como lo es AutoCAD Plant 3D, que además nos da la opción de visualizar la distribución de los equipos en el área de trabajo.
- La herramienta de simulación que nos ofrece el software Tia Portal, es de gran ayuda a la hora de programar y diseñar la interfaz HMI; ya que nos permite estimar con exactitud los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto. Además de probar el

funcionamiento de la programación Ladder, el software nos permite simular las entradas del PLC (digitales y analógicas), y visualizarlas en la pantalla HMI en tiempo real, lo cual es de gran ayuda para observar el comportamiento de todos los elementos que conforman el proyecto y el funcionamiento total de la automatización diseñada.

- A partir del presupuesto podemos determinar que la implementación de este proyecto es muy viable, ya que no es un monto considerable teniendo en cuenta la cantidad de materia prima que se procesa por día, la cual es proporcional a las ganancias obtenidas por la empresa. Teniendo en cuenta esa relación y las ventajas que traería al proceso la automatización industrial, este tipo de proyectos se hacen muy rentables, ya que la inversión se puede recuperar en poco tiempo.
- En general, el uso de softwares confiables y de calidad ayuda en demasía a desarrollar proyectos de este tipo con mayor facilidad, ya que tareas que con otros softwares se convierten en tediosas, en Tia Portal o AutoCAD Plant 3D se desarrollan de forma maquina. Son programas que no solo cumplen con su función, sino que ofrecen más herramientas y complementos para llevar a cabo mejores resultados. Por último, el diseño de sus interfaces gráficas, hacen que estos sean muy intuitivos al momento de usar, lo cual es perfecto, sobre todo cuando se está empezando a trabajar con este tipo de softwares.
- Es un hecho que la automatización industrial es necesaria para todas aquellas empresas que quieren aumentar su producción. En el sector de alimentos donde el porcentaje de empresas tecnificadas es muy bajo, surge la automatización industrial no solo como

solución al problema anterior, sino también como una idea de negocio muy rentable para crear empresa

9. Bibliografía

- ACIS. (n.d.). *En lo corrido del 2020 ha crecido el consumo del queso en Colombia*. Retrieved February 21, 2021, from <https://www.acis.org.co/portal/content/noticiasdeinteres/en-lo-corrido-del-2020-ha-crecido-el-consumo-del-queso-en-colombia>
- Chiliquinga, C., & Quinto, W. (2017). *AUTOMATIZACIÓN DE SALADO DE QUESO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DENTRO DEL CAMPO ALIMENTICIO EN LA EMPRESA DE LACTEOS JB DEL CANTÓN GUAMOTE*. Riobamba.
- CONtexto ganadero. (n.d.). *Colombia, a la vanguardia en producción de quesos: informe*. Retrieved February 21, 2021, from <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/colombia-la-vanguardia-en-produccion-de-quesos-informe>
- Corrales, R., & Suatunce, O. (2005). *Automatización del proceso de producción de queso para la microempresa “Quesera San José de Chanchalo”* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/373/1/t159id.pdf>
- EDS Robotics. (2021). *La importancia de la automatización de procesos industriales*. Retrieved April 14, 2021, from <https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales/>
- Espinal Gómez, C. F. (2013). *Manual de Elaboración de Queso Campesino y Prensado*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/28670/59198_14108.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García Baquero. (n.d.). *La historia del queso: los orígenes de un alimento milenario*. Retrieved April 12, 2021, from <https://www.garciabaquero.com/la-historia-del-queso-i-el-origen-del-queso>
- Grajales, M. M. (2019). *Estandarización del Proceso de Elaboración de Queso Doble Crema Tipo Mozzarella*. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1831/641370218H565.pdf;jsessionid=7B57F4900F8C6460D27BD1EDBB8B8AEE?sequence=1>
- Jiménez Guacaneme, N. (2004). *FORMULACION Y ELABORACION DE QUESO DOBLE CREMA HILADO CON FRESA EN ALMIBAR*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20123/njimenezg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LA PAYESA. (n.d.). *¿Cual es el origen del queso?*. Retrieved April 12, 2021, from <http://www.lapayesa.es/es/el-queso/origen>

- Lozada Gutiérrez, W. J. (2016). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA FABRICA DE QUESO PAIPA Y QUESO CAMPESINO PARA LACTEOS CAMPOREAL EN LA CIUDAD DE PAIPA* [Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1706/1/TGT-389.pdf>
- Mejia, C. (n.d.). Diseño de la Automatización de un Prototipo de Línea de Producción de Quesos. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7299/3/ARTICULO.pdf>
- Quesos Melissa. (2020). *Queso Pasteurizado*. <https://www.quesosmelissa.com/productos/queso-pasteurizado/>
- RAMOS SORIA, R. B. (2018). *AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE ELABORACION DE QUESOO FRESCO SEMIBLANDO ENTERO DE LA EMPRESA EL CAMPESINO*. Quito. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15327/1/UPS - ST003497.pdf>
- Rangel A, P. (2009, September 3). Los Quesos: Clasificación, Elaboración y Maduración. Retrieved April 12, 2021, from <https://es.slideshare.net/Carpediem1004/quesos-clasificacin-elaboracin>
- Revista Pesquisa Javeriana. (n.d.). Contra los patógenos en los quesos: una cuestión de buenas prácticas. Retrieved February 21, 2021, from <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/contra-los-patogenos-en-los-quesos-una-cuestion-de-buenas-practicass/>
- REYES HERRERA, A. L., & VERGARA BALDOVINO, E. D. (2016). *AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena. Retrieved from <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/1240/0069407.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez Zumba, A. E. (2015). *Elaboración de un manual de operaciones para el proceso de fabricación de queso fresco de calidad en la empresa Aychapicho Agro´s S.A.* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10471/1/CD-6193.pdf>