



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y
SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTAS
DE PRODUCCIÓN DE CAMELO
DURO**

Autor: Suarez David

C.I:27.014.576



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

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMA SCADA PARA LAS
PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE CAMELO DURO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Suarez David C.I: 27.014.576

Tutor:

Prof. Ing. Gilberto Virguez

San Diego, abril de 2022.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería Eléctrica para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: "PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE CARAMELO COLO"

Realizado por el (la) Br. David Suarez

C.I. N° 27.014.576 cursante de la carrera de Ingeniería Eléctrica

hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

~~Tutor Académico~~
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Gilberto Diquez
C.I.: 27.014.576

Gonzalez
Jurado
Nombre: Gerson Jair Sanchez
C.I.: V-7143386

Antonio
Jurado
Nombre: Antonio RODRIGUEZ
C.I.: 14923464

Fecha: 14/10/2022





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

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Gilberto Virguez, portador de la cedula de identidad N.º 26.116.379, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano David Suarez portador de la cédula de identidad N.º 27.014.576 titulado: **PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE CARAMELO DURO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los Doce días del mes de septiembre del año dos mil veintidós.

Ing. Gilberto Virguez

C.I. 26.116.379

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANATO DE INGENIERÍA



FI E 002 2022-2CR TG

Valencia, 10 de junio de 2022

Ciudadano:
SUAREZ LUGO, DAVID ANTONIO
27.014.576
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 7-2022 de fecha 13/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Propuesta de automatización y sistema scada para las plantas de producción de Caramelo Duro

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Wilmer Eduardo Sanz Fernández, titular de la cédula de identidad V- 7.130.496



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa la culminación de una etapa en mi vida, y a su vez el comienzo de otra más importante. Sin duda no hubiese podido realizarlo sin la ayuda y el apoyo de tantas personas que quizás sin saberlo aportaron su grano de arena para que pudiera seguir adelante con mi formación académica y así poder ver hoy este logro realizado. No fue fácil, pero con esfuerzo y sacrificio llegamos a la meta.

A Dios Por siempre guiar mis pasos

A mis padres, papá y mamá por ser mi pilar fundamental con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y ayuda en todo lo que les fue posible.

A mis hermanas que en la distancia estuvieron presentes en este proceso

A mis abuelos por brindarme todo su apoyo y la sabiduría de sus consejos

A mi pareja por toda su ayuda en cada momento que lo amerite.

A mi familia en general tíos, tías, primos y primas por siempre estar atentos a cualquier cosa que pudiera necesitar

A mi tutor académico Gilberto Virgüez por su guía a lo largo de la elaboración de este trabajo de grado

A mi tutor metodológico la profesora Alicia de Pizella por asumir junto mí el reto de documentar toda la información de una manera clara y efectiva.

A los profesores Wilmer Sanz, Antonio Rodríguez, Gerson Jair e Irais Rodríguez porque además de sus enseñanzas impartidas, lecciones de vida y vivencias laborales, hicieron crecer en mí el deseo de ser ingeniero y un mejor profesional.

A mis compañeros de estudio por atravesar juntos todos los retos que conlleva estudiar la carrera de ingeniería electrónica

A mis socios y compañeros de trabajo por todo su apoyo y entendimiento a lo largo de la carrera.

A mis amigos su presencia en los buenos y malos momentos.

DEDICATORIA

Este trabajo va principalmente dedicado a mi persona, ya que me he esforzado a lo largo de estos últimos cinco años, manteniéndome enfocado a pesar de todas las dificultades que han transcurrido en el tiempo.

Asimismo, va dedicado a mis padres, quienes me forjaron e impartieron todos los conocimientos necesarios y me impulsaron a que trazara todas mis metas, sueños y deseos por cumplir, entre ellos ser un ingeniero.

Por otro lado, Dedico este trabajo a Dios que ha guiado mis pasos en este camino y me ha brindado la sabiduría para alcanzar todos los objetivos cumplidos.

Seguidamente, va dedicado a todos los que fueron participe en este logro: familia, entre ellos tíos, abuelos, primos y hermanas debido a que me motivaron a seguir adelante. A mis amigos y socios, ya que siempre tuvieron la disposición de brindarme su apoyo; a compañeros, profesores y tutores quienes formaron parte fundamental de mi crecimiento profesional y además fueron quienes hicieron que el camino fuese más ameno.

Y finalmente, Gracias a todos los nombrados, por formar parte de uno de los logros más anhelados en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURA	VII
ÍNDICE DE TABLA	VII
RESUMEN INFORMATIVO	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema:	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación de la Investigación.....	5
1.5. Alcance	6
1.6 Delimitación	6
1.6.1 Delimitación espacial.....	6
1.6.2 Delimitación temporal.....	6
1.6.3 Delimitación temática	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases teóricas	10
2.2.1 Tecnología del caramelo	11

2.2.2	Confitería industrial.....	11
2.2.3	Selección de equipamiento tecnológico	11
2.2.4	Posibles defectos en los caramelos duros.....	12
2.2.5	Condiciones del Proceso que influyen en el Producto Final	12
2.2.6	Composición de Caramelos Duros	12
2.2.7	Temperatura Vitreo de Transición	13
2.2.8	Análisis sensorial.....	13
2.2.9	Automatización	15
2.2.10	Procesos Industriales.....	17
2.2.11	Sistemas de Control.....	19
2.2.12	Sensores	22
2.2.13	Controlador Lógico Programable.....	25
2.2.14	Lenguajes de Programación de un PLC.	30
2.2.15	Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface).....	31
2.3	Bases legales.....	34
2.3.1	Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación	34
2.4	Definición de términos básicos	35
III.	MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1	Tipo de investigación	32
3.2	Diseño de la investigación.....	32
3.3	Nivel de la investigación	33
3.4	Población y Muestra	33
3.4.1	Población	33

3.4.2 Muestra.....	33
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	34
3.5.2. Instrumentos empleados	35
3.6 Fases de la Investigación	35
IV. RESULTADOS	37
4.1. Fase I: Investigar el proceso de fabricación de caramelo duro para así definir la planta a desarrollar.	37
4.1.1 Proceso de fabricación del caramelo duro.....	37
4.2 Fase II: Establecer la Instrumentación del proceso simulado.	46
4.3 Fase III: Realizar la automatización del proceso simulado mediante el uso del controlador lógico programable PLC.	48
4.3.1 Funcionamiento del proceso y graficet general	49
4.3.2 Consideraciones del proceso.	59
4.3.3. Graficet del proceso de caramelo duro en STEP7 para PLC Siemens S7300	60
4.4 Fase IV: Diseñar el sistema SCADA de la automatización de la fábrica de caramelo duro.	71
4.5 Fase V: Realizar un estudio de factibilidad técnica, ambiental y estimación de costos de la fábrica de caramelo duro.....	85
5.1 Factibilidad Técnica.	85
5.2 Factibilidad ambiental	88
5.3 Estimación de costos	90
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA	Pag
1	13
2	15
3	16
4	17
5	17
6	19
7	22
8	23
9	29
10	15
11	16
12	17
13	17
14	19
15	22
16	23
17	29
18	19
19	22
20	23
21	29
22	15
23	16
24	17
25	17
26	19

27	Graficet de troqueladora.....	22
28	Solidificación.....	23
29	Envoltura, envasado y empaquetado.....	29
30	Graficet etapa final.....	19
31	Graficet del proceso de caramelo duro en Step7.....	22
32	Entradas y salidas discretas del proceso.....	23
33	Conexión de I/O Discretas al PLC.....	29
34	Conexión del expansor SM323.....	15
35	Conexión del expansor SM332.....	16
36	Control de cintas transportadoras A.....	17
37	Control de cintas transportadoras B.....	17
38	SCADA del mezclado.....	19
39	SCADA de la cocción.....	22
40	SCADA dosificadora.....	23
41	SCADA Abastoneadora y Troqueladora.....	29
42	SCADA envasado y empaquetado.....	29
43	SCADA para alarmas.....	

ÍNDICE DE TABLA

TABLA		Pag
1	Diagrama de flujo del proceso de fabricación de caramelo duro.....	38
2	Lista de cotejo del proceso de fabricación de caramelo duro.....	17
3	Lista de Instrumentos y/o equipos para fabricación de caramelo duro	17
4	Comparaciones de Allen Bradley vs Siemens PLCs.....	19
5	Comparaciones de HMI BÁSICO vs SCADA.....	22
6	Lista de Actuadores para el proceso de fabricación del caramelo duro	23
7	Lista de bombas para el proceso de fabricación del caramelo duro.....	29
8	Lista de Equipos para el proceso de fabricación del caramelo duro....	29
9	Lista de pulsadores para el proceso de fabricación del caramelo duro.	29
10	Lista de sensores para el proceso de fabricación del caramelo duro....	29
11	Estimación de costos para la automatización del proceso de fabricación de caramelo duro.....	29



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

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMA SCADA PARA LAS
PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE CAMELO DURO.**

Autor: Suarez Lugo David Antonio.

Tutor Académico: Ing. Gilberto Virguez

Fecha: abril de 2022

RESUMEN INFORMATIVO

La automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. En los últimos años, se ha estado desarrollando el sistema denominado SCADA (siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition), por medio del cual se pueden supervisar y controlar las distintas variables que se presentan en un proceso o planta. Para ello se deben utilizar diversos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., que le permiten al operador tener acceso completo al proceso mediante su visualización en una pantalla de computador. El propósito de esta investigación se centra en desarrollar la propuesta de automatización y sistema SCADA para la planta de producción de caramelo duro. La propuesta a desarrollar incluye detalladamente la instrumentación a utilizar, así como el tipo de PLC necesario para automatizar el proceso junto con el código de programación del mismo; por otro lado, incluye el sistema SCADA desarrollado en el software seleccionado. Además, la línea de investigación adscrita de este proyecto es de Avances tecnológicos en tecnología de información y comunicación. el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de la investigación de campo, con un nivel descriptivo y documental.

Descriptor: SCADA, PLC, Automatización, Instrumentación, Sistemas de comunicación, Software de aplicación.

INTRODUCCIÓN

La automatización de un sistema consiste en usar la tecnología para realizar tareas sin la necesidad de personas, la cual es más común en aquellos procesos relacionados con la fabricación de productos, la robótica, automóviles entre otros. Para realizar la automatización de un sistema es importante tener en cuentas dos factores, los operadores humanos y un conjunto de elementos tecnológicos, que juntos son utilizados para realizar el control de procesos automáticos, esto con el fin de aumentar la productividad, suprimir trabajos forzosos e incrementa la seguridad. En los sistemas de control automático, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso en ejecución en industrias tales como las manufactureras, comerciales, entre otras.

Entonces el desarrollo y progreso tecnológico en el área de la automatización en la actualidad conducen a la industria a innovar y desarrollar nueva maquinaria para que de esta forma incremente la producción y así reducir el tiempo, costos que requiere la misma. La industria es un ámbito muy competitivo donde la rapidez, el bajo costo y la calidad entre otros, son aspectos de gran importancia a la hora de surgir en este campo siendo consecuentes con eso las industrias hoy en día están preocupadas por desarrollar nuevas tecnologías e implementar las ya existentes en los distintos procesos que involucran en el desarrollo de sus productos. La automatización ofrece innumerables soluciones industriales para las empresas que requieren de hardware y software. El hardware hoy en día está basado en los Controladores Lógicos Programables o Autómatas Programables (PLC son las siglas de “Programmable Logic Controller”), los cuales funcionan como el cerebro que opera, controla y gestiona todas las operaciones automatizadas. Puede haber arquitecturas muy sencillas con CPU y entradas/salidas digitales, o mucho más complejas con módulos de comunicaciones, módulos redundantes, señales analógicas, etc. Hoy en día la oferta de hardware es grande y cada vez hay menos diferencias entre los fabricantes que quieren ahora diferenciarse más en el software. Las funcionalidades están pasando del hardware al

software. El propósito de esta investigación se centra en Proponer la Automatización y Sistema SCADA para las plantas de producción de caramelo duro.

Para el desarrollo de lo antes mencionado el siguiente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

Capítulo I: referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

Capítulo II: se hace hincapié en los antecedentes, bases teóricas los fundamentos legales.

Capítulo III: Marco Metodológico se plantea la naturaleza de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación documental con carácter descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

Y, por último, pero no menos importante el **Capítulo IV:** en este capítulo se hablará de los recursos utilizados para por realizar este proyecto, como recursos humanos, financieros, institucionales, et

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La continua evolución de la industria ha permitido desarrollar nuevas técnicas, metodologías y tecnologías para mejorar los procesos de producción, esa sí que hoy en día, se habla ya de una nueva era industrial, al actual se le ha bautizado como la Industria, donde los mundos real y virtual se fusionan a través de las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Dentro de estos conceptos no solamente se toma en cuenta el aspecto tecnológico sino, también, la cooperación entre los seres humanos y las máquinas, de tal manera que el hombre interactúe directamente con las nuevas tecnologías existentes.

En los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Estos procesos son muy variados y abarcan diferentes tipos de productos. En todos estos procesos es necesario controlar y mantener constantes algunas variables como de nivel, los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de esta variable de la manera más adecuada.

Toda industria tiene como objetivo fundamental la obtención de sus productos al menor costo, cumpliendo con la demanda requerida y las normas que lo certifiquen de buena calidad. Este objetivo no es fácil de lograr ya que el proceso de producción está conformado por maquinarias, mano de obra, equipos especializados, personal capacitado, todos interactuando entre sí. Por esto diversas áreas de la ciencia han realizado estudios lográndose técnicas y/o aplicaciones que conducen a minimizar los costos de producción.

Los caramelos duros son productos elaborados a base de azúcar y glucosa, que luego de atravesar altas temperaturas de cocción adquieren una consistencia sólida y quebradiza al enfriarse (Campo Yesenia, 2018). Hace más de cuarenta años, la mayoría de los caramelos eran hechos a mano por un fabricante experto en el arte de hacer dulces. Hoy en día, la producción de caramelos se ha desarrollado desde un arte a una

tecnología, desde el trabajo que consume mano de obra a la mecanización altamente automatizada, y desde un taller de pequeña escala a líneas de gran escala con producción continua y altamente eficientes (Ling-Min, 1992).

En el trabajo publicado por (López Sarmiento, 2007) en su tesis “Optimización de Recursos y reducción de los Índices de Desperdicio y Reproceso en el Área de Caramelos Duros en la Empresa Universal Sweet Industries S.A”, la principal causa de generación de reproceso es el caramelo deformado en la etapa de troquelado. Los caramelos destinados a reproceso son suministrados directamente en estado sólido a la masa virgen, dando como consecuencia grumos de caramelo. La masa virgen junto con el reproceso es sometida a un proceso de amasado, pero esto no diluye en su totalidad los grumos de caramelos por lo que cuando la masa es troquelada se aprecia visiblemente que la misma posee grumos, originando caramelos deformados al momento de troquelar la masa.

Por otro lado, en el trabajo publicado por (Cedeño, 2019) en su tesis “Determinación de la Temperatura Vítreo de Transición en Caramelos Duros”, especifica los defectos presentes al fabricar caramelo duro, entre ellos destacan: Granulación la cual la principal razón radica en continuar agitando una vez llegado al punto final del proceso; Pegajosidad: la principal razón de este defecto viene dado por cocción del proceso demasiado lenta; Opacidad: su principal razón es la cocción muy lenta de la masa.

Como es de notar al fabricar caramelo duro, existen pérdida de materia prima debido al proceso de troquelado y la mano de obra del proceso debido a lo delicado del mismo.

1.2 Formulación del problema:

¿De qué forma se puede automatizar la planta de producción de caramelo duro para así optimizar la producción y disminuir las pérdidas en el proceso de fabricación?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer la automatización de una planta de producción de caramelo duro para disminuir las pérdidas en la producción del mismo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar el proceso de fabricación de caramelo duro para así definir la planta a desarrollar.
- Establecer la Instrumentación del proceso simulado.
- Realizar la automatización del proceso simulado mediante el uso del controlador lógico programable PLC.
- Diseñar el sistema SCADA de la automatización de la fábrica de caramelo duro.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica, ambiental y estimación de costos de la fábrica de caramelo duro.

1.4 Justificación de la Investigación

La importancia y justificación de la presente investigación radica en realizar la Propuesta de Automatización y sistema SCADA para las plantas de producción de caramelos duro, el cual pueda ser realizada utilizando tecnologías de, tanto en Hardware (PLC) como en Software y estos mismo son libres. Además, analizando desde el punto de vista profesional, se desarrolla el siguiente trabajo de grado porque este genera gran interés en el investigador, debido a la factibilidad para su diseño y propuesta, y por ser un tema de actualidad tecnológica que permite el desarrollo de las capacidades, destrezas investigativas y genera una proyección al futuro.

Por otro lado, se sabe que se busca automatizar todo proceso para así reducir pérdidas de materia prima y optimizar la producción, es decir, generar mayor producción en el menor tiempo posible.

Así también, la realización de este Trabajo Especial de Grado permitirá cumplir con los requisitos académicos exigidos por la Universidad José Antonio Páez para alcanzar el título de Ingeniero en Electrónica, además de adquirir nuevos conocimientos y poner en práctica todo el aprendizaje e información adquirida durante toda la carrera.

1.5. Alcance

La propuesta de automatización de una planta de producción de caramelo duro para optimizar la producción del mismo.

1.6 Delimitación

La investigación se realizó según las delimitaciones siguientes:

1.6.1 Delimitación espacial

El trabajo de investigación se realizará en una planta de producción de caramelo duro simulada no implementada.

1.6.2 Delimitación temporal

El cual se efectuará entre los meses comprendidos desde febrero de 2022 hasta octubre de 2022, en el transcurso de este tiempo se realizará el estudio necesario para realizar el desarrollo de la propuesta de automatización de una planta de producción de caramelo duro para optimizar la producción del mismo.

1.6.3 Delimitación temática

Esta investigación estará enmarcada en los autómatas programables, adquisición de datos, sensores, diseño de sistema SCADA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan las bases teóricas y los trabajos realizados por otros investigadores que sustentan esta investigación, se exponen de una forma clara y sencilla, considerando todos los aspectos necesarios para el análisis de las variables que intervienen en la misma.

2.1 Antecedentes

Torrens C. (2021) en el trabajo el cual se titula: **“Propuesta de Diseño de un Sistema de Automatización para la Línea de Ensamblado de Congeladores en la Empresa Belcar Service C.A ubicada en el municipio San diego, Estado Carabobo.”** Para optar por el título de Ingeniero Electrónico presentado en la Universidad José Antonio Páez, San Diego-Venezuela. el objetivo fue el diseño de un sistema de automatización para la línea de ensamblado de congeladores, cuya principal funcionalidad es optimizar la producción de congeladores de la empresa Belcar Service C.A a través de la automatización del proceso en la línea de ensamblajes del mismo.

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal, Proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Línea de Ensamblado de Congeladores en la Empresa Belcar Service C.A ubicada en el municipio San diego, Estado Carabobo el cual permita y describa la automatización de la línea de ensamblado de los congeladores y el ingreso de este producto terminado a la bodega, para su logística y posterior carga a los diferentes contenedores para su distribución, para lo cual se tendrá que usar varios componentes eléctricos y electrónicos para el control de la línea de ensamble e ingreso, como el Controlador Lógico Programable (PLC), Interfaz Humano-Máquina (HMI), sensores, detectores, entre otros, adicionalmente del conocimiento en programación y normativas. Por otro lado, el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de la investigación de campo, con un nivel

descriptivo y documental. Este sistema podrá aportar un control, supervisión, de un sistema para máquinas de inyección a futuros proyectos relacionados a este campo de investigación.

Dicha investigación es considerada un antecedente ya que el objetivo principal es la automatización de un proceso industrial mediante el uso de PLC, la cual embarca similitud con el trabajo a desarrollar, por otro lado, tuvo aportes significativos en las bases teóricas para el desarrollo de dicho trabajo de investigación.

Prada D. (2020) en el trabajo el cual se titula: **“Diseño de un Sistema SCADA para Optimizar el Proceso de Producción de la Semilla de Arroz en la Empresa INIA.”** para optar por el título de Ingeniero mecánico electrónico presentado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo-Perú.

La presente investigación pretende OPTIMIZAR el procesamiento de la semilla de arroz optando por un SISTEMA de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) el cual lograra en primera instancia automatizar todo el sistema mediante equipos electrónicos los cuales facilitarían el control de las variables del proceso. El proceso de producción de la semilla de arroz se desarrolla en 6 etapas: La primera es la de recepción de la materia prima, la segunda es la del pre limpiado de la semilla de acuerdo al tamaño, la tercera es el secado de la materia prima, la cuarta es la selección de la semilla de acuerdo al peso en una mesa gravimétrica y como últimas etapas esta la del mezclado de la semilla con químicos los cuales le darán la pureza y fortalecimiento a la semilla que posteriormente será almacenado. En este proceso encontramos algunas falencias entre las más resaltantes están los tiempos muertos que se pierden en cada etapa trayendo consigo ineficiencia en el procesamiento de la semilla de arroz. Mediante el diseño del sistema SCADA se podrá optimizar el proceso permitiendo mejorar la producción. Finalmente se desarrollará el sistema de monitoreo y supervisión de todo el proceso el cual está centrado en un PLC para la interacción de humano-máquina trayendo consigo un mejor control de calidad del producto procesado.

El siguiente Trabajo de Grado es considerado un antecedente debido a que realizan un sistema SCADA para optimizar así la producción de arroz, lo cual se asemeja mucho a lo requerido para optimizar la producción de caramelo duro.

Así mismo, Jácome J. (2018) en el trabajo el cual se titula: **“Análisis del Proceso de Producción de caramelo duro en la empresa Ecuagolosina CIA.LTDA. Y su incidencia en la productividad.”** para optar por el título de Ingeniero Industrial presentado en la Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito-Ecuador.

El presente trabajo investigativo tuvo como finalidad demostrar la relación existente entre los procesos que se realizan cotidianamente en la línea de producción de caramelo duro de Ecuagolosinas CIA. LTDA. y la productividad que manifiesta la fabricación de caramelo duro para la empresa. En función de los objetivos planteados, la investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, para lo cual se recopiló información acerca de los procesos operativos históricos, de igual manera procedieron a medir cada ciclo que conforma el proceso de producción diaria, dando un total de seis ciclos por día. Asimismo, de manera cualitativa se describieron y sistematizaron las actividades, técnicas, particularidades y herramientas que se forman parte e intervienen en el sistema productivo, tomando como soporte diversas fuentes secundarias tales como, investigaciones previas, artículos, referencias normativas, entre otros. Finalmente, el resultado obtenido, expresa concordancia con la hipótesis alternativa, debido a que el estudio demuestra que los procesos productivos ejecutados por la empresa Ecuagolosinas CIA. LTDA. si inciden directamente con su productividad. Se identificó una alta influencia de los factores involucrados en las actividades que se realizan para cumplir con los procesos de fabricación de caramelo sobre los niveles de productividad de la empresa; entre los cuales sobresalen el túnel de enfriamiento, incorporar la formula a la masa y amasar, con un promedio aproximado de 04 minutos con 37 segundos por ciclo (6 ciclos por día), representando un 11% de desviación de la producción diaria, lo que significa que existe una demora en relación al tiempo optimo establecido por la compañía.

Dicha investigación es considerada un antecedente ya que genera aportes significativos al proyecto, debido a que aporta información respecto al procedimiento para la fabricación de caramelos duros, así como la duración de cada etapa.

Por último, pero no menos importante, Pérez. E. (2015) en la revista científica tecnología en marcha de la Universidad Tecnológica de Costa Rica Vol.28 N°4. Titulada **“Los Sistemas SCADA en la Automatización Industrial”**.

El presente artículo se enfoca en la importancia de los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, conocidos como SCADA (por las siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition), como un aspecto fundamental de la automatización de los procesos de manufactura en la industria actual.

Se destacan aspectos técnicos y funcionales de la implementación de sistemas SCADA, que le permiten al ser humano interactuar con los procesos en los diferentes tipos de industrias sin necesidad de asumir riesgos en la planta, ya que facilitan el control y toma de decisiones de manera remota desde una cabina de mando.

Este tipo de software constituye un avance de gran impacto en la automatización industrial, ya que permite ilustrar gráficamente los procesos productivos en pantalla y crear alarmas y advertencias en tiempo real, para el manejo confiado y pleno del proceso que se desea controlar. Se presentan los ejemplos de dos industrias que han aplicado SCADA con el fin de mejorar sus procesos, obteniendo muy buenos resultados.

Este trabajo es considerado un antecedente de esta investigación por que establece información técnica necesaria sobre los sistemas SCADA y la Automatización Industrial.

2.2 Bases teóricas

En la investigación se vio la necesidad de desarrollar ciertos conceptos y definiciones para un entendimiento y un enfoque más completo del tema para así obtener el sustento teórico para el desarrollo del sistema, los conceptos son los siguientes:

2.2.1 Tecnología del caramelo

El caramelo forma parte de la dieta humana desde hace más de 2000 años. Actualmente, además de una receta básica de la gastronomía popular, es un ingrediente o aditivo alimentario ampliamente utilizado en multitud de productos industriales destinados tanto a la alimentación humana como animal por sus propiedades aromatizantes o colorantes. Los caramelos son productos de confitería elaborados principalmente a partir de azúcar, y se clasifican en no cristalinos, si el azúcar no es un cristal y cristalinos si el azúcar se encuentra cristalizado. Los caramelos duros, poseen una estructura no cristalina o amorfa en la cual las moléculas están en un orden aleatorio y desordenado. Los productos con estructura amorfa se pueden formar por distintas maneras. La primera por una disminución de temperatura por debajo del punto de fusión y la segunda forma, sometiendo al producto a una evaporación del agua que contiene.

2.2.2 Confitería industrial

La confitería abarca la producción industrial o artesana de alimentos a base de azúcar (dulces, caramelos, chocolates, pasteles...). Se usan materia prima variadas (harinas, huevos, azúcar, frutos secos,) que son trabajadas por diferentes tipos de maquinarias como calderas, máquinas de moler, batir, amasar, laminar, cortar...

- **Caramelos Duros:** Los caramelos duros se elaboran partiendo de una mezcla de azúcar, agua y glucosa. Luego la mezcla se le somete a elevadas temperaturas para su concentración y eliminación de agua. Una vez concentrada la mezcla se agregan colorantes, saborizantes y ácidos para finalmente troquelar enfriar y envolver producto.

2.2.3 Selección de equipamiento tecnológico

La selección de equipos tecnológicos para una empresa de confiterías se realiza por etapas separadas de producción. El equipo se determina sobre la base de la gama de productos producidos y el esquema tecnológico adoptado de producción de estos productos. Los datos iniciales para determinar el número de unidades de equipo son los

datos sobre el futuro consumo de productos semiacabados que se obtienen en el cálculo de comestibles.

Todos los equipos están sujetos a cálculos desde las etapas iniciales de producción (máquinas, solventes para azúcar) hasta las últimas etapas de producción (máquinas de envoltura, transportadoras de embalaje y máquinas de envasado automáticas).

2.2.4 Posibles defectos en los caramelos duros

Granulación: Causada por un balance incorrecto de azúcares, por una mala disolución de azúcares, por envolver caramelos calientes o por continuar agitando una vez llegado al punto final del proceso.

Pegajosidad: Los caramelos se pueden volver pegajosos por distintas razones:

- Uso de aromatizantes naturales demasiados ácidos.
- La cocción del proceso es demasiado lenta.
- Condición atmosférica de la fábrica inadecuada.
- Temperatura demasiado baja.
- Condiciones de almacenamiento inadecuadas.

2.2.5 Condiciones del Proceso que influyen en el Producto Final

Los factores que se debe controlar para obtener un producto final con buenas características sensoriales son:

- Temperatura durante el proceso.
- Dureza del agua utilizada.
- Composición de la fórmula del caramelo, porcentaje inicial de sólidos etc.

2.2.6 Composición de Caramelos Duros

Dentro de los caramelos duros se incluyen todos aquellos dulces que posean un porcentaje de glucosa suficiente para estabilizar al caramelo. Lo más importante al momento de realizar la formulación de los caramelos duros es la relación entre el azúcar y la glucosa, las distintas relaciones que existen entre la glucosa y el azúcar para los

diferentes productos de confitería, así como especialmente los caramelos duros, se puede observar que tienen mayor cantidad de glucosa en su composición.

2.2.7 Temperatura Vítreo de Transición

Los productos de confitería están elaborados a partir de azúcar, la cual puede presentarse en diferentes estados: cauchoso, vítreo o cristalino. Los caramelos duros se encuentran en el estado vítreo. Si algunas de las condiciones del proceso varían como la temperatura o el contenido de humedad en el producto esto provocaría un cambio del estado vítreo al estado cauchoso; es decir habría una transición de fases provocando cambios físico- químicos importantes. La temperatura a la cual se da la transición en la región amorfa entre los estados vítreos y cauchoso se denomina temperatura vítrea de transición (T_g). Esta transición es una propiedad única de la porción amorfa de un sólido, la porción cristalina permanece cristalina durante la transición vítrea.

Ecuación de Gordon-Taylor

El método teórico para la determinación de la Temperatura Vítreo de transición es mediante la aplicación de la ecuación de Gordon Taylor que se describe a continuación:

$$T_g = \frac{W_1 T_{g1} + K W_2 T_{g2}}{W_1 + K W_2} \quad (I)$$

Donde:

- T_g = Temperatura vítrea de transición de la mezcla.
- W_1, w_2 = peso fracción del componente 1 y 2 (glucosa)
- T_{g1}, T_{g2} = Temperatura Vítreo del componente 1 y 2
- K = Constante

2.2.8 Análisis sensorial

La evaluación sensorial es un conjunto de técnicas en las que se emplean los sentidos para identificar las diferentes características que componen un alimento. El esquema general de los sistemas sensoriales está formado por receptores específicos, sensibles a manifestaciones energéticas concretas: química (olfato, gusto), mecánica (oído), presión, temperatura (somáticas), electromagnética (vista). En los distintos

receptores se transforman las diferentes manifestaciones de la energía externa a energía interna (de carácter eléctrico) que es transmitida por vía húmeda, a través de las neuronas del sistema nervioso hasta la corteza cerebral, lugar en el cual se integra toda la información recibida por los diferentes sentidos pasando a formar parte de la experiencia personal de cada individuo.

La elección de un alimento frente a otro depende de los sentidos y puede determinarse a través de la evaluación de preferencia (estudio donde un juez compara un alimento frente a otro) o de aceptabilidad (estudio donde un juez certifica al alimento expresando subjetivamente su reacción frente al producto, indicando si le gusta o le disgusta y en qué grado). Ambos tipos de evaluación se incluyen dentro de las pruebas afectivas (Anzaldúa Morales, 1994).

Los atributos evaluados en el análisis sensorial pueden ser, dependiendo del propósito del estudio:

- **“Olor”**: percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos.
- **“Gusto”**: permite percibir sustancias químicas disueltas en la saliva.
- **“Aroma”**: percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de los alimentos después de haberse puesto en la boca.
- **“Sabor”**: combinación de gusto y aroma, siendo por lo tanto una propiedad química debido a que involucra la detección de estímulos disueltos.
- **“Color”**: percepción visual que se genera en el cerebro de los humanos al interpretar las señales nerviosas que le envían la foto receptores, que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético.
- **“Regusto”**: Gusto o sabor que queda en la boca de lo que se ha comido o bebido.

2.2.9 Automatización

La automatización aplica los sistemas automáticos en la realización de procesos, en el área de sistemas dinámicos y sus aplicaciones al control automático, teoría de señales, identificación, moldeamiento e Instrumentación. Una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La técnica de la automatización contribuye a ese fin de varias maneras.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómatá programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatá programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.
- **Parte Operativa:** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

2.2.9.1 Partes de un Sistema de Automatización

- **Sistema:** un sistema es una combinación de componentes de manera armónica que actúan conjuntamente para realizar una tarea específica. Una componente es una unidad en particular en función de un sistema. De ninguna manera limitado a los aspectos físicos, el concepto de sistema se puede ampliar en fenómenos dinámicos abstractos, tales como los que se encuentran en la economía, el transporte, el crecimiento de la población y la biología. Un sistema se llama dinámico si su salida en el presente depende de una entrada en el

pasado; si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso, el sistema se conoce como estático. La salida de un sistema estático permanece constante si la entrada no cambia y cambia solo cuando la entrada cambia.

- **Disposición de un sistema autónomo:** un sistema autónomo cuenta con varios componentes que como su nombre lo dice hacen que un proceso tenga autonomía en toma de decisiones y que el conjunto de elementos que interactúan en el tengan plena armonía para realizar tareas específicas de manera adecuada.
- **Controlador:** es una de las partes fundamentales en el funcionamiento de un proceso automatizado ya que en él recae la toma de decisiones y el envío de instrucciones a los diferentes actuadores que se encuentran en el sistema, este envío de instrucciones depende en gran parte de las entradas y de los sensores que se encuentren en el proceso. Todo esto para que se ejecuten acciones correctivas o se realicen acciones secuenciales.
- **Planta:** sistema físico (mecánico, eléctrico, neumático, etc.) al cual se le controlan y se le monitorean, una o más variables pertenecientes a un proceso secuencial. Sensores o partes secundarias de control. Estos son los encargados de monitorear el proceso y los estados en los cuales se encuentra el proceso y son los encargados de enviar señales físicas y electrónicas para que se realicen tareas correctivas o simplemente se avance a la siguiente etapa del proceso.
- **Actuadores:** estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas la interpretación de señales que ha hecho el controlador ya sea para corregir algún inconveniente en el proceso o permitirle al mismo avanzar además estos elementos se pueden encontrar en un proceso como: motores, cilindros neumáticos, válvulas, pistones, ventiladores entre otros.

2.2.10 Procesos Industriales

Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Desde una perspectiva general se entiende que el devenir de un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión. De esta forma, un proceso industrial acoge el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios. De manera que el propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida.

2.2.10.1 Importancia de la Automatización en los Procesos Industriales

Para hablar de la automatización de los procesos de fabricación, debemos primero entender lo que es y lo que hace. La industria automotriz es un punto de referencia cuando se trata de la automatización de los procesos de fabricación. Fordismo llevó la industria a serializar el concepto de procesos de fabricación y, por tanto, la estandarización de los productos. Con la evolución de la industria surgieron otros conceptos que implique la automatización y la industria del automóvil, como el sistema de Toyota, también conocido como Ohnoismo, que trajo consigo muchos otros cambios, tales como el sistema JIT (Just in Time), el control estadístico de procesos y se incorporan otros sistemas tales como taylorismo y el fordismo en sí.

Estas nuevas necesidades han surgido principalmente para satisfacer cada vez más el exigente y competitivo mercado. Y esta evolución constante ha puesto en cada segmento, muchos en el sector manufacturero, las nuevas necesidades y requerimientos y, entre ellos, la constante necesidad de automatizar los procesos que se llevaron a cabo

con anterioridad por las personas y los sistemas electromecánicos, y ahora incluso incorporan sistemas de inteligencia artificial. (Ver figura 1).



Figura 1. Importancia de la Automatización en un proceso Industrial

Fuente: <https://www.google.com/search?q=automatizacion&rlz=>

La automatización del proceso aportará numerosas ventajas a su producción. Un proceso de fabricación automatizada en la industria hoy en día, incluyendo el negocio de la fabricación de helados, significa un producto final de mayor calidad y más competitivos debido a factores tales como la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse. Evita el contacto del producto con los recursos humanos, que para el campo de alimentos trae mucha más higiene en el proceso, la confiabilidad y la calidad del producto final. A pesar del alto costo, el pago es inmediato.

2.2.10.2 Clasificación de los procesos Industriales

De acuerdo a la manera de introducir una alimentación a un proceso y de extraer el producto, los mismos pueden clasificarse en continuos, batch o semi-continuos.

- a) **Proceso por lotes:** la alimentación es cargada al comienzo de la operación en un recipiente y luego de un cierto tiempo el contenido del recipiente es removido o descargado. En este modo de operación, no hay transferencia de materia a través de las fronteras sistema (entendiendo por sistema cualquier porción arbitraria o completa de un proceso estableciendo por el ingeniero para

el análisis). Esta operación también es llamada cerrada, aunque no debe asociarse este término a que esté en contacto con la atmósfera, simplemente se los llama cerrados porque no hay ingreso de materia a ser procesada ni egreso de productos durante el tiempo en que ocurre la transformación.

- b) **Proceso continuó:** hay un flujo permanente de entrada y de salida durante todo el tiempo que dura el proceso, esto es, siempre hay un flujo de materia que ingresa por las fronteras del sistema y otro que egresa por ellas mientras se lleva a cabo la transformación.
- c) **Proceso semicontinuo o semibatch:** cualquier forma de operar un proceso que no sea continúa ni batch. Ejemplo: permitir el escape de un gas presurizado en un contenedor a la atmósfera o introducir líquido en un tanque sin extraer nada de él, o sea, llenado de un tanque o vaciado del mismo.

De acuerdo a la variación del proceso con el tiempo, los mismos pueden ser clasificados en estacionarios o transitorios. Si en un proceso dado, los valores de las variables no cambian en el tiempo, entonces el proceso está operando en un estado estacionario. Por el contrario, si las variables del proceso cambian en el tiempo, el proceso es operado en estado transitorio o no estacionario.

Los procesos batch generalmente se usan cuando se procesan pequeñas cantidades de reactivos o cuando son operaciones ocasionales mientras que, si se desean obtener grandes cantidades de producto, se opera de modo continuo. Normalmente los procesos continuos se llevan a cabo en estado estacionario (pueden existir fluctuaciones menores alrededor de un valor medio que es corregido por los sistemas de control) excepto en la puesta en marcha/parada de un proceso.

2.2.11 Sistemas de Control

Un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Todo sistema de control tiene 3 partes indispensables: operador, sistema de control y planta. El operador indica los parámetros deseados al sistema de control, con

comandos que se transmiten a actuadores que realizan la acción solicitada, es decir, lleva al sistema a los parámetros deseados. El sistema retroalimenta información sobre su estado mediante sensores, con el fin de notificar el valor actual y definir si es necesario corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en el valor deseado. Por último, dicha información es mostrada al operador mediante una HMI. (Ver figura 2).

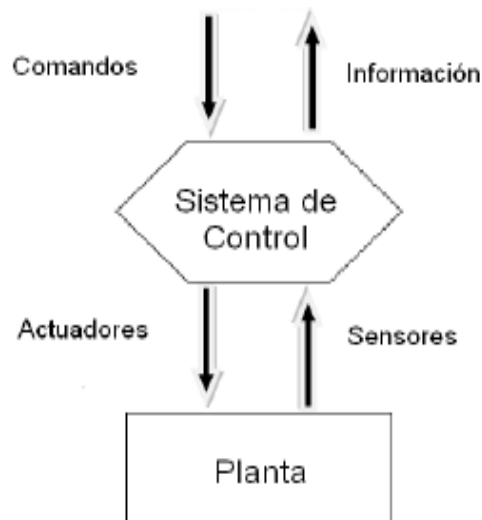


Figura 2. Sistema de Control

Fuente:<http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.jpg>

2.2.11.1 Lazos de Control

En los últimos años los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo y avance de la civilización, como en la tecnología. La mayoría de las actividades de nuestra vida diaria está afectada por algún tipo de sistema de control. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en el hogar y en los diversos sectores de la industria, tales como control de calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble automático, control de máquinas- herramienta, robótica y muchos otros.

- Los componentes básicos de un sistema de control son los siguientes:

- Objetivos de control.
- Componentes del sistema de control.
- Resultados o salidas.

La relación entre los componentes se observa en el gráfico. Los objetivos son las señales actuantes o señales de referencia y los resultados son las salidas o variables controladas. En general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma señalada mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control. (Ver figura 3).



Figura 3. Lazo de Control
Fuente: Torrens (2021).

Lazo de control cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado son aquellos en que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control, es decir, los sistemas de control en lazo cerrado son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de referencia y la de salida, entra al controlador con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. El termino lazo cerrado implica el uso de la acción de realimentación para reducir el error del sistema. Hay numerosos sistemas de control en lazo cerrado en la industria y en el hogar. (Ver figura 4).

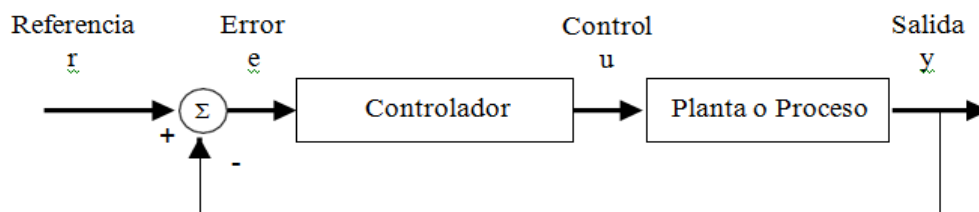


Figura 4. Lazos de Control Cerrado.
Fuente: Torrens (2021).

Lazo de control abierto

Son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, es decir; en un sistema de control en lazo abierto cualquiera, no se compara la salida con la entrada de referencia; por lo tanto, para cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no cumple su función asignada. En la práctica, sólo se puede usar el control en lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no hay perturbaciones internas ni externas. (Ver figura 5).

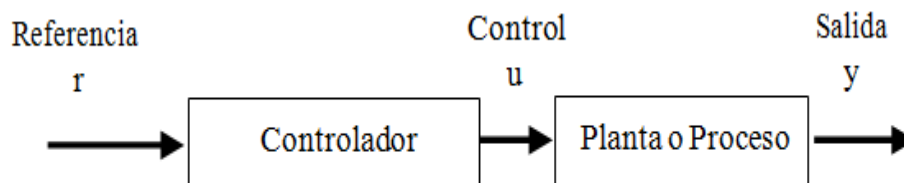


Figura 5. Lazo de Control Abierto

Fuente: Torrens (2021).

2.2.12 Sensores

Los sensores o detectores captan la presencia a distancia o ausencia del algún objeto.

Estos sensores o detectores también envían informaciones y transmiten señales procesables a las unidades de evaluación. En numerosas aplicaciones se utilizan detectores de diversas formas y modos de funcionamiento. Considerando su gran variedad, es importante clasificarlos sistemáticamente”

Los detectores pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios:

- Modo de funcionamiento (óptico, inductivo, mecánico, por fluidos, etc.)
- Magnitud de medición (recorrido, presión, distancia, temperatura, valor pH, intensidad de luz, presencia de piezas, etc.)

- Señal de salida (analógica, digital, binaria, etc.)

En la técnica de la automatización se utilizan principalmente detectores con salida digital, ya que son mucho menos sensibles a posibles interferencias que los detectores con salida analógica. Además, las unidades de control de tecnología digital pueden procesar directamente las señales digitales, mientras que las señales analógicas primero tienen que transformarse en señales digitales mediante un convertidor correspondiente.

Los detectores más difundidos en la automatización industrial son los así llamados detectores de posición, con los que se comprueba la presencia (o la aproximación) de una pieza.

2.2.12.1 Detectores de Posición

Los detectores de posición conmutan sin establecer contacto y, por lo tanto, sin que sea necesaria la presencia de una fuerza mecánica externa. Por ello tienen una larga duración y son muy fiables.

Se puede distinguir entre los siguientes tipos:

- Detectores con contacto de conmutación mecánico

Contacto Reed Detectores con salida electrónica:

- Detectores de posición inductivos
- Detectores de posición capacitivos
- Detectores de posición ópticos

2.2.12.2 Detectores Magnéticos

Los contactos Reed son detectores de posición de accionamiento magnético. Estos detectores tienen dos lengüetas de contacto que se encuentran en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Por efecto de un imán se cierra el contacto entre las dos lengüetas, de modo que puede fluir corriente eléctrica. Tratándose de contactos Reed normalmente cerrados, las lengüetas están pretensadas mediante un pequeño imán. Esta precarga se supera mediante un imán mucho más potente. Los contactos Reed tienen una gran duración y su tiempo de respuesta es muy corto (aprox. 0,2 ms). Además, no

precisan mantenimiento, aunque no deben utilizarse en zonas expuestas a campos magnéticos fuertes (por ejemplo, en las cercanías de máquinas de soldadura por resistencia o equipos de tomografía computarizada). (Observar figura 6).

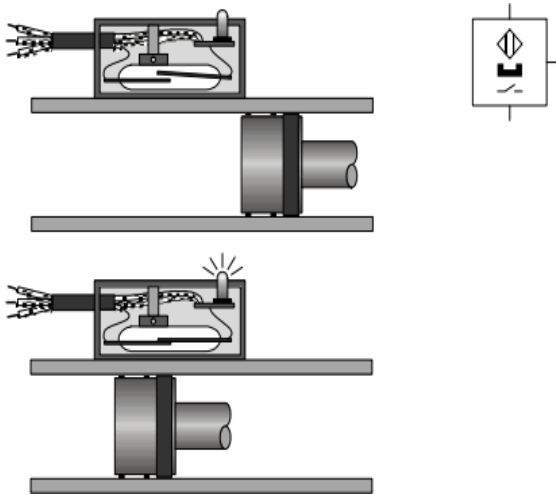


Figura 6. Contacto Reed. (Normalmente abierto)

Fuente: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

2.2.12.3 Detectores Electrónicos

Los detectores electrónicos pueden ser inductivos, ópticos y capacitivos. Normalmente están provistos de tres conexiones eléctricas:

- Conexión para la alimentación de tensión.
- Conexión a masa.
- Conexión para la señal de salida.

En los detectores electrónicos, la conmutación no está a cargo de un contacto móvil. En vez de ello, la salida se conecta eléctricamente a la tensión de alimentación o a masa (= tensión de salida 0 V). En lo que respecta a la polaridad de la señal de salida, existen dos tipos de detectores electrónicos de posición:

- En el caso de los detectores que conmutan a positivo, la salida tiene la tensión cero (OFF) si en la zona de reacción del detector no se encuentra una pieza. La aproximación de una pieza provoca la conmutación de la salida (ON), de modo que se aplica tensión de alimentación.

- En el caso de detectores que conmutan a negativo, se aplica tensión de alimentación en la salida si en la zona de reacción del detector no se encuentra una pieza. La aproximación de una pieza provoca

2.2.12.4 Sensores de Presión

Existen diversos tipos de sensores de presión:

- Presostato mecánico con señal de salida binaria
- Presostato electrónico con señal de salida binaria
- Sensores de presión electrónicos con señal de salida analógica.

2.2.12.5 Actuadores

Genéricamente se conoce con el nombre de actuadores a los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar. Al mismo tiempo aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso. Entre los accionamientos más habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores y cilindros), los destinados al trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.).

- **Accionador:** Que se encarga de aportar la “energía” (lumínica, calorífica, etc.) necesaria al sistema, para modificar los valores de la magnitud física a controlar. Una bomba, un radiador, un motor, etc. son ejemplos claros de accionadores.
- **Preaccionador:** Que permite de manera intermedia, la amplificación y/o conversión de la señal de control proporcionada por el controlador para el gobierno de la instalación: relé de maniobra o contactor, electroválvula, etc.

2.2.13 Controlador Lógico Programable

Es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente, básicamente es un cerebro que activa componentes de maquinarias para ejecutar tareas que pudieran ser muy lentas, imperfectas o peligrosas para el ser

humano. Estos dispositivos se usan en la actualidad en todo tipo de aplicaciones industriales, resolviendo requerimientos en control de procesos y secuencias de la maquinaria, dentro del sector industrial y ha penetrado las aplicaciones domésticas y comerciales con mayor auge en la última década.

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada. (Observar figura 7).



Figura 7. Controlador Lógico Programable.

Fuente:<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Los PLC son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblaje automático, y en general cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

2.2.13.1 Arquitectura Externa

Su arquitectura externa es la que permite comunicarse con los sensores y actuadores que se encuentran en la planta. Se identifican entre las principales partes tales como:

- Terminales de alimentación.

- Terminales de conexión de salidas.
- Leds indicadores del estado del PLC.
- Batería. Puerto de extensión (Modbus ASCII).
- Panel de leds indicadores del estado de E/S.
- Terminales de conexión de entradas.
- Memoria de EEPROM.
- Puerto de comunicación Tierra.

2.2.13.2 Arquitectura Interna

El PLC permite utilizar programas de programación para crear la lógica que controla un sistema. Las funciones de un PLC se repiten ordenadamente, para responder a cualquier cambio en las condiciones del sistema.

El PLC ejecuta continuamente un ciclo automático, llamado “Tiempo de Barrido”. La Unidad de Procesamiento Central (CPU) del PLC se compone de cuatro unidades funcionales.

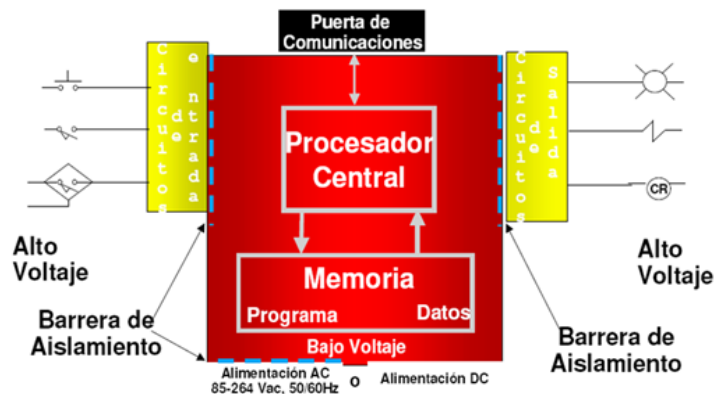


Figura 8. Unidades funcionales del PLC

Fuente: <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>. Pag 102

En la figura 8 se puede observar los cuatro unidades funcionales que se dividen de la siguiente forma:

- Unidad de Entradas.
- Unidad de Salidas.

- Unidad Lógica.
- Unidad de Memoria.

Las entradas y salidas son los elementos que conectan al procesador central (CPU) del PLC con el proceso que se va a controlar.

- **Unidad de Entrada:** proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, proveniente de los switches de contactos ON – OFF del campo o de convertidores analógicos digitales. Las señales se adecuan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.
- **Unidad de Salida:** acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona el aislamiento eléctrico de los switches de contactos, tiristores en señales digitales y por transistores en señales analógicas que se comandan hacia el campo.
- **Unidades de entradas y salidas:** son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor. La diferencia radica en que las unidades de entrada de los PLC son de estado sólido mientras que las salidas pueden ser de tipo relé como de tiristores dependiendo la acción que se necesita ejecutar en el campo si son salidas digitales y por transistores si son salidas analógicas.
- **Unidad Lógica:** está basada en un microprocesador, es el corazón del PLC. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se especifican. Dentro de la unidad lógica se encuentra la memoria que almacena los códigos de mensajes o instrucciones que ejecuta la unidad lógica. La memoria se divide en (PROM o ROM) que es solo de lectura y RAM que es de acceso aleatorio. Por medio de estas memorias, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; solo se debe modificar el programa. Para el control de

un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquellas que interesa.

- **Fuente de alimentación:** La principal función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía eléctrica al CPU y demás tarjetas según sea la configuración del PLC. En los circuitos interiores de una fuente de alimentación se transforma la tensión alterna de la red de suministro eléctrico a una tensión continua, en niveles que garanticen el funcionamiento correcto del hardware del PLC.

2.2.13.3 Programación del PLC.

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata. El lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable". En la tarea de programación del autómata, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómata.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S o internas.
5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación).

6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

2.2.14 Lenguajes de Programación de un PLC.

Para controlar un determinado proceso, el autómata realiza sus tareas en base a una serie de sentencias o instrucciones establecidas en un programa que se escribe en un lenguaje de programación, estos lenguajes permiten simplificar la creación de programas debido a su fácil descripción de las instrucciones que ha de ejecutar el procesador.

La norma IEC 61131-3 es la encargada de estandarizar los lenguajes de programación, para definirla han participado empresas internacionales con experiencia en el área de automatización industrial. El resultado ha sido tablas de características con la especificación de la sintaxis y semántica unificada de lenguajes de programación, incluyendo el modelo de software global y sus lenguajes estructurantes.

2.2.14.1 Lenguajes gráficos

Son la representación basada en símbolos gráficos, de tal forma que según la disposición en que se encuentran cada uno de estos símbolos y en conformidad a la sintaxis que lo gobierna, expresa una lógica de mando y control, estos son:

- Diagrama de Escalera o contactos (Diagram Ladder, LD).
- Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD).

2.2.14.2 Lenguajes textuales

Son el conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números de acuerdo a una sintaxis establecida, se considera un lenguaje de menor nivel que los gráficos y se utilizan para programar pequeños PLC cuyos programas no son muy complejos en modo gráfico, ellos son:

- Lista de Instrucciones (Instruction List, IL).
- Texto Estructurado (Structured Text, ST).

2.2.14.3 Gráfico funcional secuencial (SFC)

Llamado también Grafcet, es un lenguaje gráfico que describe las secuencias de un proceso y de un programa de control. Los elementos básicos son etapas y transiciones interconectadas por medio de enlaces directos. Cada etapa lleva asociados un conjunto bloques de acción que permiten realizar el control del proceso, y cada transición va asociada a una condición de transición que cuando se cumple causa la desactivación de la etapa anterior y la activación de la siguiente. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

2.2.15 Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface)

Las siglas HMI es la abreviación en de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión.

Por medio de esta se presentan los datos a un operador (humano), y este controla todo el proceso el cual se hace por medio de un ordenador. La interfaz de usuario dispone de dos medios que son:

- ✓ **Entrada:** que permite al usuario manipular un sistema.
- ✓ **Producto:** el cual reproduce las órdenes que el operario haya asignado al proceso.

Las funciones básicas de un Software HMI son las siguientes:

- **Monitoreo:** es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión:** esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- **Alarmas:** es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control:** es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo, la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- **Históricos:** es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.2.15.1 Tipos de Interfaz

Actualmente los siguientes tipos de interfaz son conocidos:

- **Interfaz gráfica de usuario (GUI Graphics User Interfaces):** que permiten comunicarse con el ordenador de una forma muy rápida e intuitiva.
- **Touch interfaces:** son interfaces gráficas de usuario mediante una pantalla táctil con una combinación de dispositivos de entrada y salida. Se utiliza en muchos tipos de procesos industriales, máquinas de autoservicio, etc. Hay que tener en cuenta que un sistema SCADA realiza un control supervisorio y de adquisición de datos, de ahí su nombre mientras que un HMI es una interface Hombre Máquina que usualmente es para visualización del proceso y arranque y para de las máquinas.

2.2.15.2 Pantallas HMI

Los sistemas Human Machine Interface (HMI). Es un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. Esta tendencia se debe principalmente a la necesidad de tener

un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.

Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles.

- KP300 básica mono.
- KTP400 básica mono.
- KTP600 básica mono.
- KTP600 color básica.
- KTP1000 color básica.

Características del HMI

- HMI Basic funcionalidad para el entorno de PROFIBUS o PROFINET.
- Alternativa de bajo precio a los paneles de la serie 170.
- Puede ser utilizado en todo el mundo con 32 idiomas configurables (de las cuales 5 son en línea conmutable).
- Teclas configurables con retroalimentación táctil.
- Funcionalidad HMI básica (sistema de alarmas, gestión de recetas, funcionalidad de curvas de tendencia y cambio de idioma).
- Configuración con SIMATIC WinCC flexible y WinCC 11 BASIC.
- Se puede reemplazar o añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- El cableado y la interconexión es muy baja que sustituyen sistemas cableados estos pueden ser: elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, led, por sistemas compactos.
- Es muy corto el sistema de implementación.

2.2.15.3 SCADA

SCADA viene de las siglas: “Supervisory Control And Data Acquisition”; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor.

Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada

también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace control, adquisición de datos.

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes (Observar figura9):



Figura 9. Sistema Estructural de un Scada

Fuente: (I IA AS S MP, 2012 pag. 4)

2.3 Bases legales

2.3.1 Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación

La Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación, publicada en Gaceta Oficial N° 39575 de fecha 16 de diciembre de 2010, tiene por objeto dirigir la producción científica y tecnológica, y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos. Dirigir la generación de una ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos. A tales fines, el Estado Venezolano formulará, a través de la autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación, las políticas públicas dirigidas a la solución de problemas concretos de la

sociedad, por medio de la articulación e integración de los sujetos que realizan actividades de ciencia, tecnología, innovación 26 y sus aplicaciones como condición necesaria para el fortalecimiento del Poder Popular.

2.4 Definición de términos básicos

Actuadores: estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas.

Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

Controladores: Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

Hardware: Componentes físicos de un ordenador. Parte física de un ordenador incluyendo los componentes eléctricos/electrónicos (dispositivos y circuitos), componentes electromecánicos (unidad de discos), componentes metálicos (armario).

Instrucciones: cada una de las órdenes de trabajo de un programa, pudiendo ser de tipo aritmético, lógicas, memorias. E/S (entradas/salidas) y otras.

Lenguaje: también llamado como código de la máquina, es el medio que interpretan los microprocesadores (μP) y se expresa en código binario. Los lenguajes más conocidos son los siguientes: Basic, Fortran, Cobol, Logo, Pascal, Lotus, P111, Ada, Emsamblador, Forth, Dinamic C y otros muchos.

PLC: computador lógico programable. Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Proceso: Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.

Programación: la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

Sensores: Elementos externos al autómata por medio de los cuales se transmiten señales a los autómatas y que se cometan a las tarjetas de entrada.

Señal de control: es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o elimine el error.

Sistema: Conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

Software: está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describirán y analizarán el diseño y las acciones destinadas a resolver el problema planteado. El objetivo general es determinar el tipo de investigación, mientras que el diseño se basa en los procedimientos a realizar. Además, se determinará la unidad de estudio y las técnicas de recolección de datos.

3.1 Tipo de investigación

La naturaleza propia del proyecto, hace que la investigación entre en la clasificación de proyecto factible, puesto que se desarrollará una propuesta de automatización y sistema SCADA para la planta de producción de caramelo duro el cuál optimizara la producción del mismo. Basado en lo anteriormente descrito Mijares y García (2007) definen como proyecto factible a:

“...la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...”(p5).

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según Palella y Martins (2012) definen como diseño de investigación bibliográfico:

“Se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables (...). El diseño bibliográfico utiliza los procedimientos lógicos y mentales propios de toda investigación: análisis, síntesis, deducción, inducción, entre otros (...) Es un proceso que se realiza en forma ordenada y con objetivos precisos, con la finalidad de fundamentar la construcción de conocimientos. Se basa en diferentes técnicas de localización y fijación de datos, análisis de documentos y de contenidos.” (pag.87).

Dicha investigación es del tipo investigación bibliográfico puesto que la planta simulada estará basada en revisión documental de basamentos existentes que

especifiquen el funcionamiento y diseño de la producción de caramelo duro; así como el diseño requerido para la solución a la problemática planteada.

3.3 Nivel de la investigación

El nivel de investigación se refiere según Arias:(2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno” (p.47). Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es descriptiva definido por Hurtado. (2010), como:

“Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación” (p.223).

Lo mencionado por Hurtado, se aplica a todas las investigaciones que conllevan a diseños dirigidos a cubrir necesidades y que están basados en conocimientos anteriores.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

En la población del siguiente trabajo de grado la población son las plantas de producción de caramelos.

3.4.2 Muestra

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que:

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

En la muestra del siguiente trabajo de grado son las plantas de fabricación de caramelo duro.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de la misma ya que son los medios por los cuales el investigador puede recolectar datos sobre la problemática en la que está trabajando, teniendo esto en cuenta Sabino (1996) lo define como:

“Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en sí toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados” (p.149,150).

Y por técnica se va a anotar la definición que nos da el diccionario de metodología anteriormente citado, el cual establece que las técnicas de investigación son: “Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos” (p.150).

3.5.1. Técnicas empleadas

3.5.1.1. Revisión Documental

La revisión documental es hacer una recopilación de información sobre textos e investigaciones generados por otros investigadores que tienen relación directa o indirecta con la problemática que es razón de estudio. Hurtado (2010) define este concepto como:

“... es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros como texto en sí mismo constituyen los eventos de estudio”(p.427).

3.5.1.2. Observación indirecta

La observación indirecta es el proceso en el cual el investigador recolecta datos indirectamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado, (Palella, 2010) la define como:

"... cuando el investigador entra en conocimiento con el hecho o fenómeno a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona" (p.129).

3.5.2. Instrumentos empleados

3.5.2.1. Diagrama Causa efecto

Es una técnica que permite analizar problemas y ver las relaciones entre causas y efectos que existen para que el problema analizado ocurra y la identificación de soluciones y educa sobre la comprensión de un problema.

3.5.2.2. Lista de Cotejo

Permiten orientar la observación y obtener un registro claro y ordenado de todo cuanto acontece. Dicha lista de cotejo será realizada de la información obtenida por medio de la observación indirecta.

3.6 Fases de la Investigación

Fase I: Investigar el proceso de fabricación de caramelo duro para así definir la planta a desarrollar.

En esta fase se investigará todo lo referente al proceso de fabricación de caramelo duro, es decir, como se fabrica el caramelo duro, así como cada una de sus etapas de forma detallada, las máquinas y/o equipos utilizados en cada una de dichas etapas, así como el tiempo de duración de la misa; con la finalidad de obtener el modelo de una planta de fabricación de caramelo duro.

Fase II: Establecer la Instrumentación del proceso simulado.

Partiendo de la fase anterior, en esta fase se debe seleccionar la instrumentación adecuada para cada etapa del proceso de fabricación, es decir, los diferentes elementos, sensores y demás equipos de instrumentación necesarios para manipular la variable de proceso y realizar la automatización del proceso.

Fase III: Realizar la automatización del proceso simulado mediante el uso del controlador lógico programable PLC.

Una vez seleccionada la instrumentación del proceso, se debe realizar la automatización de las diferentes etapas necesarias para la fabricación de caramelo duro,

haciendo uso de controladores lógicos programables PLC. Se debe realizar la programación del PLC, así como la selección del PLC necesario.

Fase IV: Diseñar el sistema SCADA de la automatización de la fábrica de caramelo duro.

Una vez finalizada la etapa IV, se procede a realizar el sistema SCADA, para ello primeramente se debe seleccionar el software para el diseño del mismo; una vez seleccionado el software se procede a realizar el diseño del sistema SCADA partiendo de la programación del PLC y conociendo el proceso de fabricación de caramelo duro, de tal manera de reflejar en tiempo real el proceso de cada etapa para la fabricación de caramelo duro.

Fase V: Realizar un estudio de factibilidad técnica, ambiental y estimación de costos de la fábrica de caramelo duro.

Una vez finalizado el proyecto, se procede a realizar la factibilidad del proyecto para saber si el mismo es factible o no en los diferentes ámbitos, como lo son económicos, técnicos y ambientales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Fase I: Investigar el proceso de fabricación de caramelo duro para así definir la planta a desarrollar.

4.1.1 Proceso de fabricación del caramelo duro

El caramelo duro. Éste recibe esa denominación porque en su proceso de fabricación, el azúcar forma un tipo de vidrio no cristalino que le confiere dureza y brillo, características básicas en estos productos.

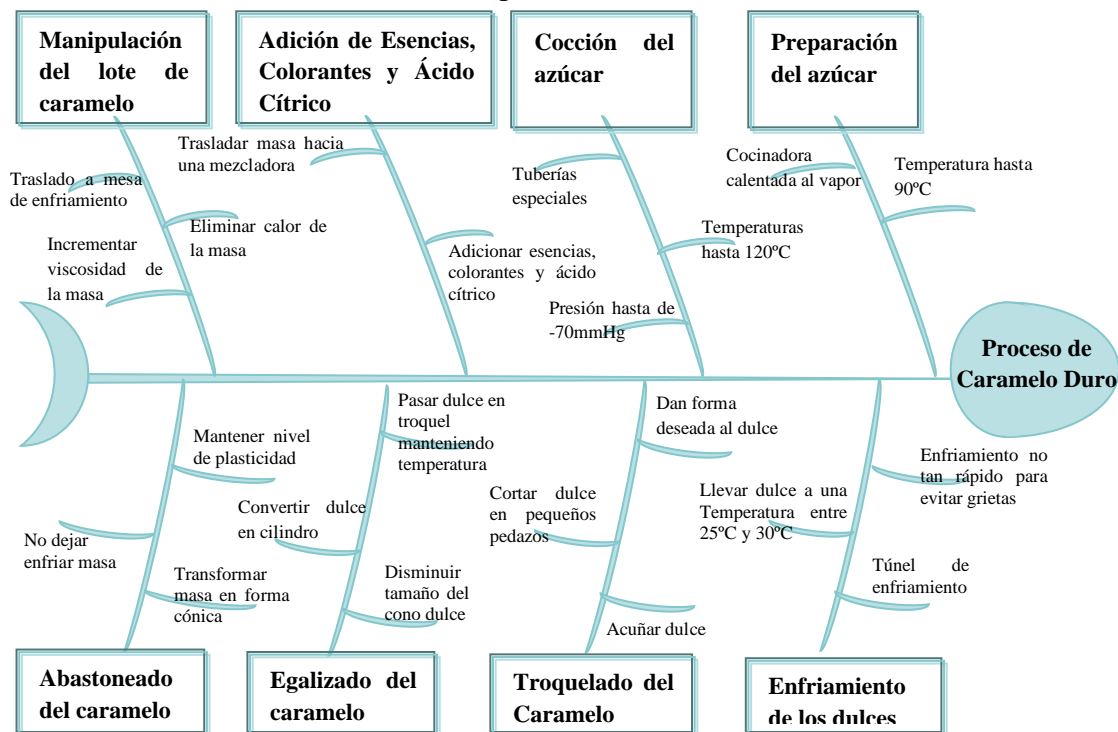


Figura 10. Diagrama de Ishikawa del proceso de caramelo duro

Fuente: Suarez, D. (2022).

El proceso de producción del caramelo duro tiene las siguientes operaciones (Britannica Enciclopedia, 2003):

- Preparación del azúcar:** La preparación del azúcar se hace en una cocinadora calentada por vapor. Una cocinadora es un recipiente en donde se deposita la materia prima y se eleva a la temperatura de 90° C para lograr una mezcla

homogénea. En ella se vierten el agua y el azúcar y se deja calentar por unos minutos. Objetivo: disolver el azúcar en el agua.

- b. **La cocción del azúcar y de la glucosa:** Los dos ingredientes a utilizar en este proceso son: la solución de azúcar preparada en el proceso anterior y el jarabe de glucosa. Ambos son transportados a través de tuberías especiales hasta un tacho, donde se revuelven y se cocinan. Un tacho es un intercambiador de calor cuyo objetivo es elevar la temperatura de la sustancia contenida dentro de sí hasta el punto de cocimiento. Para el caramelo duro es aproximadamente de 120° C. Una vez se ha cocido la nueva mezcla, se somete a vacío a una presión de -70 mm de Mercurio con el fin de extraer todo el exceso de humedad que haya sobrado de la cocción. El calentamiento se realiza mediante la inyección de vapor dentro de la recámara que está alrededor del tacho. La presión es cedida directamente por una caldera. Al salir del tacho, la mezcla está muy caliente y ha incrementado su viscosidad.
- c. **Adición de Esencias, Colorantes y Ácido Cítrico:** Una vez cocida la mezcla de jarabe de azúcar y glucosa, se vierte dentro de una mezcladora (parecida a una batidora de cocina) por medio de un dosificador ubicado en la parte inferior del tacho. Aquí se adicionan las esencias, colorantes y el ácido cítrico, de acuerdo a las características estipuladas del producto. Al mezclar todos estos ingredientes se obtiene como resultado: el caramelo duro.
- d. **Manipulación del lote de caramelo:** El caramelo se traslada de la mezcladora a una mesa de enfriamiento, la cual es una superficie para el intercambio de calor que se da gracias a un serpentín de tubo de cobre por donde circula agua. Toma el calor de la masa y lo elimina. El objetivo es disminuir la temperatura del caramelo para que incremente su viscosidad y así pueda ser colocado en la maquinaria especializada que se usará más adelante en el proceso.
- e. **Abastoneado del Caramelo:** Cuando la masa se ha enfriado hasta la temperatura deseada, se coloca en una abastoneadora, la cual es una máquina

que tiene un juego de conos en donde la mezcla de dulce es transformada de una forma amorfa a una forma cónica. El interior de la máquina es calentado ya sea por vapor o por resistencias eléctricas para que la mezcla no se enfríe y mantenga el nivel de plasticidad.

- f. **Egalizado del Caramelo:** El lote de producción es transportado a través de la abastoneadora hacia la egalizadora, que es una máquina que tiene un juego de varios pares de rodillos que sirven para disminuir el tamaño del cono de dulce y convertirlo en un cilindro o “lazo” que pueda ser pasado por el troquel. Estos rodillos son calentados por resistencias eléctricas para que el dulce no pierda temperatura.
- g. **Troquelado del Caramelo:** Después el “lazo” de caramelo pasa de la egalizadora a la troqueladora, que es una máquina que tiene un molde de acero que se utiliza para la acuñación de los dulces. La máquina al tiempo que va cortando el cilindro de caramelo en pequeños pedazos, le va dando la forma deseada a cada dulce, bombón esférico o paleta plana. Esto depende del producto que se esté produciendo. Las troqueladoras usadas para producir bombones esféricos y paletas planas, tienen un dispositivo adicional que sirve para insertarles la varilla que servirá como agarrador.
- h. **El enfriamiento de los dulces:** Después de ser formados en la troqueladora, los dulces atraviesan un túnel de enfriamiento sobre una banda transportadora, y deberán perder temperatura para que puedan ser llevados a las etapas finales del proceso. El rango de temperatura final varía entre 25 ° C y 30° C. Sin embargo, el enfriamiento no debe ser tan rápido porque puede producir grietas en el producto.
- i. **Envoltura, envasado y empaquetado:** Después del proceso de enfriamiento, los dulces son llevados a las máquinas envolvedoras, donde se les coloca el envoltorio respectivo. Una vez envueltos, son llevados a las máquinas envasadoras, donde son colocados dentro de bolsas plásticas que se sellan con

la cantidad de unidades predeterminada. Por último, las bolsas de producto son empaquetadas dentro de cajas de cartón, que se llevan a la bodega de producto terminado.

En la figura 11 se puede observar el diagrama del proceso de fabricación de caramelo duro.

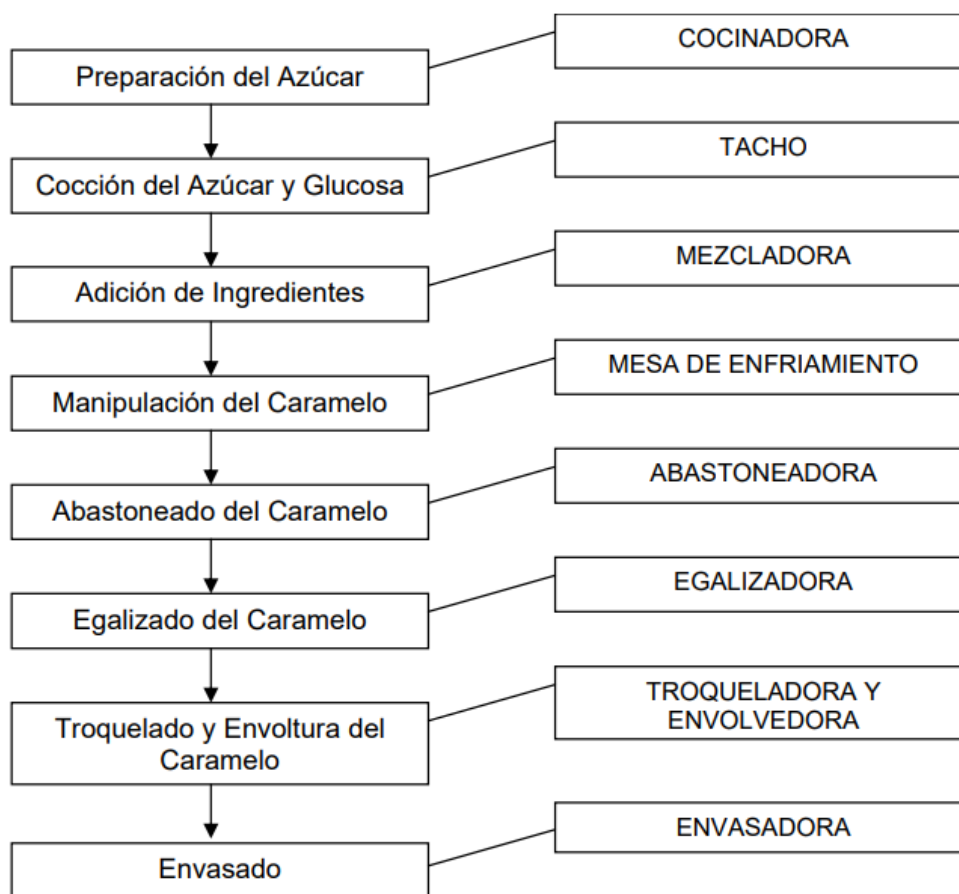


Figura 11. Diagrama de proceso del proceso de fabricación del proceso
Fuente: Sandoval, C. (2010).

Según las necesidades de la planta se tiene como materia prima y maquinaria a utilizar, lo siguiente:

Materia Prima:











- Glucosa.













- Esencias de sabor.
- Colorantes Artificiales.
- Dióxido de Titanio.
- Azúcar Estándar.
- Etiquetas Adhesivas para Fechador.
- Bobinas de Envoltorio.
- Bobinas de Bolsa para Envasado.
- Varilla Plástica.
- Corrugado.
- Cinta Adhesiva.

Maquinaria:

- Una Abastoneadora.
- Una Egalizadora.
- Una Troqueladora envolvedora.

Tabla 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de caramelo duro

Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos	Descripción del proceso	Máquina
			Almacenaje de materia prima	
20			A ollas de cocción y Tachos	
	6		Preparación del Azúcar	1
	20		Cocción del Azúcar y Glucosa	2
2			A Mezcladora	
	2		Adición de Ingredientes	3
	5		Mezclado de la masa	3
2.5			A mesa de enfriamiento	
	8		Manipulación del Caramelo	
3			A Abastoneadora	

	15		Abastoneado del Caramelo	4
0.5			A Egalizadora	
	15		Egalizado del Caramelo	5
0.5			A troqueladora / Envolvedora	
	15		Troquelado e insertado de la varilla del Caramelo	6
	15		Envoltura del Caramelo	6
4			A Envasadora	
	10		Envasado del Caramelo	7
2			A Área de Empaque	
	10		Empacado del caramelo	
10			A Bodega de Producto Terminado	
			Almacenamiento de Producto Terminado	

Evento	Número	Tiempo(min)	Distancia(m)
Operación	11	110	44.5
Transporte	9		
Inspección	0		
Almacenamiento	2		

Fuente: Sandoval, C. (2010).

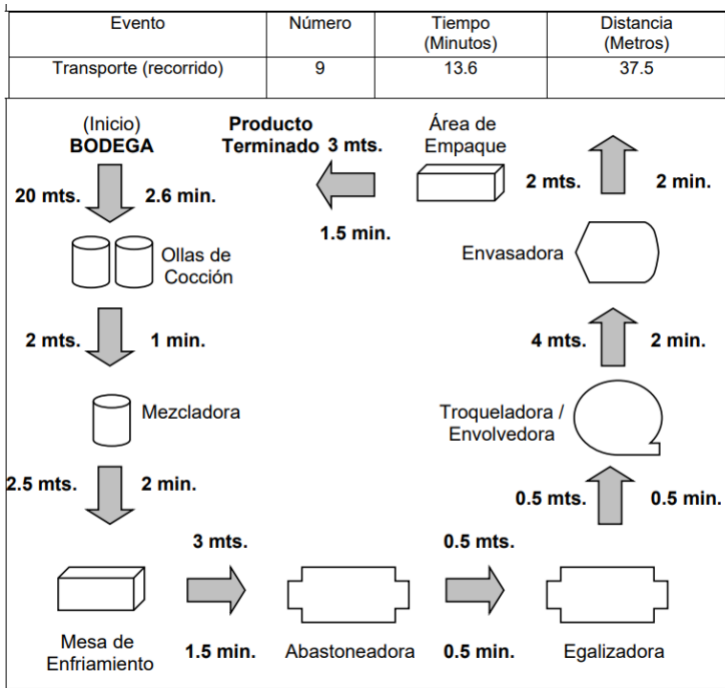


Figura 12. Diagrama de proceso de la fabricación de caramelo duro
Fuente: Sandoval, C. (2010).

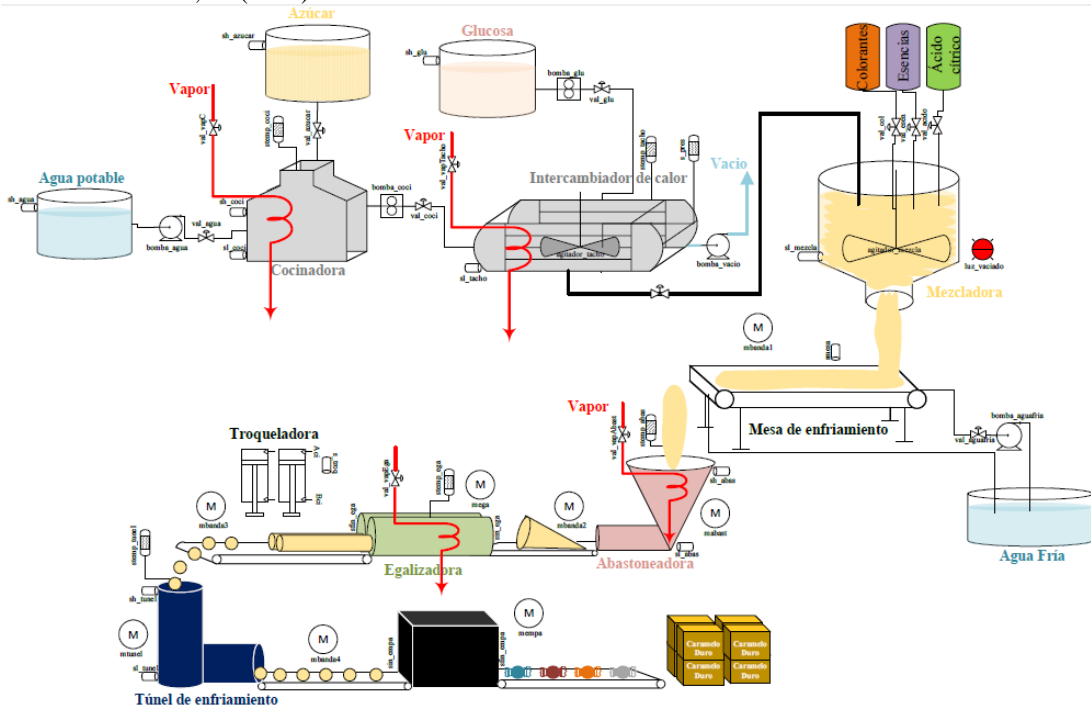


Figura 13. Proceso de fabricación del caramelo duro
Fuente: Anónimo

En la figura 12 se muestra el proceso de fabricación de forma detallada, así como cada una de sus etapas.

Una vez descrito el proceso de fabricación de caramelo duro, así como las consideraciones de la planta se realizará una lista de cotejo con aspectos a resaltar.

Tabla 2. Lista de cotejo del proceso de fabricación de caramelo duro

Lista de Cotejo	
Nombre del Encargado de la Recolección de Datos: Suarez David C.I: 27.014.576	
Fecha: (10/08/2022)	

Criterio	Cumple	No cumple
Criterios importantes en el proceso de producción de caramelo duro	-	-
Se identificaron los diferentes elementos involucrados en el proceso de producción de caramelo duro para ver si se adapta a un marco de implementación automatizada.	X	
Se realizó el estudio de cada parte fundamental del proceso de creación de caramelos para su correcta implementación en el proceso de automatización, con el fin de cumplir con los estándares normalizados.	X	
Se identificaron las maquinarias y materia prima adecuados para cada fase del proceso:		

<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del azúcar • La cocción del azúcar y de la glucosa • Adición de Esencias, Colorantes y Ácido Cítrico • Manipulación del lote de caramelo • Abastoneado del Caramelo • Egalizado del Caramelo • Troquelado del Caramelo • El enfriamiento de los dulces • El enfriamiento de los dulces • Envoltura, envasado y empaquetado. 	X	
Se identificaron los posibles resultados que cumplen con un producto final de calidad adaptado a las necesidades del consumidor.	X	
<ul style="list-style-type: none"> • Masticables y/o Blandos • Comprimidos 	X	X
<ul style="list-style-type: none"> • Pastilla de goma • Comprimidos con relleno 		X
<ul style="list-style-type: none"> • Caramelo Duro 	X	

Fuente: Suarez, D. (2022).

De la lista de cotejo se tiene que en los procesos de producción de Caramelos se encuentran aspectos sumamente rigurosos que deben ser estudiados y atendidos con responsabilidad, esto debido a que no deja de ser un alimento que los usuarios consumirán, por tal motivo es importante el estudio de cada fase involucrada y su correcta implementación en el área que se desee, para posterior brindar un producto de calidad. En esta investigación se abordaron todos los aspectos importantes con los instrumentos más efectivos para la recolección de información y estudio de procesos.

4.2 Fase II: Establecer la Instrumentación del proceso simulado.

Partiendo de la fase anterior, se procederá a seleccionar la instrumentación adecuada para cada etapa del proceso de fabricación de caramelo duro, así como los diferentes elementos y demás equipos que intervienen en el proceso antes mencionado. Para ello se realizará una lista de cotejos para seleccionar los mismos.

Tabla 3. Lista de Instrumentos y/o equipos para fabricación de caramelo duro

Instrumentos y/o equipos	Sí	No	Observaciones
Modelo de los Actuadores			Actuadores que no cumplen (Actuadores neumáticos del tipo DSNU)
Se proponen de la familia Festo:	X		
Cilindro eléctrico DNCE	X		
DSNU-..-Cilindro básico	X		
DSNU-..-MQ		X	
DSNU-..-MA		X	
DSNU-..-MH	X		
Bombas			
Se proponen:			
• Bombas de alta presión	X		
• Bombas neumáticas	X		
• Bombas sumergibles		X	
• Bombas de engranaje		X	
• Bombas Centrifugas		X	

Pulsadores			
Se proponen de la Familia Festo:			
• Pulsador inalámbrico con batería		X	
• Pulsadores para ambientes severos	X		
• Pulsadores de plástico, interruptores, luces piloto	X		
• Pulsador momentáneo		X	
Sensores Se proponen de la Familia Allen Bradley:			
• Interruptores de final de carrera		X	
• Sensores de proximidad inductivos		X	
• Sensores de proximidad capacitivos	X		
• Sensores de proximidad ultrasónicos	X		
• Sensores fotoeléctricos	X		

Fuente: Suarez, D. (2022).

Existe gran diversidad de elementos secundarios y primarios para un sistema de control de proceso, en el caso estudio el proceso de producción de caramelo duro requiere de un estudio sistemático para la selección de los mismos, debido a que dicho proceso tiene una serie de limitantes y requerimientos que deben ser cubiertos y tomados en cuenta a la hora de implementar los elementos; como punto de partida tomando en cuenta los requerimientos del proceso se logró obtener resultados con elementos que cubren perfectamente los criterios de esta investigación y por tanto del proceso, para la selección de elementos involucrados se tomaron como criterios de selección los siguientes puntos:

- Mejor familia de fabricante
- Características según la demanda del proceso
- Fácil adquisición
- Mayor rango de trabajo

4.3 Fase III: Realizar la automatización del proceso simulado mediante el uso del controlador lógico programable PLC.

Para la automatización del proceso simulado se puede hacer uso de cualquier PLC que cumpla los estándares mínimos para el funcionamiento adecuado del proceso a automatizar, debido a la gran cantidad de marcas de PLC se realizó una tabla comparativa de las 2 marcas más populares del mercado, la cual se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Comparaciones de Allen Bradley vs Siemens PLCs

SIEMENS	ALLEN BRADLEY
Los PLC de Siemens tienen puertos de comunicación de seguridad / estándar incorporados. Rockwell requiere tarjetas adicionales (Ethernet / IP, DeviceNet).	El precio no siempre es una consideración clave, pero sigue siendo un factor. Los PLC de seguridad de Siemens son menos costosos. El PLC de seguridad más económico de Allen Bradley de Rockwell, el Compact GuardLogix, tiene un costo de entrada más alto.
Siemens no requiere un rack o fuente de alimentación Siemens para el rack, funciona cualquier 24VDC externo.	Rockwell requiere tarjetas adicionales (Ethernet / IP, DeviceNet).
Siemens no requiere un rack o fuente de alimentación Siemens para el rack, funciona cualquier 24VDC externo.	Allen Bradley requiere un Allen Bradley Rack y una fuente de alimentación Allen Bradley.
Siemens admite hasta 2 grupos de tiempo de ejecución de seguridad. Esto permite al usuario implementar el sistema de seguridad en dos ciclos de tiempo y prioridades diferentes. Para aquellos que consideran que tienen algunas funciones de seguridad que requieren un tiempo de respuesta muy rápido dentro de un sistema más grande que no necesita una respuesta tan rápida, Siemens admite fácilmente este sistema.	Rockwell necesitaría escribir en la salida de seguridad del código de seguridad y la salida estándar en algún lugar del código estándar.
Siemens proporciona soporte técnico estándar sin costo.	Rockwell cobra por asistencia técnica según la cantidad de hardware instalado.
Siemens admite escribir en salidas estándar del programa de seguridad. Rockwell no. Este no es un	. Rockwell tiene una tarea de seguridad y no puede establecer dos grupos de prioridad.

artículo enorme, pero si tiene sentido hacer algo como encender una luz indicadora cuando se presiona un E-Stop en particular (o alguna otra función).	
Con Siemens, Distributed Safety es un paquete adicional con un cargo separado.	Rockwell proporciona el estándar de funciones de seguridad con el software RSLogix.

Fuente: <https://www.plcedge.com/allen-bradley-vs-siemens.html>

- Según la tabla 4 la marca Siemens ofrece mayores beneficios debido a esto se realizará la automatización usando esta marca.
- En cuanto a modelo Se utilizará el PLC S7-300 de SIEMENS es un modelo que no es muy comercial actualmente, pero su bajo coste de adquisición y su rendimiento ante el proceso, nos permite disminuir costos y cubrir las necesidades además que los algoritmos asociados al proceso de fabricación de caramelo duro, cumplen con estándares requeridos por el proceso según el datasheet del mismo.
- El algoritmo de Control de Modelo Interno implementado en el PLC se ajusta el error en estado estable a cero.
- La velocidad de respuesta del PLC a las variables involucradas se ajusta perfectamente a lo requerido.
- En el estado transitorio de las variables controladas por el sistema el PLC posee un esfuerzo de control mayor y reacciona perfectamente.

4.3.1 Funcionamiento del proceso y graficet general

A continuación, se describirá el funcionamiento del proceso en cada etapa, así como un diagrama graficet general para cada etapa.

Etapa N°1

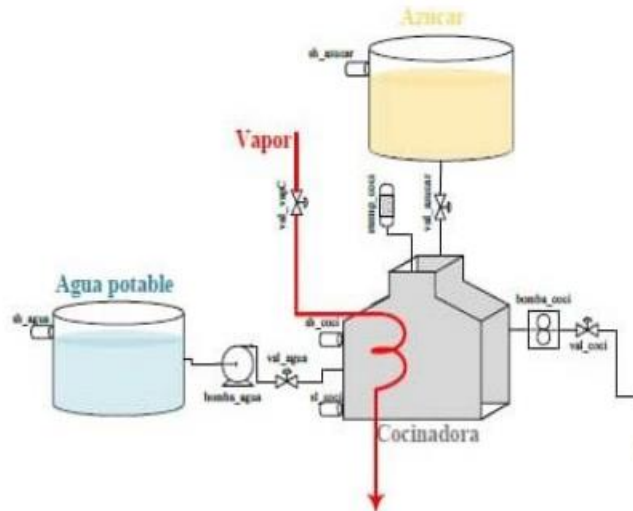


Figura 14. Premezclado

Fuente: Anónimo

Preparación del azúcar: En esta fase el azúcar se inserta por gravedad mediante una válvula **val_azucar**, en paralelo se acciona la bomba del tanque de agua potable **bomb_agua** y su válvula **val_agua**. La mezcla llega hasta el tope del recipiente de cocción donde el sistema de vapor se encargará de calentar la mezcla, los sensores **sh_coci** y **sl_coci** se encargan de censar el nivel deteniendo el llenado hasta el tope.

Un tiempo programado determina el fin de cocción (6 min). Después una válvula **val_coci** da apertura junto con su bomba **bomb_coci** para llevar el fluido hasta la siguiente zona. Los tanques de agua de esta etapa deben estar a un nivel prefijado por los sensores **sh_agua** y **sh_azucar**



Figura 15. Graficet de la etapa de premezclado
 Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°2

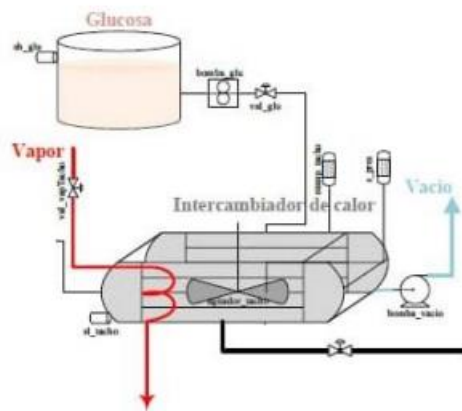


Figura 16. Cocción
 Fuente: Anónimo

La cocción del azúcar y de la glucosa: En esta parte se mezclan ambas sustancias al mismo tiempo (azúcar junto con glucosa) la bomba **bomb_glucosa** se activa cuando inicia la bomba de cocinadora, y desactiva mediante la desactivación del sensor **sl_glucosa**. El agitador **agit_tacho** enciende junto con las bombas, el sistema de vapor lleva el recipiente a la temperatura adecuada cuando los tanques se han vaciado por

completo. Después del tiempo de cocción de la mezcla se acciona la señal de **bomb_vacio** durante un tiempo predeterminado (5 s) en el cual se garantiza la succión de -70mmHg mediante un presostato hasta que se apaga y da inicio a la apertura de la válvula **val_tacho** hasta que el sensor **sl_tacho** indique que se ha vaciado el intercambiador. El fluido cae por gravedad hacia la dosificadora.



Figura 17. Graficet de etapa de cocción
Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°3

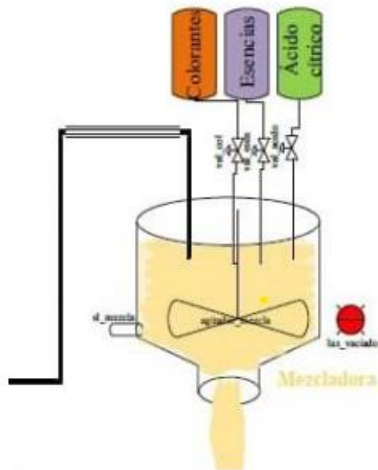


Figura 18. Dosificación

Fuente: Anónimo

Adición de Esencias, Colorantes y Ácido Cítrico: El agitador de esta etapa **agit_mezc** enciende cuando su sensor **sl_mezc** ha detectado la primera señal de nivel, las válvulas de aditivos (**val_col**, **val_ese**, **val_acid**) accionan al mismo tiempo mediante una única señal **señal_mezc**. Cuando el sensor **sl_mezc** deje de percibir jarabe debe generar la señal de vaciado **luz_vac** para dar indicación a los operarios el inicio de las siguientes etapas. Las válvulas se cierran cuando el tacho este vacío nuevamente.

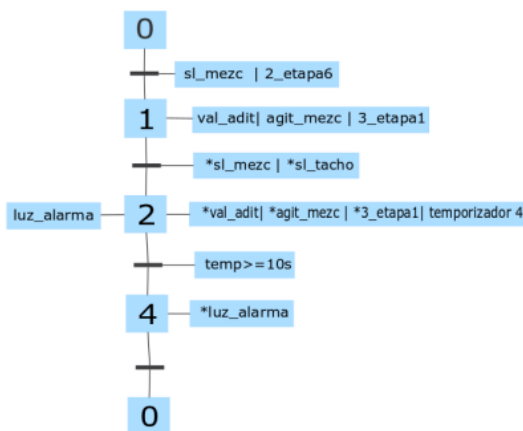


Figura 19. Grafcet de dosificadora

Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°4

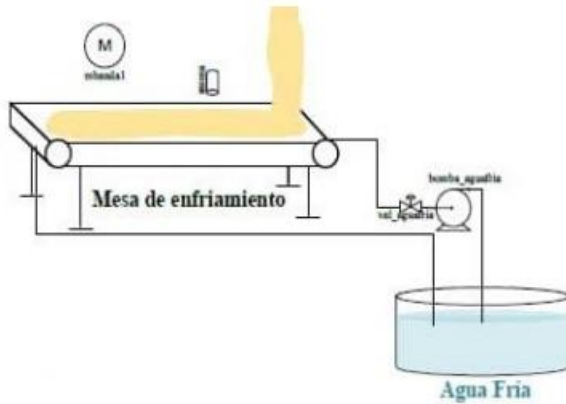


Figura 20. Enfriamiento

Fuente: Anónimo

Manipulación del lote de caramelo: En este punto una cinta transportadora accionada por **mbanda1** se encarga de llevar la mezcla de caramelo en su punto de inicio dado por el sensor **sbanda1** que a su vez acciona **mbanda2**. Se detiene cuando **sh_abast** no detecta más mezcla. La bomba **bomb_enf** enciende al inicio de la etapa de llenado de tacho para climatizar la banda de enfriamiento, y se apaga cuando ya no hay mezcla.

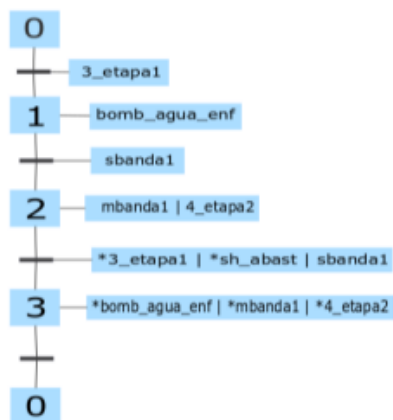


Figura 21. Grafcet de enfriamiento

Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°5

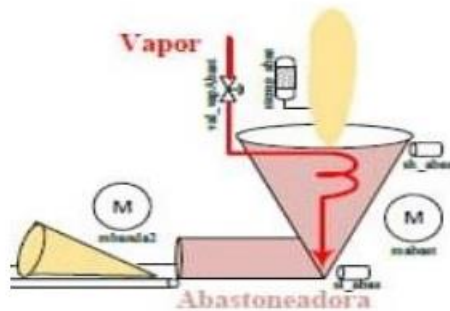


Figura 22. Moldeado

Fuente: Anónimo

Abastoneado del Caramelo: La mezcla cae en la zona de la abastoneadora y se activa el motor de moldeado **mabast** mediante el sensor **sh_abast**, finalizando cuando **sl_abast** lo indique. El motor **mbanda2** mueve el cono de caramelo hasta la zona de eganizado, este solo se detiene cuando el sensor inicio de eganizadora deje de ver caramelo.

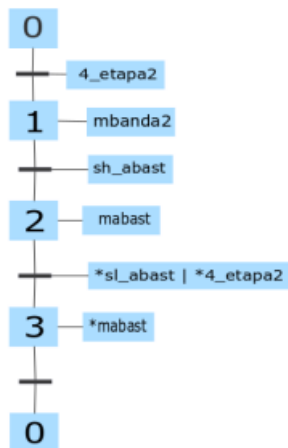


Figura 23. Graficet de abastoneadora

Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°6

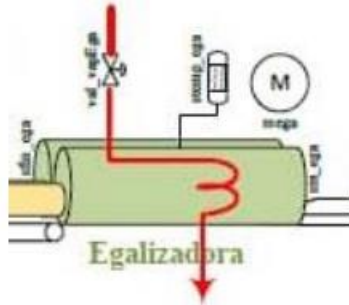


Figura 24. Calibración
Fuente: Anónimo

Egalizado del Caramelo: Esta etapa inicia con la detección de cono de caramelo en la etapa previa por **si_egzra**, aquí un motor **mega** se encarga de accionar los rodillos de calibración, este se detiene cuando el sensor de final indica que no existe hilo de caramelo.



Figura 25. Graficet de eganizadora
Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°7

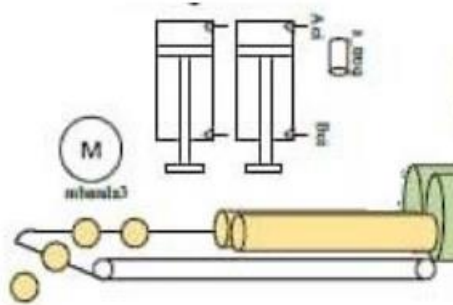


Figura 26. Troquelado

Fuente: Anónimo

Troquelado del Caramelo: La banda transportadora de troqueladora **mbanda3** es accionada en conjunto con **mbanda2**. El sistema de troquel acciona simultáneamente los actuadores **A1** y **A2** cada vez que el sensor **s_troquel** detecte. Los actuadores están acoplados mecánicamente, un sensor de inicio y final de carrea **si_act**, **sf_act** determinan retorno y salida del componente.

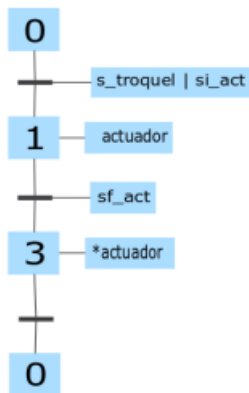


Figura 27. Graficet de troqueladora

Fuente: Suarez, D. (2022).

Etapa N°8

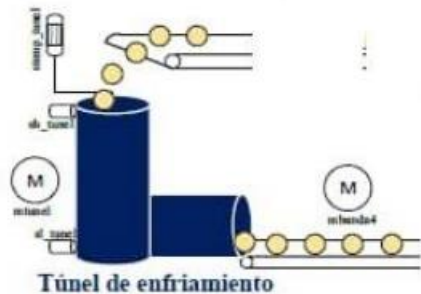


Figura 28. Solidificación

Fuente: Anónimo

El enfriamiento de los dulces: En esta zona la acción inicial es el conteo de unidades por medio de un detector **s_cont** el túnel de enfriamiento acciona junto con la etapa de troquelado el ventilador **mtunnel**. La banda de **mbanda4**, **mbanda5** accionan en conjunto con la señal del túnel al igual que.

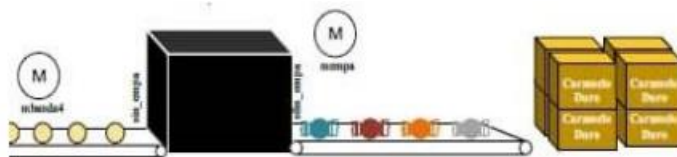


Figura 29. Envoltura, envasado y empaquetado.

Fuente: Anónimo

Envoltura, envasado y empaquetado: Esta etapa es automática, recibe las unidades y le coloca el envoltorio, calibra y discrimina los caramelos defectuosos. El operario de empaquetado debe indicar con un pulsador de parada general **stop** que las cintas transportadoras deben apagarse porque se finalizó el proceso, accionando la alarma previamente durante un tiempo máximo de un (1) min.



Figura 30. Grafcet etapa final.
Fuente: Suarez, D. (2022).

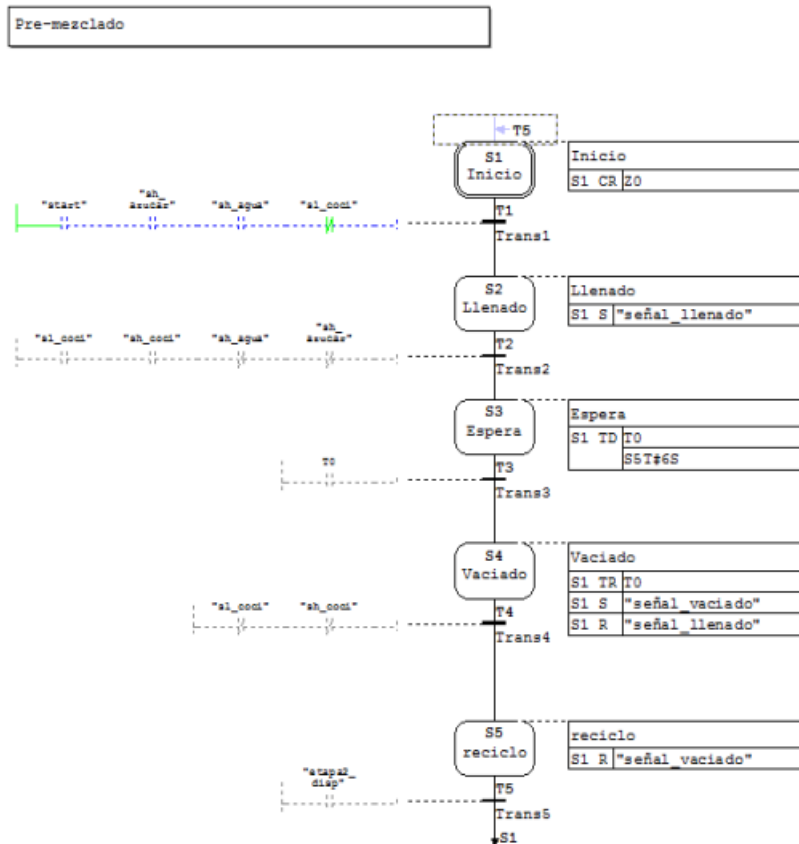
Una vez se tiene descrito el funcionamiento del proceso en cada etapa, así como un diagrama grafcet general para cada etapa se toman en cuenta las consideraciones a tomar en cuenta en este proceso.

4.3.2 Consideraciones del proceso.

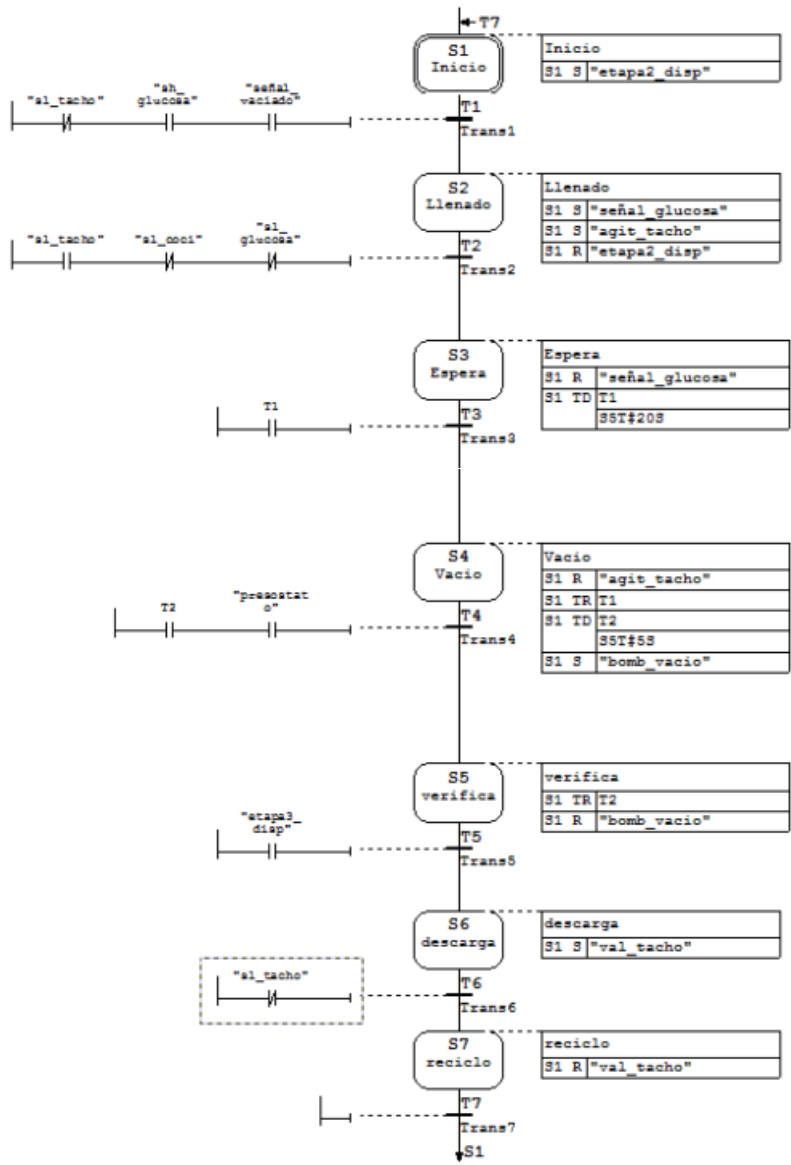
- Los tanques se llenan en proporciones predefinidas que establecen la mezcla correcta.
- La proporción de caudal agua y azúcar es fijada mediante válvulas manuales. Las válvulas de control son discretas. De esta forma se puede asumir que la cocinadora se llena cuando no hay agua y azúcar disponible.
- La mesa de enfriamiento está diseñada de proporciones ideales y enfría de tal forma que al final de los tramos de la banda transportadora la consistencia de caramelo es la adecuada.
- Todos los dispositivos de detección están calibrados previamente y la velocidad de las bandas es fija e igual también.
- Todas las etapas son de una proporción fija de mezcla. A partir de la etapa de enfriamiento pueden existir varias líneas de producción paralelas.

- El sistema de troquelado esta sobre la cinta transportadora, el dispositivo mecánico se encarga de tomar, procesar e insertar las unidades sobre la cinta nuevamente por cada accionamiento.
- Todos los sensores son de lógica positiva, el presostato es negativo.
- El control de temperatura es aislado y efectuado por un controlador PID externo para cada lazo de control de temperatura.
- Si el caramelo se flexiona o alarga un operario se encarga de monitorear su continuidad.
- En caso de falla o pérdida de lógica de ejecución el sistema debe ponerse en funcionamiento de forma manual nuevamente.

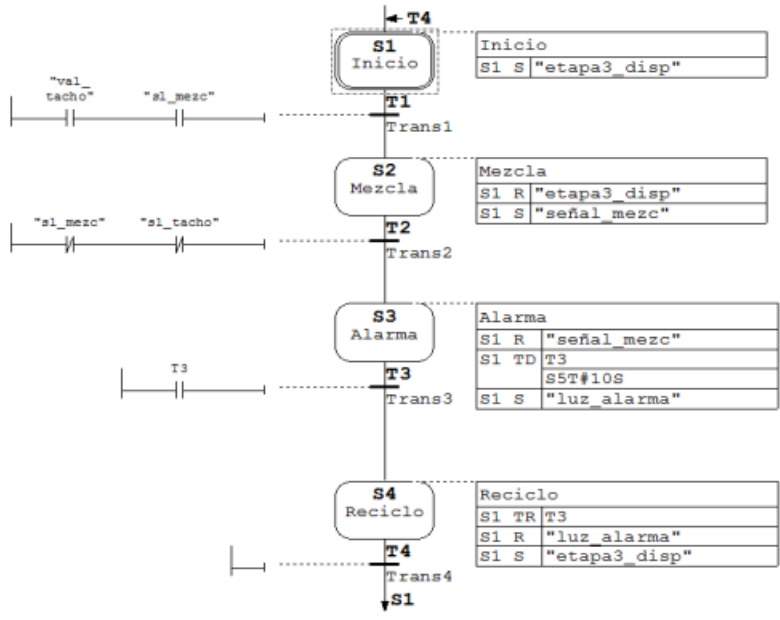
4.3.3. Graficet del proceso de caramelo duro en STEP7 para PLC Siemens S7300



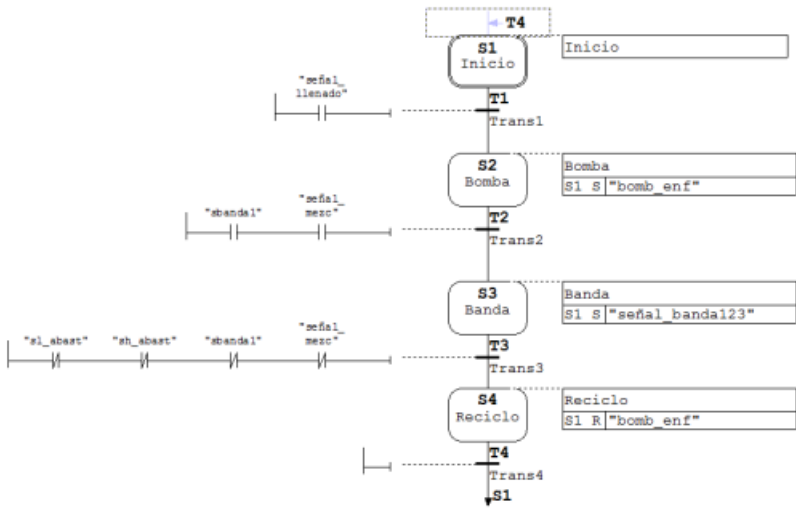
Cocción: Amucar y Glucosa



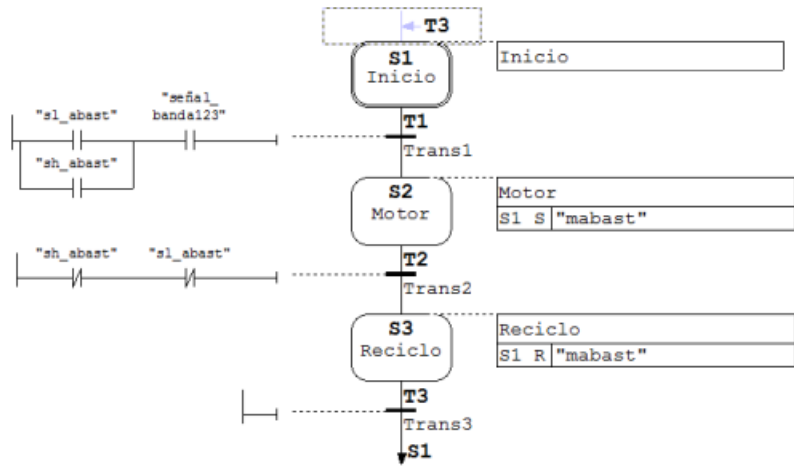
Dosificación



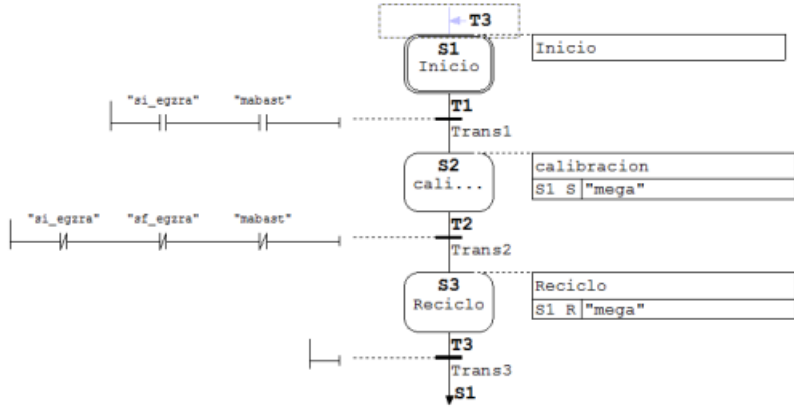
Mesa de enfriamiento



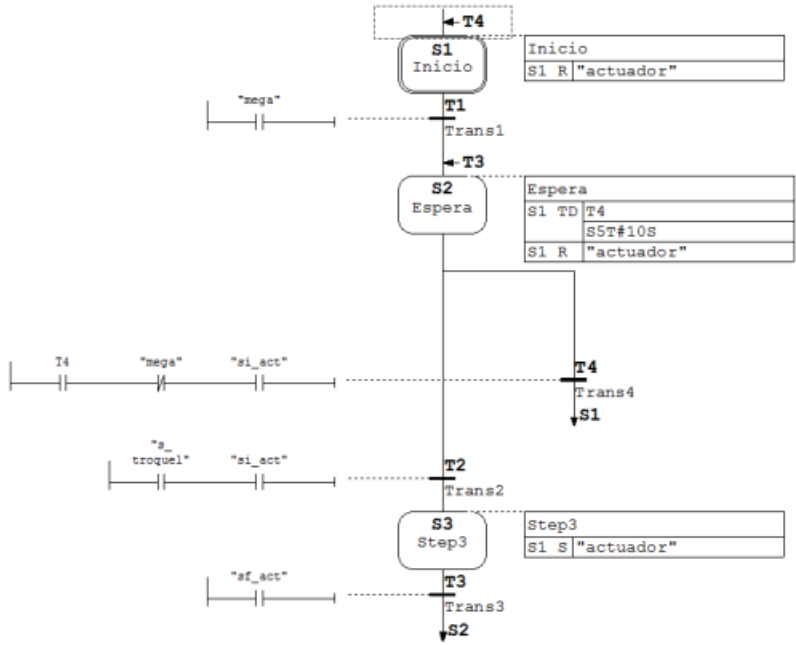
Bastoneadora



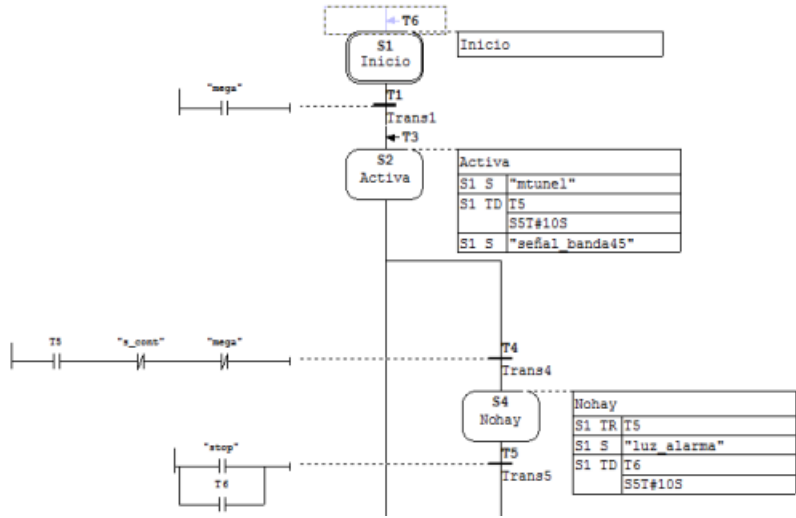
Egalizadora



Troqueladora



Etapa final: Tunel + Empaquetado y envasado



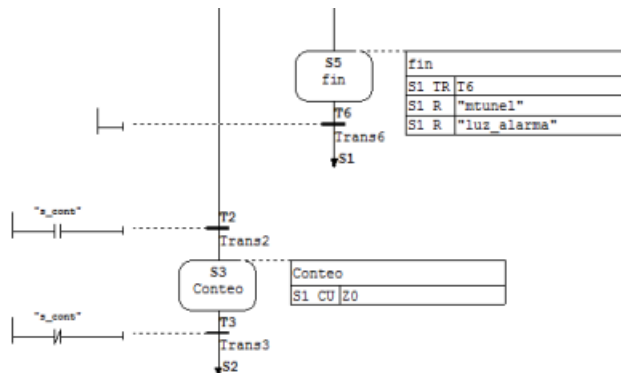


Figura 31. Grafcet del proceso de caramelo duro en Step7
Fuente: Suarez, D. (2022).

En la figura 31 se puede observar la programación del PLC S7300 para el proceso automatizado en la fabricación de caramelo duro mediante Grafcet en el software S7 De Siemens. A continuación, se mostrarán unas consideraciones importantes en el proceso, así como demás circuitos y conexiones de interés.

Todas las etapas del proceso corren en paralelo de tal forma que puede funcionar simultáneamente, las etapas están organizadas en ocho (8) bloques de función. en el cual el último bloque FB8 comprime las etapas de empaquetado y túnel de enfriamiento. Las etapas 1,2, 3 están restringidas a la espera de habilitación de la siguiente mediante las marcas de memorias “**etapa2_disp**” y “**etapa3_disp**”. Las siguientes etapas no dependen de la activación de la etapa anterior, pero están activas solo cuando la anterior ha iniciado. De esta forma se evita la activación previa en caso de ocurrir una lectura al alzar por preparación de las etapas posteriores en caso del sistema este encendido (Ej. Colocación de desmoldeante sobre la mesa de enfriamiento por el operador que active el sensor de banda). La señal de llenado del tacho indica que debe accionarse la bomba de enfriamiento para empezar a poner la mesa de enfriamiento a su temperatura promedio. La abastoneadora no enciende si no se ha activado la banda transportadora de la mesa de enfriamiento. El encendido de la eganizadora lo determina el motor de la abastoneadora. La mesa de troquelado se activa con el encendido de eganizadora, y esta se pone en modo inactivo si después de un (1) minuto no detecta caramelo disponible sobre la banda de troquelado (banda 3). De igual

forma un sensor de conteo se encargará de avisar si existen piezas en el túnel de enfriamiento espera un (1) minuto sin detección para indicar mediante alarma que el proceso ha finalizado y puede apagarse si un operario pulsa el botón de “stop”, al cabo de un (1) adicional si no se acciona el pulsador el proceso se apaga.

4.3.4 Entradas y salidas del Proceso

	Estado	Símbolo /	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		actuador	A 0.0	BOOL	Actuador de troqueladora
2		agit_mezc	A 0.7	BOOL	Agitador de mezcladora
3		agit_tacho	A 1.0	BOOL	Agitador de tacho
4		bastoneado	FB 5	FB 5	Bloque de bastoneadora
5		bomb_enf	A 1.6	BOOL	Bomba de enfriadora
6		bomb_vacio	A 1.7	BOOL	Bomba de vacío
7		cocción	FB 2	FB 2	Bloque de cocción
8		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
9		eganizado	FB 6	FB 6	Bloque de eganizadora
10		enfriamiento	FB 4	FB 4	Bloque de mesa de enfriamiento
11		etapa2_disp	M 0.0	BOOL	Marca de activación de etapa 2
12		etapa3_disp	M 0.1	BOOL	Marca de activación de etapa 3
13		etapa4_disp	M 0.2	BOOL	Marca de activación de etapa 4
14		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
15		luz_alarma	A 1.2	BOOL	Luz y alarma del proceso
16		mabast	A 1.3	BOOL	Motor de abastoneadora
17		mega	A 1.4	BOOL	Motor de eganizadora
18		mezclado	FB 3	FB 3	Bloque de mezclado
19		mtunel	A 1.5	BOOL	Motor de túnel de etapa final
20		Pre-mezclado	FB 1	FB 1	Bloque inicial de pre-mezclado
21		presostato	E 1.3	BOOL	Presostato de vacío negativo
22		s_cont	E 2.1	BOOL	Sensor capacitivo de conteo
23		s_troquel	E 2.2	BOOL	Sensor capacitivo de troqueladora
24		sbanda1	E 2.3	BOOL	Sensor de banda transportadora 1
25		señal_banda123	A 0.5	BOOL	Activa/Desactiva: mbanda1, mbanda2, mbanda3
26		señal_banda45	A 0.6	BOOL	Activa/Desactiva: mbanda4, mbanda5
27		señal_glucosa	A 0.3	BOOL	Activa/Desactiva: bomb_glucosa, val_glucosa
28		señal_lenado	A 0.1	BOOL	Activa/Desactiva: bomb_agua, val_azucar, val_agua
29		señal_mezc	A 0.4	BOOL	Activa/Desactiva: agit_mezc, habilita etapa 4
30		señal_vaciado	A 0.2	BOOL	Activa/Desactiva: bomb_coci, val_coci
31		sf_act	E 1.6	BOOL	Sensor inductivo de final del actuador
32		sf_egzra	E 1.7	BOOL	Sensor de fin de eganizadora
33		sh_abast	E 1.2	BOOL	Sensor de nivel alto de abastoneadora
34		sh_agua	E 0.6	BOOL	Sensor de nivel alto de tanque de agua
35		sh_azucar	E 0.7	BOOL	Sensor de nivel alto de tanque de azúcar
36		sh_coci	E 1.1	BOOL	Sensor de nivel alto de cocinadora
37		sh_glucosa	E 1.0	BOOL	Sensor de nivel alto de glucosa
38		si_act	E 1.4	BOOL	Sensor inductivo de inicio del actuador
39		si_egzra	E 1.5	BOOL	Sensor de inicio de eganizadora
40		sl_abast	E 0.5	BOOL	Sensor de nivel bajo de abastoneadora
41		sl_coci	E 0.1	BOOL	Sensor de nivel bajo de cocinadora
42		sl_glucosa	E 0.2	BOOL	Sensor de nivel bajo de glucosa
43		sl_mezc	E 0.4	BOOL	Sensor de nivel bajo de dosificadora
44		sl_tacho	E 0.3	BOOL	Sensor de nivel bajo de tacho
45		start	E 0.0	BOOL	Pulsador de inicio
46		stop	E 2.4	BOOL	Pulsador de parada
47		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
48		troquelado	FB 7	FB 7	Bloque de troqueladora
49		tunel_envasado	FB 8	FB 8	Bloque de túnel de empaquetado
50		val_tacho	A 1.1	BOOL	Válvula de tacho

Figura 32. Entradas y salidas discretas del proceso
Fuente: Suarez, D. (2022).

En esta sección se simplificó el encendido de algunas variables externas que accionan en tiempos iguales mediante la adición de una única señal de activación y

desactivación. El arranque y parada de dispositivos como motores puede ser efectuado de forma manual mediante un circuito selector manual automático por etapa, este inhabilita la salida del PLC y selecciona un circuito de enclavamiento básico de el/los dispositivos involucrados en cada etapa. Se omite la parada mediante PLC para evitar uso de módulos expansores adicionales, en acciones que dependen de supervisión humana por la falta de información que se puede obtener de los sensores ante una posible emergencia.

4.3.5. Esquemas de conexión del PLC

Para las entradas y salidas discretas se empleó el módulo I/O compacto del PLC en conjunto con el módulo 323. Las salidas hacia electroválvulas se protegen mediante fusibles, el accionamiento hacia los motores es a través de relés auxiliares para proteger la salida del PLC por el inrush de la máquina y el tipo de sistema de tensión de motores trifásicos. Mientras que para los sensores la protección es a través de fusible nuevamente del tipo de accionamiento rápido todos limitados a [1.1-1.25] veces la corriente nominal de salida del sensor.

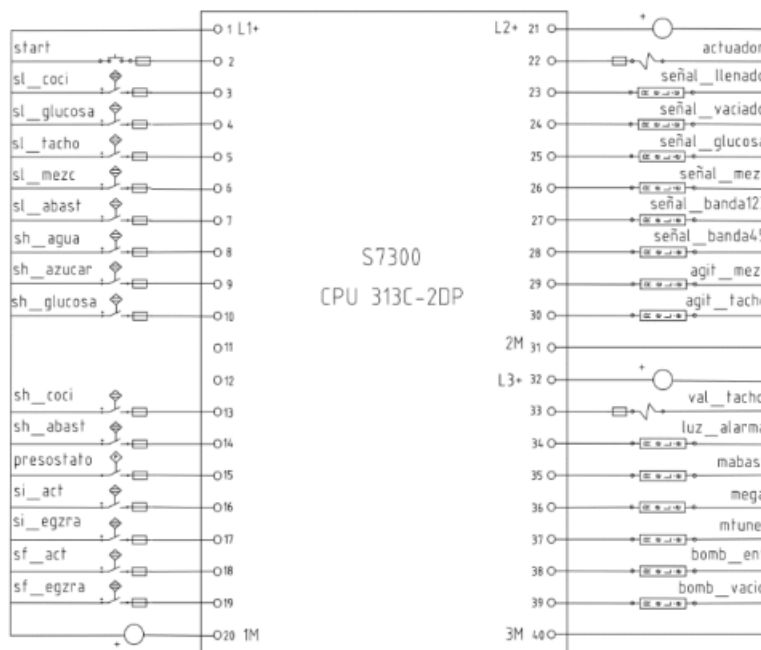


Figura 33. Conexión de I/O Discretas al PLC
Fuente: Suarez, D. (2022).

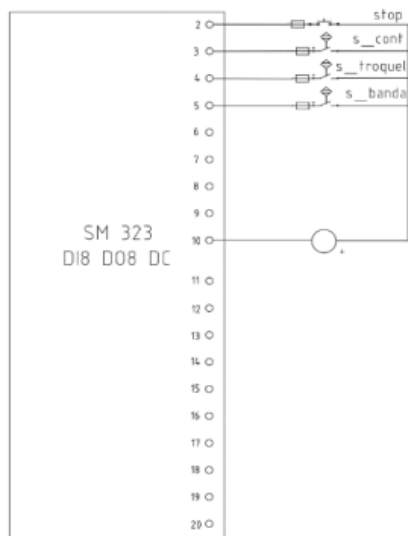


Figura 34. Conexión del expansor SM323

Fuente: Suarez, D. (2022).

Conexión de las RTD al módulo 331: La medición de temperatura esta seccionada en tres partes, la para la cocinadora esta se mide mediante las sondas del canal CH0 y CH1, haciendo un promedio de la medición mediante programación se obtiene la VP1(variable de proceso 1) de ese lazo de control. Por otro lado, los canales CH2 y CH3 monitorean la temperatura del tacho VP2. Los restantes canales se utilizan para medir la temperatura de la eganizadora y abastoneadora simultáneamente VP3, dos sondas para cada etapa, así la temperatura del caramelo se mantiene constante durante toda la zona de previa al troquelado y enfriamiento para darle su forma.

El circuito de control de motores de las cintas transportadores consta de un accionamiento manual y automático en modo manual el PLC acciona un relé auxiliar para alimentar en paralelo los circuitos de los tres motores de las bandas transportadoras mbanda1, mbanda2, mbanda3 y otro relé adicional para las bandas restantes mbanda4, mbanda5. Este diagrama no exige grandes requerimientos, y permite la flexibilidad en operación de la planta. El variador de la cinta debe contar con su selector de giro y debe estar en ON cuando se arranca el sistema de tal forma que el contactor KMX realiza la conexión.

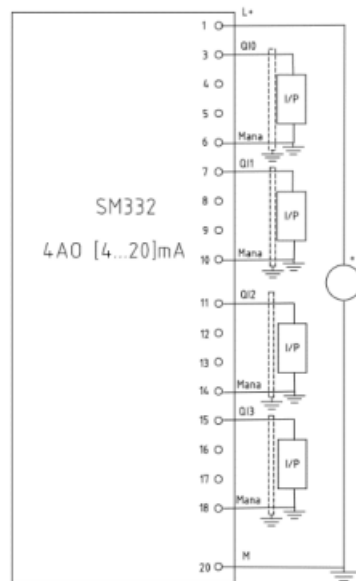
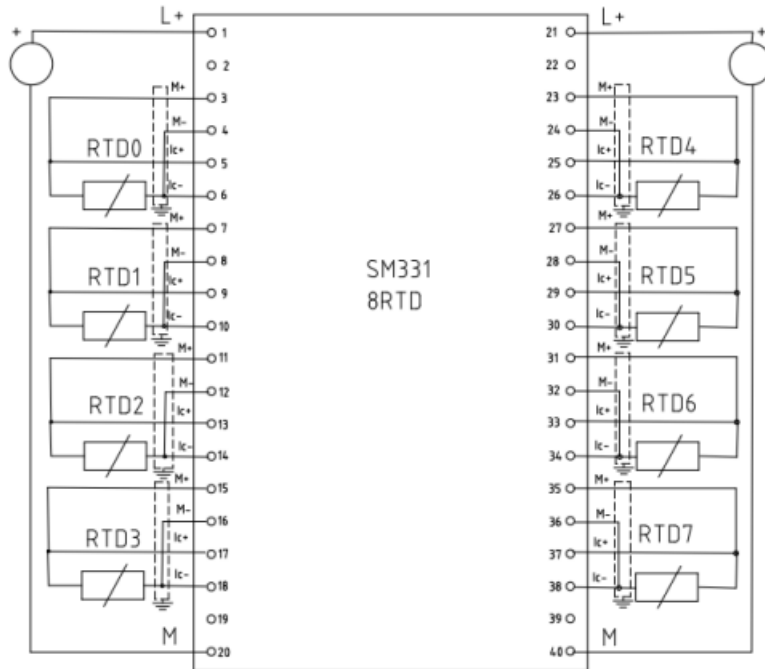


Figura 35. Conexión del expansor SM332
 Fuente: Suarez, D. (2022).

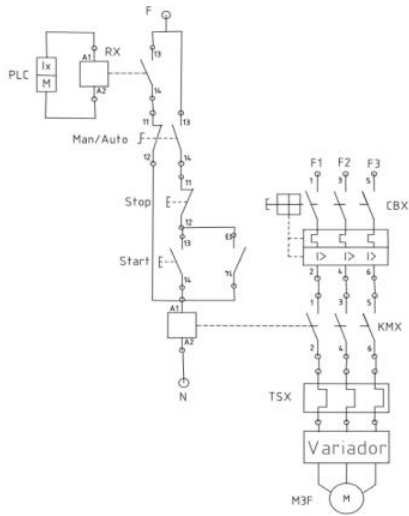


Figura 36. Control de cintas transportadoras A

Fuente: Suarez, D. (2022).

Para las señales de la válvula de glucosa, válvula de cocinadora, bomba de cocinadora, bomba de glucosa se utilizó una señal común para ambos dispositivos. El selector funciona de igual forma que en las bandas transportadoras y permite parar las bombas y cerrar válvulas. El arrancador dependerá de la capacidad de los motores típicamente un arranque directo para motores menores a los 5Kw es recomendable.

La válvula de fluido viscoso es de accionamiento neumático esta se acciona mediante una válvula solenoide 3/2 de retorno por muelle para ambos dispositivos.

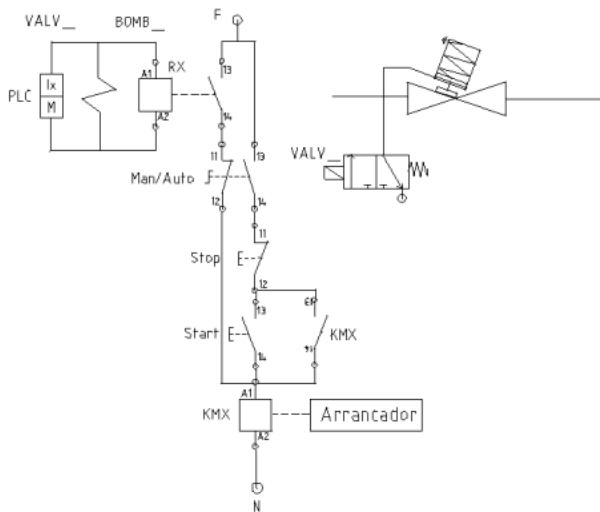


Figura 37. Control de cintas transportadoras B

Fuente: Suarez, D. (2022).

4.4 Fase IV: Diseñar el sistema SCADA de la automatización de la fábrica de caramelo duro.

Los sistemas de interfaz entre usuario y planta basados en paneles de control repletos de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidos por sistemas digitales que implementan el panel sobre la pantalla de un ordenador. El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

Los sistemas SCADA utilizan un HMI interactivo que permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto les otorga una gran flexibilidad, el modo supervisor del HMI de un SCADA no solo señala los problemas, sino que, lo más importante, orienta en cuanto a los procedimientos para solucionarlos.

Se destacan aspectos técnicos y funcionales de la implementación de sistemas SCADA, que le permiten al ser humano interactuar con los procesos en los diferentes tipos de industrias sin necesidad de asumir riesgos en la planta, ya que facilitan el control y toma de decisiones de manera remota desde una cabina de mando.

Este tipo de software constituye un avance de gran impacto en la automatización industrial, ya que permite ilustrar gráficamente los procesos productivos en pantalla y crear alarmas y advertencias en tiempo real, para el manejo confiado y pleno del proceso que se desea controlar.

Tabla 5. Comparaciones de HMI BÁSICO vs SCADA

HMI BASICO	SCADA
Los sistemas de interfaz hombre-máquina (HMI) permiten operaciones confiables de tecnología en cada aplicación, incluyendo trenes de alta velocidad, centros de mecanizado CNC, equipos de producción de	Adquisición y almacenado de datos para recoger, procesar y almacenar la información recibida en forma continua y confiable

semiconductores y equipos médicos de diagnóstico o laboratorio.	
Visualizar los datos	Representación gráfica y animada de variables de proceso y su monitorización por medio de alarmas
Supervisar las entradas y salidas de la máquinas	Ejecutar acciones de control para modificar la evolución del proceso, actuando ya sea sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
Los indicadores de la HMI de alto rendimiento son sencillos, limpios y exentos de controles o gráficos extraños. Otros elementos de diseño, como el color, el tamaño y la ubicación, se utilizan con discreción para optimizar la experiencia del usuario.	Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.

Fuente: Suarez, D. (2022).

El Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) y la HMI están estrechamente relacionados, y a menudo se hace referencia de ellos en el mismo contexto, ya que ambos forman parte de un sistema de control industrial más amplio, pero cada uno de ellos ofrece diferentes funcionalidades y oportunidades.

Mientras que los HMI están enfocados en transmitir información visualmente para ayudar al usuario a supervisar un proceso industrial, los sistemas SCADA tienen una mayor capacidad para la recolección de datos y la operación del sistema de control. Los sistemas SCADA, las HMI no recopilan ni registran información ni se conectan a bases de datos. Más bien, la interfaz proporciona una herramienta de comunicación efectiva que funciona como parte de, o junto con, un sistema SCADA.

En esta se desarrollará un sistema SCADA mediante el software intouch debido a que dicho software ofrece compatibilidad con cualquier marca de PLC al ser desarrolladores de software y no de hardware.

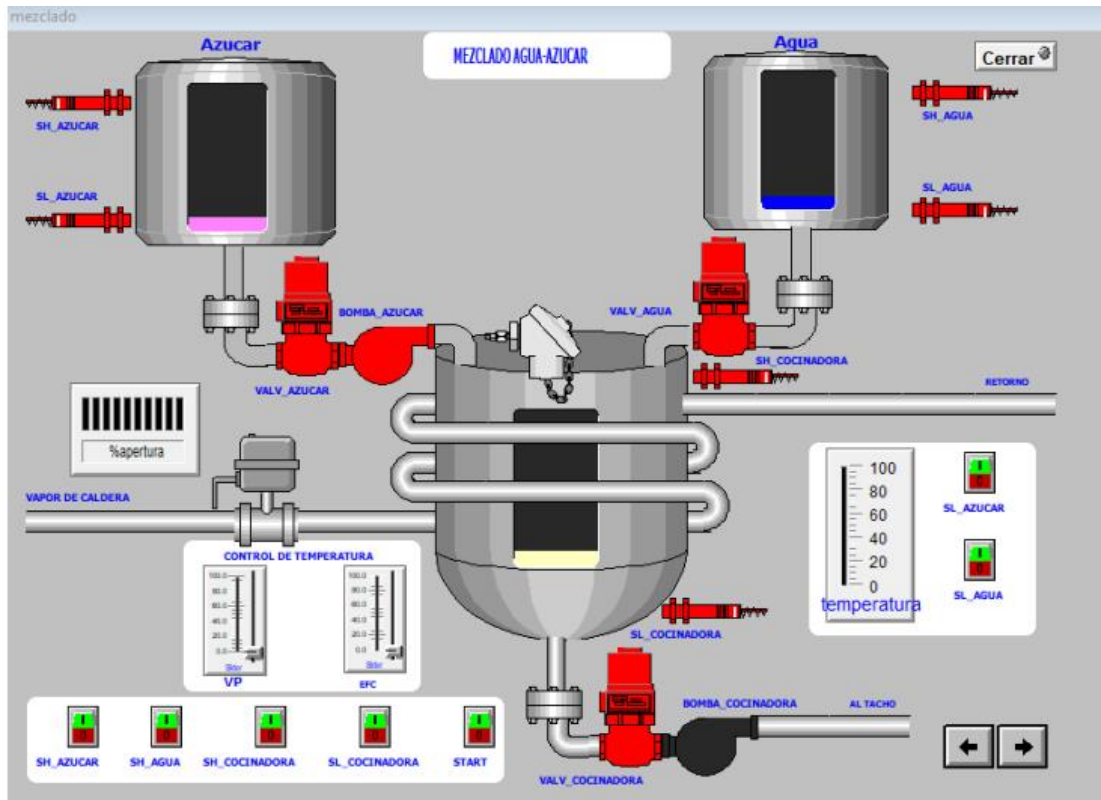


Figura 38. SCADA del mezclado

Fuente: Suarez, D. (2022).

En esta fase el azúcar se inserta mediante una válvula val_azucar, en paralelo se acciona la bomba del tanque de agua potable bomb_agua y su válvula val_agua. La mezcla llega hasta el tope del recipiente de cocción donde el sistema de vapor se encargar de calentar la mezcla, los sensores sh_cocinadora y sl_cocinadora se encargan de censar el nivel deteniendo el llenado hasta el tope. Después una válvula val_cocinadora da apertura junto con su bomba bomb_cocinadora para llevar el fluido hasta la siguiente zona. Los tanques de agua de esta etapa deben estar a un nivel prefijado por los sensores sh_agua y sh_azucar.

Se agregaron scripts de alarma de falla de sensores y de llenado y vaciado de tanques. Adicional se agrega un variador de temperatura por sistema.

Scripts

```
IF sl_azucar == 0 AND sh_azucar==1 THEN
alarma_s_azucar=100;
```

```

alarma_v_azucar=0;
ELSE IF sh_azucar==0 AND sl_azucar==0 THEN
alarma_v_azucar=100; alarma_s_azucar=0;
ENDIF;
alarma_s_azucar=0;
alarma_v_azucar=0;
ENDIF;
IF sl_agua == 0 AND sh_agua==1 THEN
alarma_s_agua=100;
alarma_v_agua=0;
ELSE IF sh_agua==0 AND sl_agua==0 THEN
alarma_v_agua=100;
alarma_s_agua=0; E
NDIF;
alarma_s_agua=0;
alarma_v_agua=0;
ENDIF;
IF startmezclado==1 THEN
IF sl_azucar==1 THEN
tuberia_azucar=1;
bomb_azucar=1;
valv_azucar=1;
ELSE
tuberia_azucar=0;
bomb_azucar=0;
valv_azucar=0;
ENDIF;
IF sl_agua==1 THEN
tuberia_agua=1;
valv_agua=1;
ELSE
tuberia_agua=0;
valv_agua=0;
ENDIF;
IF sh_agua==0 AND sh_azucar==0 AND sl_agua==0 AND sl_azucar==0 AND
sh_cocinadora==1 AND sl_cocinadora==1 THEN
IF seconds_counter==9 THEN
seconds_counter=0;
coci_time_int=coci_time_int - 1;
ENDIF;
seconds_counter=seconds_counter + 1;
IF coci_time_int==0 THEN

```

```

valv_cocinadora=1;
bomb_cocinadora=1;
nivel_cocinadora=nivel_cocinadora - 1;
ENDIF;
ELSE IF sh_agua==0 AND sh_azucar==0 AND sl_agua==0 AND sl_azucar==0
AND sh_cocinadora==0 AND sl_cocinadora==0 THEN
valv_cocinadora=0;
bomb_cocinadora=0;
coci_time_int=0;
ENDIF;
ENDIF;
cu_time_coci=StringFromIntg (coci_time_int, 10);
ELSE IF start_mezclado==0 THEN
seconds_counter=0;
coci_time_int=StringToIntg (coci_time);
valv_tacho=0;
tuberia_agua=0;
tuberia_azucar=0;
bomb_azucar=0;
valv_azucar=0;
valv_agua=0;
ENDIF;
ENDIF;
IF sl_cocinadora == 0 AND sh_cocinadora==1 THEN
alarma_s_coci=100;
alarma_v_coci=0;
ELSE IF sh_tanque==0 AND sl_tanque==0 THEN
alarma_v_coci=100;
alarma_s_coci=0;
ENDIF;
alarma_s_coci=0;
alarma_v_coci=0;
ENDIF;

```

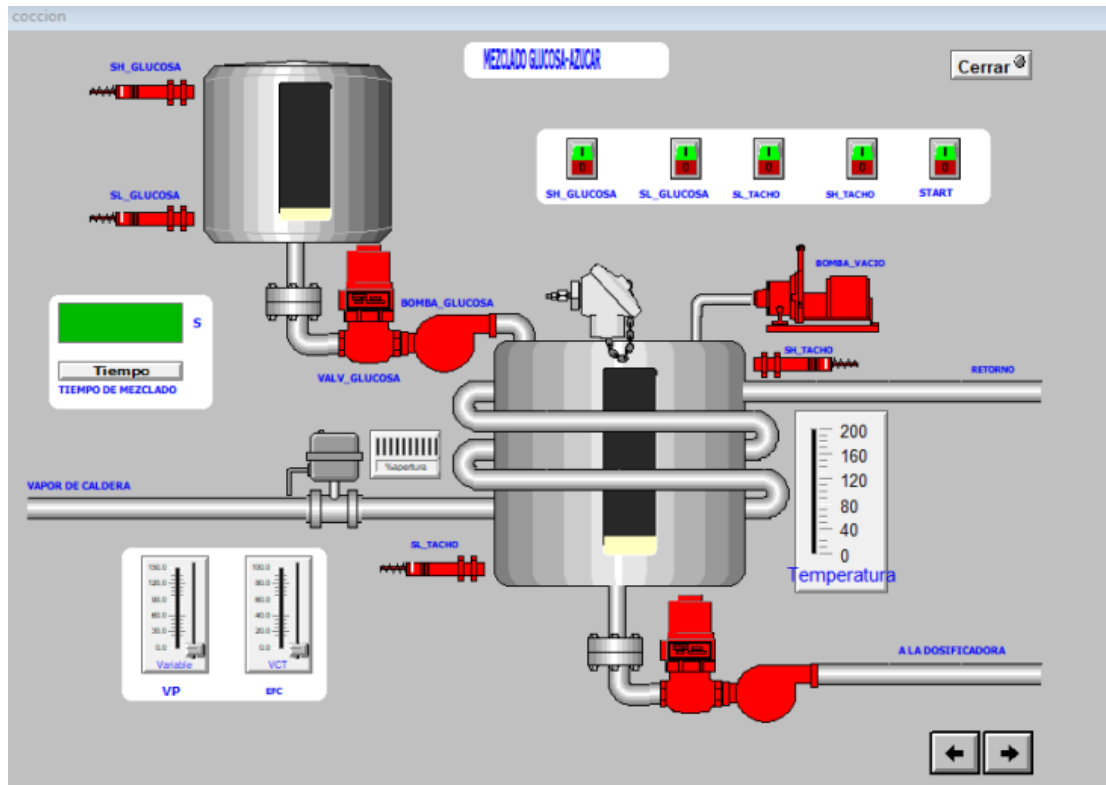


Figura 39. SCADA de la cocción

Fuente: Suarez, D. (2022).

En esta parte se mezclan ambas sustancias al mismo tiempo (azúcar junto con glucosa) la bomba bomb_glucosa se activa cuando inicia la bomba de cocinadora, y desactiva mediante la desactivación del sensor sl_glucosa. El agitador agit_tacho enciende junto con las bombas, el sistema de vapor lleva el recipiente a la temperatura adecuada cuando los tanques se han vaciado por completo. Después del tiempo de cocción de la mezcla se acciona la señal de bomba_vacio durante un tiempo predeterminado (5 s) en el cual se garantiza la succión de -70mmHg mediante un presostato hasta que se apaga y da inicio a la apertura de la válvula val_tacho hasta que el sensor sl_tacho indique que se ha vaciado el intercambiador. El fluido cae por gravedad hacia la dosificadora.

Se pueden visualizar los estados de los sensores, color verde cuando el sensor esta desactivado y color rojo cuando esta activado, también se puede colocar el tiempo del mezclado por sistema, así como manipular tanto la variable de proceso y la variable

de control. Las alarmas agregadas acá son las de llenado o vaciado de tanque, así como las del mal funcionamiento de los sensores.

Scripts

```
IF sl_glucosa == 0 AND sh_glucosa==1 THEN
alarma_s_glucosa=100;
alarma_v_glucosa=0;
ELSE IF sh_glucosa==0 AND sl_glucosa==0 THEN
alarma_v_glucosa=100;
alarma_s_glucosa=0;
ENDIF;
alarma_s_glucosa=0;
alarma_v_glucosa=0;
ENDIF;
IF sl_tacho == 0 AND sh_tacho==1 THEN
alarma_s_tacho=100;
alarma_v_tacho=0;
ELSE IF sh_tacho==0 AND sl_tacho==0 THEN
alarma_v_tacho=100;
alarma_s_tacho=0;
ENDIF;
alarma_s_tacho=0;
alarma_v_tacho=0;
ENDIF;
IF sl_glucosa == 1 AND sh_glucosa==0 THEN
nivel_glucosa=10;
ELSE IF sl_glucosa == 1 AND sh_glucosa==1 THEN
nivel_glucosa=100;
ELSE IF sl_glucosa == 0 AND sh_glucosa==0 THEN
nivel_glucosa=0;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
IF sl_tacho == 1 AND sh_tacho==0 THEN
nivel_tacho=10;
ELSE IF sl_tacho == 1 AND sh_tacho==1 THEN
nivel_tacho=100;
ELSE IF sl_tacho == 0 AND sh_tacho==0 THEN
nivel_tacho=0;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
```

```

IF start_tacho==1 THEN
cu_time_mezc=StringFromIntg (mezc_time_int, 10);
IF nivel_glucosa>=100 THEN
bomb_glucosa=1;
ELSE IF nivel_glucosa<=0 THEN
bomb_glucosa=0;
ENDIF;
ENDIF;
IF nivel_tacho==100 AND mezc_time_int>0 THEN
IF seconds_counter2==9 THEN
seconds_counter2=0;
mezc_time_int=mezc_time_int - 1;
ENDIF;
seconds_counter2=seconds_counter2 + 1;
IF mezc_time_int==2 THEN
bomb_vacio=1;
ENDIF;
ELSE IF nivel_tacho==100 AND mezc_time_int==0 THEN
bomb_tacho=1;
bomb_vacio=0;
ELSE IF nivel_tacho==0 AND mezc_time_int==0 THEN
bomb_tacho=0;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ELSE IF start_tacho==0 THEN
mezc_time_int=StringToIntg (mezc_time);
bomb_tacho=0;
bomb_glucosa=0;
bomb_vacio=0;
ENDIF;
ENDIF;

```

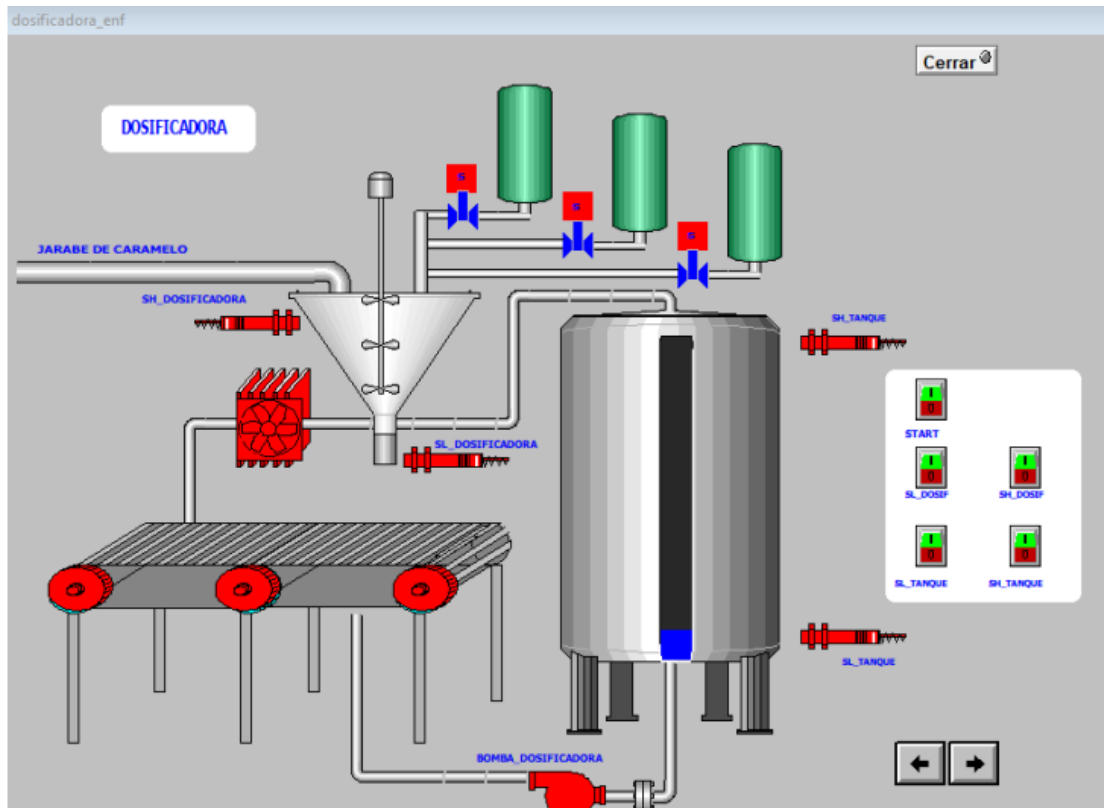


Figura 40. SCADA dosificadora

Fuente: Suarez, D. (2022).

El agitador de esta etapa agit_mezc enciende cuando su sensor sl_mezc ha detectado la primera señal de nivel, las válvulas de aditivos (val_col, val_ese, val_acid, cuyas valulas están conectadas a los tanques verdes) accionan al mismo tiempo mediante una única señal señal_mezc. Cuando el sensor sl_tanque deje de percibir jarabe debe generar la señal de vaciado luz_vac para dar indicación a los operarios el inicio de las siguientes etapas. Las válvulas se cierran cuando el tacho este vacío nuevamente. En este punto una cinta transportadora accionada por mbanda1 se encarga de llevar la mezcla de caramelo en su punto de inicio dado por el sensor sbanda1 que a su vez acciona mbanda2. Se detiene cuando sh_abast no detecta más mezcla. La bomba bomb_enf enciende al inicio de la etapa de llenado de tacho para climatizar la banda de enfriamiento, y se apaga cuando ya no hay mezcla.

Se pueden visualizar los estados de los sensores, color verde cuando el sensor está desactivado y color rojo cuando esta activado, se puede visualizar el estado activo

del agitador. Las alarmas agregadas acá son las de llenado o vaciado de tanque, así como las del mal funcionamiento de los sensores.

Scripts

```
IF sl_tanque == 1 AND sh_tanque==0 THEN
nivel_dosif=10;
ELSE IF sl_tanque == 1 AND sh_tanque==1 THEN
nivel_dosif=100;
ELSE IF sl_tanque == 0 AND sh_tanque==0 THEN
nivel_dosif=0;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
IF start_dosif==1 AND alarma_s_dosif==0 THEN
IF sh_dosif==1 OR sl_dosif==1 THEN
agit_dosif=1;
valv_dosif=1;
m_banda1=1;
IF mov_banda1<100 THEN
mov_banda1=mov_banda1+20;
ELSE IF mov_banda1>=100 THEN
mov_banda1=0;
ENDIF;
ENDIF;
ELSE IF sl_dosif==0 AND sh_dosif==0 THEN
agit_dosif=0;
valv_dosif=0;
m_banda1=0;
ENDIF;
ENDIF;
bomb_dosif=1;
ELSE
agit_dosif=0;
valv_dosif=0;
bomb_dosif=0;
mov_banda1=0;
ENDIF;
IF sh_tanque==0 AND sl_tanque==0 THEN
alarma_v_dosif=100;
alarma_s_dosif=0;
ELSE IF sh_tanque==1 AND sl_tanque==0 THEN
alarma_s_dosif=100;
```

```

alarma_v_dosif=0;
ELSE
alarma_s_dosif=0;
alarma_v_dosif=0;
ENDIF;
ENDIF;

```

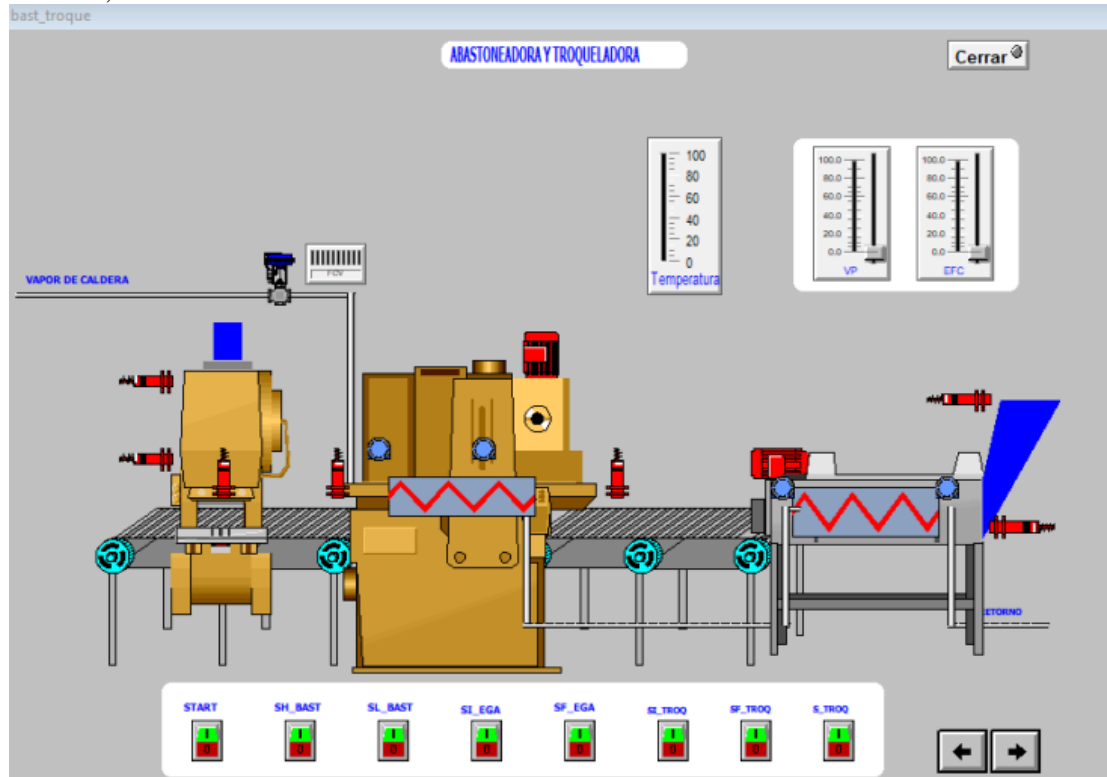


Figura 41. SCADA Abastoneadora y Troqueladora
Fuente: Suarez, D. (2022).

La mezcla cae en la zona de la abastoneadora y se activa el motor de moldeado mabast mediante el sensor sh_abast, finalizando cuando sl_abast lo indique. El motor mbanda2 mueve el cono de caramelo hasta la zona de eganizado, este solo se detiene cuando el sensor inicio de eganizadora deje de ver caramelo. Esta etapa inicia con la detección de cono de caramelo en la etapa previa por si_egzra, aquí un motor mega se encarga de accionar los rodillos de calibración, este se detiene cuando el sensor de final indica que no existe hilo de caramelo. La banda transportadora de troqueladora mbanda3 es accionada en conjunto con mbanda2. El sistema de troquel acciona

simultáneamente los actuadores A1 y A2 cada vez que el sensor s_troquel detecte. Los actuadores están acoplados mecánicamente, un sensor de inicio y final de carrera si_act, sf_act determinan retorno y salida del componente.

Se puede controlar el aumento o descenso de la temperatura por medio del sistema SCADA, así como la variable de control del subproceso.

Scripts

```
IF bast_troque==1 THEN
m_banda23=1;
IF mov_banda23<100 THEN
mov_banda23=mov_banda23+5;
ELSE IF mov_banda23>=100 THEN
mov_banda23=0;
ENDIF;
ENDIF;
IF si_troq==1 AND s_troq==1 THEN
mov_troquel=mov_troquel+12.5;
ELSE IF sf_troq==1 THEN
mov_troquel=0;
ENDIF;
ENDIF;
IF sh_bast==1 OR sl_bast==1 THEN
m_bast=1;
ELSE IF sh_bast==0 AND sl_bast==0 THEN
m_bast=0;
ENDIF;
ENDIF;
IF si_ega==1 OR sf_ega==1 THEN
m_ega=1;
ELSE IF sh_bast==0 AND sl_bast==0 THEN
m_ega=0;
ENDIF;
ENDIF;
ELSE
m_banda23=0;
mov_banda23=0;
m_bast=0;
ENDIF;
```

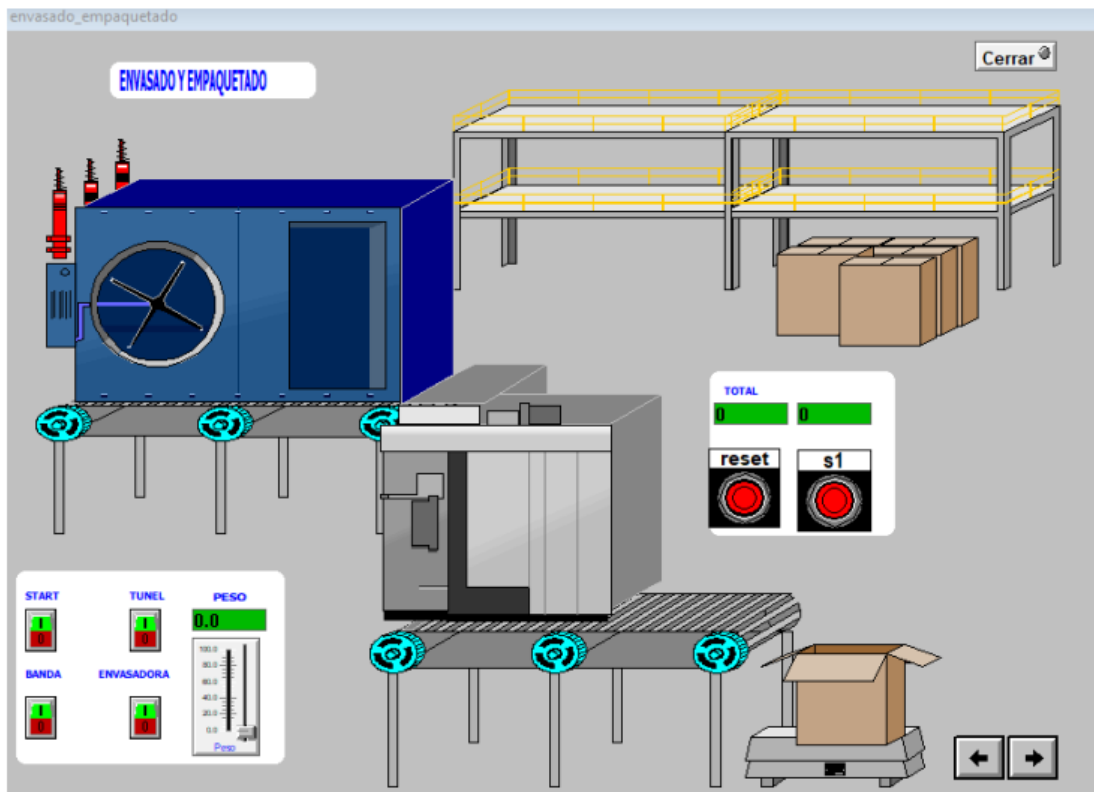


Figura 42. SCADA envasado y empaquetado

Fuente: Suarez, D. (2022).

En esta zona la acción inicial es el conteo de unidades por medio de un detector s_cont el túnel de enfriamiento acciona junto con la etapa de troquelado el ventilador mtunnel. La banda de mbanda4, mbanda5 accionan en conjunto con la señal del túnel al igual que. Esta etapa es automática, recibe las unidades y le coloca el envoltorio, calibra y discrimina los caramelos defectuosos. El operario de empaquetado debe indicar con un pulsador de parada general stop que las cintas transportadoras deben apagarse porque se finalizó el proceso, accionando la alarma previamente durante un tiempo máximo de un (1) min.

Se puede visualizar el movimiento de la banda transportadora, así como el proceso de enfriamiento del caramelo de manera visual con un parpadeo de colores, así como también se agregó un controlador de peso de las cajas de caramelos las cuales al alcanzar el peso máximo esta activa un sensor que permite mantener el conteo de cajas de caramelos producidas, el cual se puede mostrar en un recuadro.

Scripts

```
IF env_emp==1 THEN
IF banda_env_emp==1 THEN
IF mov_banda45<100 THEN
mov_banda45=mov_banda45+5;
ELSE IF mov_banda45>=100 THEN
mov_banda45=0;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
IF s1==1 THEN
cnt_int1=cnt_int1+1;
ENDIF;
IF reset==1 THEN
cnt_int1=0;
ENDIF;
ELSE IF env_emp==0 THEN
mov_banda45=0;
cnt_int1=0;
ENDIF;
ENDIF;
contador=StringFromIntg( cnt_int1, 1);
total=StringFromIntg( cnt_int1, 1 );
peso=StringFromReal (peso_real, 1, "f");
```

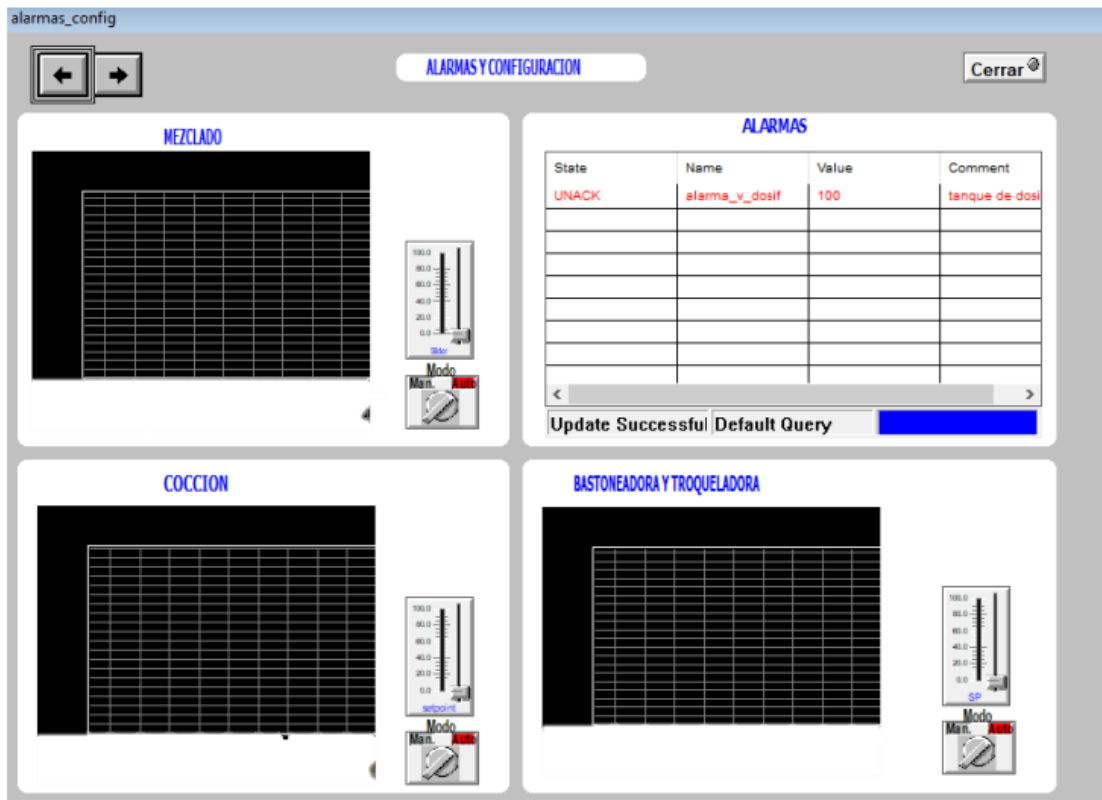


Figura 43. SCADA para alarmas

Fuente: Suarez, D. (2022).

En esta ventana se pueden observar las gráficas de las etapas de mezclado, cocción y abastoneadora y troqueladora; así como también el estado de las alarmas existentes en todo el proceso, el cual el operador puede observar en dicho recuadro.

4.5 Fase V: Realizar un estudio de factibilidad técnica, ambiental y estimación de costos de la fábrica de caramelo duro.

5.1 Factibilidad Técnica.

Desde la perspectiva técnica de esta investigación, se logró la selección de una tecnología de elementos que cumplen con las necesidades del proceso de producción de caramelo duro, además se realizaron los diferentes estudios correspondientes a la recolección y selección de datos que mejor resultados arrojan, por lo cual se concluyó que la investigación orientada a una propuesta de implementación, cuenta con todas las bases técnicas como herramientas y habilidades para su desarrollo, además se logró

dar con una base de componentes necesarios para el proceso que se ajustan perfectamente a las demandas y limitantes de la investigación.

Para la investigación propuesta es necesario contar con diferentes elementos que son obligatoriamente necesarios para su desarrollo los cuales son:

- **Un ingeniero que cuente con los conocimientos para abordar todos los factores demandados en el proyecto**
 - **Herramientas tales como: Una laptop, Software Step 7, Intouch.**
 - **Planificación**
 - **Gestión de Montaje**
 - **Integración de elementos**

Para la selección de elementos involucrado en el proceso se concluyó lo siguiente:

Modelos de actuadores

- **Cilindro eléctrico DNCE**
- **DSNU-...-Cilindro básico**
- **DSNU-...-MH**

Se determinó que este modelo de cilindro de la familia Festo cumple con las necesidades del proceso de producción por ser estos actuadores eficientes de bajo coste y fácil adquisición, así como también por su robustez a la hora de operar y cuentan con un margen bastante aceptable de error.

Modelos de actuadores que no cumplen con las necesidades de la investigación

- **DSNU-...-MQ**
- **DSNU-...-MA**

Estos modelos de actuadores no cumplen con los requerimientos debido a que son actuadores cuyas características de operación no se ajustan al proceso de producción, de colocarse se obtendrían un margen considerablemente de error en su operación, poniendo en riesgo el proceso.

Bombas

- **Bombas de alta presión**
- **Bombas neumáticas**

Estas tipo de bombas cuenta perfectamente con los requerimientos demandados por el proceso de producción de caramelo, debido a que son bombas de alta robustes y gran margen de potencia, el proceso de producción de caramelo cuenta con fases en las cuales el nivel de densidad de los materiales es grande y por tanto requiere de bombas robustas y de potencia considerable.

Bombas que no se consideran pertinentes para la investigación

- Bombas sumergibles
- Bombas de engranaje
- Bombas Centrifugas

Estos tipos de bombas no se ajustan a las demandas del proceso, por tanto, no pueden considerarse para su selección, estas bombas no cuentan con las características de placa además de ser bombas con poca existencia en el mercado.

Pulsadores

- **Pulsadores para ambientes severos.**
- **Pulsadores de plástico, interruptores, luces piloto.**

Estos pulsadores se ajustan perfectamente a los requerimientos del proceso, gracias que cumplen con los estándares de electricidad y por estar diseñados para ambientes de severos que involucran altas temperaturas del ambiente.

- **Pulsador momentáneo.**
- **Pulsadores inalámbricos con batería.**

Estos modelos no son indicados para su implementación debido a que no están diseñados para las características que demanda el proceso.

Sensores

- Sensores de proximidad capacitivos
- Sensores de proximidad ultrasónicos

- Sensores fotoeléctricos

Estos Sensores de la familia Allen Bradley son ideales para la implementación del proceso gracias a sus excelentes márgenes de operación y mínimo margen de error en su respuesta.

- Interruptores de final de carrera
- Sensores de proximidad inductivos

Por otro lado, estos sensores no son una opción a tomar en cuenta por no contar con las características necesarias para el proceso.

AUTOMATA PROGRAMABLE PLC SIEMENS S7300

- **S7300 CPU 313C-2DP**
- **Modelo de fuente (PS 307 10A)**
- **Módulo de expansor analógico (RTD)**
- **Modelo de expansor salidas analógicas**
- **Modelo de I/O Digitales**

El modelo de PLC escogido cumple con los requerimientos establecidos por la investigación además de ser una marca líder en el mercado, brinda un excelente rendimiento para este tipo de procesos, además de ser un modelo comercial.

5.2 Factibilidad ambiental

La parte ambiental se debe considerar como valor único ya que de ahí depende el lugar o el ambiente de donde se requiere su elaboración. Los beneficios que proporciona el aplicar medidas ambientales o de terreno dentro de cada proyecto es importante, ya que en el proceso de producción de caramelo duro están involucrados aspectos importantes que comprometen el espacio donde se lleva a cabo la producción, por otra parte el ambiente donde se debe implementar el proceso es de vital importancia por no dejar de ser el producto final un alimento; de esta forma se ven manipulados ingredientes dentro del proceso de producción de caramelo y esto requiere que el ambiente sea el adecuado para la perfecta preservación de las normas sanitarias.

Estudio de Impacto ambiental como parte del estudio técnico, una firma especializada debe realizar un estudio de impacto ambiental y evaluar el proceso productivo propuesto y señalar que la población del país es muy consciente sobre la responsabilidad ambiental, por lo que este tema es importante no dejarlo de lado.

Se han detectado las siguientes posibles formas de contaminación y sus soluciones de mitigación:

- Desecho de desperdicios del proceso: o Jugo defectuoso o contaminado: el mismo es biodegradable, puede desecharse en un tanque séptico sin mayores problemas.
- Desecho de desperdicios de limpieza: Todos los plásticos y suministros utilizados como guantes y mascarillas, deben ser desechados apropiadamente.

Para la investigación se determinó que el espacio en el cual se implementara el proceso de producción de caramelo deber ser un ambiente que cuente con los siguientes requisitos:

- Ventilación de gases y aire de la planta
- Esterilización de equipos involucrados
- Espacio suficiente para cada etapa del proceso
- Preservación de todas las normas de seguridad industrial

En ese sentido se debe evitar los siguientes impactos ambientales:

- La sobre explotación de recursos naturales renovables y no renovables
- Ocupación, transformación del espacio y cambio de uso de suelo
- Contaminación atmosférica, del agua, de residuos, visual, auditiva y olfativa
- Introducción de flora y fauna exótica o invasora
- Alteración o destrucción de corredores biológicos
- Menoscabo de servicios ambientales, como captura de carbono, generación de oxígeno, bancos de agua, paisaje, regulación climática

De esta manera se realizarán los diferentes estudios de terreno y espacio para que la implementación cuente con todos los factores obligatoriamente necesarios para preservar las normas establecidas por los entes ambientales, así como también ser garantes de la preservación de la vida de los usuarios por medio del proceso de producción de caramelo duro y el producto final.

De este modo cabe destacar que al implementar dicho proyecto se estarán disminuyendo las pérdidas al fabricar caramelo duro por tanto de esta manera se aprovecha más la materia prima.



5.3 Estimación de costos

Tabla 6. Lista de Actuadores para el proceso de fabricación del caramelo duro

TIPO DE PARTE	PRECIO \$
<p>ACTUADOR Cilindro eléctrico DNCE FESTO</p>  <p>https://acortar.link/CPLBbL</p>	<p>244.78 \$</p>
<p>ACTUADOR DSNU-.-Cilindro básico FESTO</p>  <p>https://acortar.link/8Vyv3F</p>	<p>120,99</p>
<p>ACTUADOR DSNU-.-MH</p>  <p>https://acortar.link/KqL41R</p>	<p>84,02</p>





Fuente: Suarez, D. (2022).

Tabla 7. Lista de bombas para el proceso de fabricación del caramelo duro

TIPO DE PARTE	PRECIO
<p data-bbox="451 422 727 453">Bombas neumáticas</p>  <p data-bbox="300 934 878 993">https://www.ebay.com/itm/194990688234?hash=item2d6659c7ea:g:eI4AAOSw7kFiPGLL</p>	<p data-bbox="1094 835 1182 867">847,30</p>
<p data-bbox="431 999 748 1031">Bombas de alta presión</p>  <p data-bbox="300 1398 878 1455">https://www.ebay.com/p/24017816226?iid=274612167860&rt=nc</p>	<p data-bbox="1094 1272 1182 1304">584,42</p>

Fuente: Suarez, D. (2022).

Tabla 8. Lista de Equipos para el proceso de fabricación del caramelo duro

TIPO DE PARTE	PRECIO
<p>S7300 CPU 313C-2DP SIEMENS</p>  <p>https://www.ebay.com/itm/134271009698?hash=item1f432d03a2:g:uhUAAOSwo2FjQf6H</p>	<p>729.81</p>
<p>Módulo de expansor analógico (RTD)</p> 	<p>150</p>
<p>Modelo de expansor salidas analógicas</p>  <p>https://www.ebay.com/p/143710326?iid=234341022088</p>	<p>156.94</p>
<p>Modelo de I/O Digitales</p>  <p>https://acortar.link/VcupB7</p>	<p>169.99</p>


Fuente: Suarez, D. (2022).

Tabla 9. Lista de pulsadores para el proceso de fabricación del caramelo duro

TIPO DE PARTE	PRECIO
<p>Pulsadores para ambientes severos</p> 	<p>35,56</p>
<p>Pulsadores de plástico, interruptores, luces piloto</p> 	<p>30</p>

Fuente: Suarez, D. (2022).

Tabla 10. Lista de sensores para el proceso de fabricación del caramelo duro

TIPO DE PARTE	PRECIO
<p>Sensores de proximidad capacitivos</p>  <p>https://acortar.link/nItio9</p>	<p>216,39</p>

<p style="text-align: center;">Sensores de proximidad ultrasónicos</p>  <p>https://www.ebay.com/p/1419450632?iid=401595021132</p>	<p>290,0</p>
<p style="text-align: center;">Sensores fotoeléctricos</p>  <p>https://www.ebay.com/itm/313624850413?hash=item49057f6fed:g:lpUAAOSwwd5hCDq3</p>	<p>69.95</p>

Fuente: Suarez, D. (2022).

Tabla 11. Estimación de costos para la automatización del proceso de fabricación de caramelo duro.

TIPO DE PARTE	UNIDADES	PRECIO final
ACTUADORES	-	-
Cilindro eléctrico DNCE	2	489.36
DSNU-...-Cilindro básico	1	120.99
DSNU-...-MH	2	84.02
BOMBAS	-	-
Bombas neumáticas	1	847.30
Bombas de alta presión	1	584.42
PULSADORES	-	-
Pulsadores para ambientes severos	4	142.24
Pulsadores de plástico, interruptores, luces piloto	2	60
SENSORES	-	-
Sensores de proximidad capacitivos	3	649.17
Sensores de proximidad ultrasónicos	1	290

Sensores fotoeléctricos	2	139.3
PLC SIEMENS S7300	1	729.81
Módulo de expansor analógico (RTD)	1	150
Modelo de expansor salidas analógicas	1	156.94
Modelo de I/O Digitales	1	169.99
Tablero de Control	1	100
Pantalla HMI	1	600
Cables	1	200
Mano de Obra	1	250
TOTAL		5763.54

Fuente: Suarez, D. (2022).

En la tabla 11 se puede observar el costo total para implementar la automatización del proceso de fabricación del caramelo duro, lo cual da un total de 5763.54 \$.

CONCLUSIONES

La productividad de un proceso depende de diversos factores, entre los cuales se encuentra la experiencia de los operarios, la tecnología de la maquinaria, la adquisición de materia prima, la distribución de los equipos y la manera en que comúnmente se llevan a cabo los procesos productivos.

En el caso de esta propuesta de automatización y sistema SCADA para la producción de caramelo duro ,su proceso productivo se divide en nueve actividades principales (formulación, preparación del azúcar, la cocción del azúcar, adición de esencias, colorantes y ácido Cítrico, manipulación del lote de caramelo, abastoneado del caramelo, egalizado del caramelo, troquelado del caramelo, el enfriamiento de los dulces, envoltura, envasado y empaquetado), el proceso cuenta con todos los requerimientos necesarios gracias a los estudios realizados, además se encuentra adecuado a su capacidad de instalación, gracias a los estudios realizados por los instrumentos de recolección y selección de datos.

En cuanto a la productividad, se puede concluir que ésta se ve altamente influenciada por las actividades que se desarrollan durante el proceso de producción de caramelos duros, con el autómatas programable PLC S7300 se recortan los tiempos de operaciones, así como también permite mantener monitoreado y controlado el proceso por parte de los instrumentos seleccionados.

Entre menor sea el tiempo consumido para la ejecución de las actividades, mayor será la productividad de la línea, gracias a la implementación automatizada con el PLC S7300 el tiempo entre tareas realizadas por los diferentes elementos del proceso se reducen perfectamente al tiempo requerido y por tanto se logra tener un proceso estable, factible disminuyendo así las pérdidas de materia prima.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos una vez culminado el estudio a la línea de producción de caramelos duros. Se presentan las siguientes recomendaciones:

- Inspeccionar que los periodos de transformación en cada actividad se encuentren en un lapso de tiempo más cercano al tiempo deseado.
- Optimizar la programación del proceso en el S7300 a medida que se implemente.
- Realizar adecuaciones en la distribución de la maquinaria y equipos que conforman el proceso de producción, de tal manera que se garantice un producto de calidad dentro de márgenes cercanos a lo deseado.
- Elaborar un manual de procedimientos, en el cual se especifique detalladamente todas las funciones y actividades que debe realizar cada operario en función de las máquinas, para aprovechar al máximo sus capacidades, optimizar los tiempos productivos y en consecuencia mejorar la productividad de la línea de caramelos duros.
- Innovar tanto la automatización como el proceso SCADA para así añadir más funciones que permitan mejorar el proceso y reducir aún más las pérdidas de materia prima a la hora de fabricar el caramelo duro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, P. (2002). Estructura básica de un PLC. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Aguilera, P. (2002). Programación de PLC. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- Anonimo. (s.f.). PLC DESIGN sistemas de control. Obtenido de <https://plcdesign.xyz/automatizacion-con-plc-soluciones-industriales/>
- Arenas, L. C. (2012). Interfaz Hombre Maquina. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>
- Arias, F. (2012). Proyecto de investigación "Introducción a la metodología científica". Caracas-Venezuela: Episteme, 5ta edición.
- Campo Yesenia, G. V. (2018). Elaboración y estandarización de un confite (caramelo duro) a base de panela. Investigaciones agroindustriales, Vol. 5 Núm. 2 (2018).
- Carlos, T. (2021). Propuesta de Diseño de un Sistema de Automatización para la Línea de Ensamblado de Congeladores en la Empresa Belcar Service C.A ubicada en el municipio San diego, Estado Carabobo. San Diego-Venezuela: Universidad José Antonio Páez.
- Delgado, E. (2017). Qué es un controlador Logico Programable. Obtenido de <https://intrave.com/que-es-y-para-que-sirve-un-plc/>
- Guzman, E. (2018). Qué es Automatización. Obtenido de <http://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/la-automatizacion-industrial-en-la-empresa-competitiva>
- Hurtado, J. (2010). El proyecto de investigación. Caracas-Venezuela: Quirón.
- Jácome, J. (2018). Análisis del Proceso de Producción de caramelo duro en la empresa Ecuagolosina CIA.LTDA. Y su incidencia en la productividad. Quito-Ecuador: TG.
- Joel, J. (2018). Análisis del Proceso de Producción de caramelo duro en la empresa Ecuagolosina CIA.LTDA. Y su incidencia en la productividad. Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.

- Ling-Min, C. (1992). Food machinery for the production of cereal foods, snack. Inglaterra: Ellis Horwood Limited.
- López Sarmiento, L. (2007). Optimización de recursos y reducción de los índices de Desperdicio y Reproceso en el área de caramelos duros en la empresa Universal Sweet Industries S.A. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Martins, P. y. (2010). Metodología de la Investigación Cualitativa. Caracas-Venezuela: Fedupel. Segunda Edición.
- Mijares, H. (2007). Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado. . San Diego-Venezuela: UJAP.
- Mijares, H. y. (2007). Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado. Caracas-Venezuela: Fedupel.
- Palella, S. M. (2010). Metodología de la investigación Cuantitativa. Caracas-Venezuela: Fedupel.
- Pérez, E. (2015). Los Sistemas SCADA en la Automatización Industrial. Tecnología en Marcha.
- Perez, M. (2012). Configuración de un PLC. . Mexico: BMJ.
- Sabino, C. (1996). Introducción a la metodología de la investigación. Caracas-Venezuela: Panapo.
- Torrens, C. (2021). Propuesta de Diseño de un Sistema de Automatización para la Línea de Ensamblado de Congeladores en la Empresa Belcar Service C.A ubicada en el municipio San diego, Estado Carabobo. San Diego-Venezuela: TG.