



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR  
PESO DE SACOS 50 KG EN INGENIO MAGDALENA S. A.**

**Christian Lenin Aguilar Aldana**

Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR  
PESO DE SACOS 50 KG EN INGENIO MAGDALENA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CHRISTIAN LENIN AGUILAR ALDANA**

ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos     |
| VOCAL I    | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II   | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV   | Br. Narda Lucía Pacay Barrientos    |
| VOCAL V    | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz       |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


|             |                                     |
|-------------|-------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos     |
| EXAMINADORA | Inga. María Magdalena Puente Romero |
| EXAMINADOR  | Ing. Julio Cesar Solares Peñate     |
| EXAMINADOR  | Ing. Otto Fernando Andrino González |
| SECRETARIO  | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50 KG EN INGENIO MAGDALENA S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de abril del 2012.



**Christian Lenin Aguilar Aldana**

Guatemala 16 de septiembre 2013

Ingeniero  
Carlos Eduardo Guzman Salazar  
Presente

Estimado Ingeniero Guzman:

Me dirijo a usted, saludándolo e informándole que siendo asesor de tesis del estudiante CHRISTIAN LENIN AGUILAR ALDANA con carné 2006-11113 el cual desarrollo el trabajo de tesis titulado: **DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50Kg INGENIO MAGDALENA S.A.** Y considerando la experiencia que tengo en el campo que comprende el tema titulado y bajo la nominación otorgada por Coordinadores de la Escuela apruebo el trabajo mencionado para revisión y seguimiento del mismo por la Escuela.

Agradeciendo su amable atención a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

**Ing. Byron Arrivillaga Méndez**  
**Col. 5217**

Ref. EIME 11. 2014  
Guatemala, 28 de ENERO 2014.


Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO  
DE SACOS 50Kg INGENIO MAGDALENA S.A., del estudiante  
Christian Lenin Aguilar Aldana, que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
**Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar**  
Coordinador Area Electrónica



SRO



REF. EIME 11. 2014.

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; CHRISTIAN LENIN AGUILAR ALDANA titulado: DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50Kg INGENIO MAGDALENA S.A., procede a la autorización del mismo.**

  
**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**

**GUATEMALA, 19 DE MARZO 2,014.**



Universidad de San  
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de Lingüística

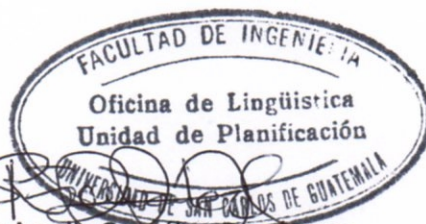
Guatemala, 12 de noviembre de 2014  
Ling.37/14

Ingeniero Guillermo Antonio Puente Romero  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Christian Lenin Aguilar Aldana**, con número de carné: **2006-11113** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50 KG INGENIO MAGDALENA S. A.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50 KG EN INGENIO MAGDALENA S. A.**



Licenciada Rosa Amelia González Domínguez  
Coordinadora de la Unidad de Lingüística

Cc. Archivo





DTG. 639.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECHAZO POR PESO DE SACOS 50 KG EN INGENIO MAGDALENA S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Christian Lenin Aguilar Aldana**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones



Guatemala, 13 de noviembre de 2014.

/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |  |
|---|--|
| <b>Dios</b>                                   | Por su infinita gracia y misericordia, porque me ayudaste a crecer en todo sentido y estuviste siempre para ayudarme y darme fortaleza cuando más lo necesite.         |
| <b>Mis padres</b>                             | Por ser mi ejemplo de vida a seguir y darme su apoyo incondicional para superar mis metas, por sus sabios consejos que fueron de gran utilidad durante todo el camino. |
| <b>Mis hermanos</b>                           | Por darme siempre su apoyo y creer en mí.  |
| <b>Asesor</b>                                 | Por ser mi guía en este trabajo de graduación.   |
| <b>Mis amigos</b>                             | Por todas las vivencias que nunca olvidaré.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.  |
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por haberme otorgado la dicha de ser un profesional al servicio de Guatemala y disfrutar de estos momentos que recordaré por siempre.                                  |

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                             | III  |
| GLOSARIO .....   | V    |
| RESUMEN.....   | XI   |
| OBJETIVOS.....   | XIII |
| INTRODUCCIÓN .....                                       | XV   |
| <br>   |      |
| 1. MARCO TEÓRICO.....                                    | 1    |
| 1.1. Generalidades del Ingenio Magdalena .....           | 1    |
| 1.1.1. Antecedentes.....                                 | 1    |
| 1.1.2. Ubicación .....                                   | 2    |
| 1.2. Visión, misión y valores del Ingenio Magdalena..... | 3    |
| 1.2.1. Visión.....                                       | 4    |
| 1.2.2. Misión .....                                      | 4    |
| 1.2.3. Valores .....                                     | 4    |
| 1.3. Servicios que presta el Ingenio.....                | 5    |
| 1.4. Estructura organizacional .....                     | 6    |
| 1.5. Productos .....                                     | 7    |
| 1.6. Descripción del proceso .....                       | 7    |
| 1.6.1. Recepción y preparación de caña .....             | 8    |
| 1.6.2. Extracción de jugo .....                          | 10   |
| 1.6.3. Clarificación de jugo .....                       | 12   |
| 1.6.4. Evaporación.....                                  | 13   |
| 1.6.5. Clarificación de meladura .....                   | 15   |
| 1.6.6. Cristalización .....                              | 16   |
| 1.6.7. Centrifugado .....                                | 17   |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.6.8.  | Secado y enfriado de azúcar.....   | 18 |
| 1.6.9.  | Envasado .....   | 19 |
| 1.6.10. | Flujo de proceso.....  | 20 |
| 2.      | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....   | 23 |
| 2.1.    | Situación actual envasado de sacos 50 kilogramos.....                              | 23 |
| 2.2.    | Análisis estadístico del pesado de sacos de 50 kilogramos<br>zafra 2010-2011 ..... | 24 |
| 3.      | DISEÑO DE SISTEMA DE RECHAZO .....   | 27 |
| 3.1.    | Lógica de funcionamiento de sistema de rechazo .....                               | 27 |
| 3.2.    | Modificaciones estructurales Área de Envasado.....                                 | 34 |
| 3.3.    | Diseño de red para sistema de rechazo.....   | 44 |
| 3.3.1.  | Controlador Lógico Programable.....  | 46 |
| 3.3.2.  | Transductores y actuadores .....   | 48 |
|         | CONCLUSIONES.....  | 57 |
|         | RECOMENDACIONES .....  | 59 |
|         | BIBLIOGRAFÍA.....  | 61 |
|         | APÉNDICES.....   | 63 |

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Ubicación de Ingenio Magdalena .....                              | 3  |
| 2.  | Recepción de caña.....  | 8  |
| 3.  | Lavado de caña.....   | 9  |
| 4.  | Preparación de caña .....   | 10 |
| 5.  | Molienda.....   | 11 |
| 6.  | Clarificadores .....  | 13 |
| 7.  | Evaporadores de jugo .....  | 14 |
| 8.  | Filtros de cachaza .....  | 16 |
| 9.  | Tachos o cristalizadores.....                                     | 17 |
| 10. | Centrífugas.....  | 18 |
| 11. | Secadoras de azúcar .....   | 19 |
| 12. | Envasado .....  | 20 |
| 13. | Transporte.....   | 20 |
| 14. | Flujo de proceso fabricación de azúcar.....                       | 21 |
| 15. | Cantidad de sacos contra rangos de pesado .....                   | 25 |
| 16. | Diagrama de flujo 2 Lógica de sistema de rechazo de sacos .....   | 29 |
| 17. | Fotografía sistema actual de envasado del Ingenio Magdalena ..... | 35 |
| 18. | Diseño conductor adicional .....                                  | 36 |
| 19. | Diseño de deslizador vista frontal .....                          | 37 |
| 20. | Diseño de deslizador vista de planta.....                         | 38 |
| 21. | Diseño de deslizador vista lateral.....                           | 38 |
| 22. | Montaje de actuadores.....  | 39 |
| 23. | Ubicación de sensores vista de planta .....                       | 40 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 24. | Ubicación de sensores vista lateral.....                           | 40 |
| 25. | Detalle de sensores .....  | 41 |
| 26. | Detalle de sistema de rechazo vista planta.....                    | 42 |
| 27. | Detalle de sistema de rechazo vista lateral.....                   | 42 |
| 28. | Detalle de sistema de rechazo vista frontal .....                  | 43 |
| 29. | Ejemplo de topología de red .....                                  | 45 |
| 30. | Palabras datos contra palabras de programa procesador 1764-LSP ... | 47 |
| 31. | Palabras datos contra palabras de programa procesador 1764-LRP ... | 48 |
| 32. | Diagrama de conexión sensor de proximidad.....                     | 51 |
| 33. | Diagrama de cuerpo libre cilindro #1 .....                         | 51 |
| 34. | Diagrama de cuerpo libre para cilindro de rechazo.....             | 53 |

## TABLAS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Ingreso de datos a programa .....             | 31 |
| II.   | Corrida de variables #1 .....                 | 31 |
| III.  | Corrida de variables # 2.....                 | 32 |
| IV.   | Corrida de variables # 3.....                 | 33 |
| V.    | Corrida de variables # 4.....                 | 33 |
| VI.   | Entradas y salidas digitales controlador..... | 46 |
| VII.  | Descripción de cilindro.....                  | 55 |
| VIII. | Precios de materiales para proyecto.....      | 56 |

## GLOSARIO

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Actuador</b>                  | Dispositivo capaz de transformar distintos tipos de energía como eléctrica, neumática o hidráulica en energía mecánica para realizar un trabajo.                     |
| <b>Alcalizado</b>                | Parte del proceso de fabricación de azúcar donde al jugo de la caña de azúcar se lleva a un nivel alcalino o puro donde su pH es superior o igual a 7.               |
| <b>Automatización industrial</b> | Se refiere al uso de sistemas computarizados y/o electromecánicos y/o neumáticos para controlar maquinaria o procesos industriales sustituyendo la operación humana. |
| <b>Azúcar</b>                    | Se llama así a la sacarosa el cual es un disacárido formado por una molécula de glucosa y fructuosa.   |
| <b>Azúcar blanca</b>             | Es el azúcar sometido a un proceso de purificación química por azufre.   |
| <b>Azúcar crudo</b>              | Es el azúcar obtenido desde la segunda extracción de los molinos la cual lleva un menor proceso de purificación.   |

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Bagazo</b>       | Subproducto obtenido de la caña de azúcar el cual se obtiene después del extraído del jugo.   |
| <b>Báscula</b>      | Herramienta utilizada para la medición de la masa o el peso de un objeto.   |
| <b>Batch</b>        | Se refiere al proceso por lotes, un <i>batch</i> es un lote.  |
| <b>Brix</b>         | Los grados Brix sirven para determinar el cociente total de sacarosa en un líquido; concentración de sólidos solubles, por ejemplo 25° Brix contiene 25 gramos de azúcar por 100 gramos de líquido. |
| <b>Byte</b>         | Unidad de información múltiplo del bit, es equivalente a 8 bits, es la cantidad menor de información que una computadora podía leer.  |
| <b>Calandria</b>    | Consiste en un haz de tubos verticales cortos aproximadamente de unas 6 pulgadas, colocados entre dos espejos que se remachan en las bridas del cuerpo de un evaporador.                            |
| <b>Capacitancia</b> | Capacidad de un capacitor de almacenar energía.   |
| <b>Capacitor</b>    | Dispositivo pasivo capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.   |



|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Clarificar</b>  | Proceso de purificación del jugo donde se extraen impurezas las cuales decantan al fondo de un tanque clarificador.  |
| <b>Decantación</b> | Proceso de separación de mezclas heterogéneas como por ejemplo un líquido y un sólido o dos líquidos.  |
| <b>Dieléctrico</b> | Material no conductor o mal conductor de electricidad que al ser sometido por un campo eléctrico externo, puede establecerse un campo eléctrico interno.   |
| <b>Envasado</b>    | Método de conservación de alimentos en recipientes herméticos.   |
| <b>Fuerza</b>      | Magnitud física que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos partículas la cual se mide en Newton lo que equivale a proporcionar una aceleración de 1 metro sobre segundos al cuadrado a un objeto de 1 kilogramo. |
| <b>Inocuo</b>      | Referente a que no hace daño, por ejemplo azúcar inocua es aquella que no es dañina al consumidor final.   |
| <b>Lechada</b>     | Masa clara de cal empleada en trabajos de construcción o para blanquear.   |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Mesh</b>        | Consiste en una barrera semipermeable hecha de hilos de metal, fibra u otro material flexible.   |
| <b>Neumática</b>   | Tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de energía para mover y hacer funcionar los mecanismos.  |
| <b>Ph</b>          | Medida de acidez o alcalinidad de una disolución, indica concentración de iones hidronio.  |
| <b>PLC</b>         | Controlador lógico programable por sus siglas en inglés.   |
| <b>Presión</b>     | Magnitud física que mide como la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie; sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie. |
| <b>Sensor</b>      | Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en señales eléctricas, por ejemplo, temperatura, presencia, presión, etcetera.  |
| <b>Sistema</b>     | Conjunto de partes organizadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben datos, energía o materia del ambiente y proveen información energía o materia.                         |
| <b>Sulfitación</b> | Práctica de adicionar dióxido de azufre a la corriente del jugo del proceso de fabricación de azúcar.  |

**Voltaje**

Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, definido también como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones.

**Zafra**

Recolección de la caña de azúcar y la temporada en la que se realiza.



## RESUMEN

El proceso actual de rechazo de sacos por inconvenientes de peso en el envasado de sacos de Ingenio Magdalena S. A. se lleva de manera manual.

Cada embarque lleva aproximadamente 200 sacos de azúcar de 50 kilogramos, de estos 200 sacos se toma una muestra de 20 sacos, si estos están dentro de un rango aceptable para el operador ningún saco es rechazado en el embarque, si la mayoría de estos sacos está fuera del rango el proceso es detenido hasta chequear la báscula de llenado de sacos, lo cual es una pérdida de tiempo considerable.

Con las muestras tomadas de los embarques se perdió gran cantidad de dinero ya que los sacos llevan azúcar extra, que a grandes rasgos es una cantidad considerable de quintales de azúcar y en algunos casos azúcar de menos también.

Por lo que se desea proponer el diseño de un sistema automatizado de rechazo, el cual pesará cada saco y bajo cierto rango programado se rechazará el saco de azúcar o continuará su proceso de embarcación para su destino final.

A grandes rasgos el sistema constará de una verificadora de peso, la cual proporcionará una salida digital cuando el saco pesado esté fuera del rango programado, dicha señal será recibida por un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual realizará el proceso para rechazar el saco por medio de un actuador neumático, el producto del saco rechazado será reprocesado por la refinería del ingenio.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema automatizado de rechazo de sacos de 50 kilogramos para el envasado de sacos de Ingenio Magdalena S. A.

### **Específicos**

1. Presentar las generalidades del Ingenio Magdalena: misión, visión y valores.
2. Conocer los servicios que presta el Ingenio y sus productos.
3. Conocer el proceso de fabricación de azúcar y representarlo.
4. Mediante un análisis estadístico, utilizando los datos brindados por el laboratorio de fábrica de Ingenio Magdalena, presentar la situación actual del Área del Envasado de Azúcar y su problemática.
5. Utilizando las herramientas adquiridas durante la carrera realizar el diseño de un sistema que no afecte el proceso actual mejorando la eficiencia del mismo.

6. Realizar el diseño de un sistema donde la inversión de este sea menor a la pérdida monetaria por envasar más azúcar dentro del rango aceptable por zafra para recuperar la inversión a corto plazo, al menos en una zafra.



## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de graduación se muestra el diseño de un sistema de rechazo de sacos por peso para el Ingenio Magdalena.

En el capítulo I se detallan las generalidades del Ingenio Magdalena: ubicación, misión, visión y valores. También se describen los diferentes servicios que presta el ingenio debido a que la fabricación de azúcar no es el único servicio que ofrece, también existen subproductos que se derivan del proceso de la fabricación de azúcar.

El proceso de la fabricación de azúcar el cual es un proceso lento se detalla también en el capítulo I, desde la recepción de la caña en la fábrica hasta el envasado del azúcar y su transporte, podrá encontrar un diagrama de flujo donde se resume el proceso de fabricación del azúcar.

En el capítulo II, fase de servicio técnico profesional, se presenta la situación actual con la que se trabaja el envasado del azúcar en sus líneas de embarques, el cual es el área de interés de este trabajo de graduación, se da a conocer la problemática de la situación actual mediante un estudio estadístico de la zafra 2010-2011 con los datos obtenidos por analistas del laboratorio de fábrica donde por medio de un gráfico, se representan los porcentajes de los sacos fuera de rango del peso correcto y lo que esto representa en pérdidas monetarias.

El diseño del sistema de rechazo de sacos se presenta en el capítulo III, se presenta la lógica con la cual se diseña el sistema representado mediante un diagrama de flujo. En el diagrama se aprecia la secuencia con la que trabaja el sistema y las decisiones que toma el sistema en cuanto al rechazo de un saco. Para entender cómo funciona el sistema se realizó una corrida del mismo, donde en la línea de producción se envasa un saco con peso correcto y otro con peso incorrecto y se presentan tablas con las diferentes variables con las que trabaja la lógica del sistema.

Para implementar el sistema se necesitan realizar cambios estructurales en el Área del Envasado de azúcar, por lo que se detalla en el capítulo III la situación actual del envasado mediante fotografías y planos, se detallan los cambios que deben realizarse para implementar el sistema de rechazo de sacos.

Debido a que el sistema necesita de una lógica secuencial, el sistema se diseñó con un controlador programable, en el capítulo III se detalla la estructura de la red que debe realizarse para utilizar el controlador y el detalle de los sensores que utiliza para realizar la secuencia. También se encuentra el cálculo para los actuadores que se necesitan para el rechazo del saco y una tabla de precios de los materiales del sistema.

# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Generalidades del Ingenio Magdalena**

A continuación se presentan generalidades sobre el Ingenio Magdalena, sus antecedentes como entidad productora de caña, además de la ubicación en el departamento de Escuintla de la planta de producción.

### **1.1.1. Antecedentes**

La agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y gran generadora de empleos. Esta industria está compuesta por 14 ingenios y cuatro organizaciones que invierten en el desarrollo de dicha industria:

- Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA), su fin es incrementar la producción a través del desarrollo y mejoramiento de la productividad tanto en el campo como en la fábrica.
- El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) apoya el avance tecnológico de la agroindustria azucarera, con el fin de mejorar la producción y productividad del cultivo de la caña de azúcar y sus derivados.
- Expogranel, S. A. es la terminal de embarque responsable de la recepción, almacenamiento y embarque del azúcar para exportación producida por los ingenios.

- Fundazúcar de Guatemala surge como iniciativa de los ingenios para fomentar el desarrollo social de la zona agroindustrial en donde se encuentra el sector azucarero.
- Asimismo, se generan más de 350 000 empleos directos e indirectos durante la zafra.

Ingenio Magdalena es una entidad productora de caña de azúcar que transforma y comercializa en productos de mayor valor como azúcares en diferentes tipos, alcohol, energía eléctrica y alimentos proteínicos para uso animal. Todo esto lo hacen en una escala que los hace competitivos a largo plazo.

### **1.1.2. Ubicación**

La planta de producción de Ingenio Magdalena, S. A. se encuentra ubicada en el kilómetro 99,5 carretera a Sipacate en el municipio de La Democracia del departamento de Escuintla.

Ingenio Magdalena, S. A. cuenta con ocho edificaciones para realizar sus operaciones.

A continuación se muestra la ubicación por vista aérea del Ingenio.

Figura 1. **Ubicación de Ingenio Magdalena**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

## 1.2. **Visión, misión y valores del Ingenio Magdalena**

Ingenio Magdalena empresa líder en constante crecimiento buscando la innovación y diversificación de sus productos, creando fuentes de trabajo y satisfaciendo las necesidades de los clientes.

### **1.2.1. Visión**

“Ser un grupo agroindustrial que se distinga por su mejora continua que por medio de la innovación y diversificación de productos garantice crecimiento y rentabilidad sostenibles para sus accionistas y colaboradores, a través del desarrollo de nuestro personal y tecnología, garantizando la satisfacción de nuestros clientes”<sup>1</sup>.

### **1.2.2. Misión**

“Somos una empresa agroindustrial líder, que a través de la eficiencia, rentabilidad, crecimiento, diversificación de nuestras actividades y creación de fuentes de trabajo, satisfacemos las necesidades de nuestros clientes con productos de calidad”<sup>2</sup>.

### **1.2.3. Valores**

“Responsabilidad: actuamos con pleno conocimiento de nuestras obligaciones, sintiendo como propios los objetivos de la organización, procurando el bien y asumiendo las consecuencias de nuestros actos con un verdadero compromiso por contribuir con el progreso del país”<sup>3</sup>.

“Integridad: obramos con rectitud y con probidad, basados en la transparencia de nuestros actos para cumplir con los compromisos acordados, apegados a nuestra visión y principios, siempre buscando la superación constante con esfuerzo positivo, sin el deterioro de otros”<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Ingenio Magdalena S. A.

<sup>2</sup> Ibíd.

<sup>3</sup> Ibíd.

<sup>4</sup> Ibíd.

“Pasión: alcanzamos nuestras metas con inspiración, coraje y audacia, actuando en forma disciplinada y trabajando en equipo, a la vanguardia de nuestro negocio, tomando decisiones en forma oportuna y acertada”<sup>5</sup>.

“Servicio: somos confiables. Nos entregamos con dedicación a lograr la satisfacción y confianza de nuestros colaboradores, clientes, accionistas, proveedores y comunidades, valorando y construyendo nuestra relación con ellos”<sup>6</sup>.

“Innovación: mantenemos interés constante en investigar nuevas oportunidades y formas de hacer las cosas y desarrollarlas con calidad, para ir un paso adelante y consolidar nuestro liderazgo”<sup>7</sup>.

### **1.3. Servicios que presta el Ingenio**

El principal servicio de Ingenio Magdalena, S. A. es la fabricación de azúcar a través de la caña de azúcar, exportando más del 80 % a comunidades europeas y el resto para consumo de Guatemala, generando más de 14 000 empleos en época de zafra y más de 7 500 en época de reparación.

La cogeneración de energía eléctrica es otro servicio que presta el Ingenio Magdalena, vendiendo más del 50 % al estado para prestar dicho servicio a los municipios aledaños a dicha empresa; mientras que el resto de energía generada es para abastecer a la misma empresa, durante todo el año.

Es importante recalcar que para la cogeneración de dicha energía es utilizado el bagazo como principal materia prima.

---

<sup>5</sup> Ingenio Magdalena S. A.

<sup>6</sup> Ibíd.

<sup>7</sup> Ibíd.

Y por último la creación del alcohol en las torres de fermentación y destilación, el alcohol de esta planta está al 99 % y es para usos industriales, cuyo mercado potencial es Europa. Su materia prima es la melaza que sale del mismo proceso de la fabricación de azúcar.

#### **1.4. Estructura organizacional**

El Ingenio Magdalena S. A. está conformado por 6 áreas de gran magnitud, siendo estas: Fábrica, Área Administrativa, Logística y Producto Terminado, Obra Civil, Magrisa y Campo.

Fábrica que se subdivide en: maquinaria, fabricación, refinería, cogeneración, destilería y envasado. Siendo la parte donde se procesa la caña de azúcar para producir el azúcar y el alcohol.

El Área Administrativa se subdivide en: Recursos Humanos, Compras, Comunicación, Contabilidad, Presupuesto y Auditoría. Esta es el área encargada de ver todos los procesos administrativos como su nombre lo indica.

Logística y Producto Terminado se divide en dos áreas: Bodegas del Ingenio y Bodegas del Puerto Quetzal. Esta área es encargada de la logística de los despachos del mercado nacional como el internacional.

Obra civil es el área encargada de toda la infraestructura dentro y fuera del ingenio, brindándole apoyo a todas las áreas que lo requieran.

Magrisa es la parte de talleres del ingenio donde se compra y da servicios a carros y maquinaria pesada.



Campo es el área que se encarga de velar que la caña tenga un proceso correcto durante la reparación del ingenio y se encuentre en el mejor estado para su cosecha. Cosecha es parte de campo y se encarga del corte y alce de la caña y su debido transporte al ingenio.

### **1.5. Productos**

Ingenio Magdalena tiene tanto productos principales ya mencionados como el azúcar y la energía eléctrica, el ingenio para la zafra 2011-2012 tiene una capacidad de molienda de 37 000 Toneladas Métricas diarias para producir aproximadamente 74 000 quintales de azúcar refino. En energía eléctrica el ingenio produce 120 megawatts hora.

Así también, se producen productos secundarios derivados del proceso. Como por ejemplo, la cachaza, que es un producto derivado del proceso de la clarificación de jugo, el cual será explicado más adelante. El trash es un producto derivado de la limpieza en seco de la caña de azúcar. Estos dos productos mencionados son utilizados en campo para la cosecha de la caña como abono para la tierra.

### **1.6. Descripción del proceso**

La fabricación de azúcar es un proceso lento, a través de los años se han desarrollado prácticas para agilizar el mismo y hacerlo más eficiente. A continuación se describe el proceso dentro de la fábrica desde la recepción de la caña hasta el transporte del azúcar.

### **1.6.1. Recepción y preparación de caña**

Forma parte de la recepción de caña el pesaje. Este se realiza en básculas que se encuentran al ingreso del ingenio; además, en esta parte se determina la calidad de la materia prima (contenido de sacarosa, sólidos, fibra y cantidad de materia extraña) tomando muestras que se analizan continuamente en el laboratorio.

La caña que llega a la fábrica se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 toneladas. Para tener un proceso más limpio, se realiza una limpieza en seco, eliminando así sólidos o materia extraña como la tierra, sales, minerales, piedras y otros que se adhieren a ella en el campo durante el alce a las jaulas que la transportan a la fábrica.

**Figura 2. Recepción de caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

Figura 3. **Lavado de caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

La limpieza de caña en seco trae consigo reducción de caudal y reducción del parámetro de calidad asociado de la demanda bioquímica de oxígeno, condición que a su vez significará una reducción en la carga del efluente final.

Las mesas alimentadoras controlan la cantidad de caña que se envía a un conductor de estera metálica que la transfiere al sector de preparación. El objetivo básico de la preparación de la caña es aumentar su densidad y consecuentemente la capacidad de molienda, así como, realizar la máxima ruptura de las celdas para la liberación del jugo que ellos contienen, obteniéndose una mayor extracción. El sistema de preparación está constituido por uno o dos juegos de cuchillas que prepara la caña a ser enviada a la desfibradora.

El juego de cuchillas es un mecanismo rotatorio de cuchillas fijas u oscilantes, que operan a una velocidad entre 600-700 rpm y tiene por finalidad aumentar la densidad de la caña cortándola en trozos más pequeños, preparándola para el trabajo de la desfibradora.

La desfibradora a su vez está formada por un tambor alimentador, que compacta la caña a la entrada y a un rotor constituido por un conjunto de martillos oscilantes forzando el paso de la caña por una pequeña abertura a lo largo de una placa desfibradora. Las desfibradoras llegan a proporcionar índices de preparación de 75-80 %.

Figura 4. **Preparación de caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

### **1.6.2. Extracción de jugo**

Este es un proceso continuo que actualmente se realiza en tres tándems de molinos con capacidad de molienda diaria de 37 mil toneladas métricas efectivas, distribuidas en tándem “A” 10 mil toneladas; tándem “B” 12 mil toneladas y tándem “C” 13 mil toneladas.

Hacia estos tándems se alimenta caña preparada la cual es sometida a una serie de extracciones, utilizando molinos de rodillos o mazas. Se utilizan cinco molinos en los tándems “B” y “C” y seis en el tándem “A”. Todos los molinos son de cuatro mazas rayados en forma de “V”. Para hacer más eficiente el proceso de molienda, los jugos pobres de los molinos posteriores se aplican a los molinos que los preceden (proceso de maceración) y en el último molino se aplica agua caliente con temperatura entre 155–170 grados Fahrenheit para aumentar la extracción (imbibición).

El bagazo sale del último molino; en peso representa del 26 al 27 % de la caña. Este subproducto industrial se transporta hacia el sistema de calderas para usarlo, en calidad de biomasa, como combustible. El bagazo sobrante tiene como destinos la hidrolización y reserva para cubrir paros de emergencia.

Figura 5. **Molienda**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

### **1.6.3. Clarificación de jugo**

El jugo proveniente de los molinos pasa por calentadores líquido-líquido obteniendo temperaturas entre 140 y 155 grados Fahrenheit. Luego pasa a la torre de sulfitación, para alcanzar un PH de 5,0, para producir azúcar blanco y crudo afinado. En esta etapa se utiliza azufre como agente decolorante; luego mediante la adición de la lechada de cal entre 6–10 grados baumé se neutraliza el jugo.

Luego se procede al calentamiento del jugo que se realiza en 3 etapas, la primera se realiza con vapor vegetal de 0 libras sobre pulgadas cuadradas manométricas alcanzando temperaturas de 175–185 grados Fahrenheit, la segunda se realiza con vapor vegetal de 5,0 libras sobre pulgadas cuadradas manométricas alcanzado temperatura de 205–215 grados Fahrenheit y la última con vapor de 10 libras sobre pulgadas cuadradas manométricas, para la rectificación del jugo en forma automática alcanzando los 220-225 grados Fahrenheit.

Con el proceso anterior se logra que el jugo al ser liberado a presión atmosférica sufra una pequeña evaporación en el tanque flash, evitando que los flóculos floten o decanten con lentitud por la presencia de burbujas atrapadas en el interior.

El siguiente paso es alimentar el jugo a los clarificadores a baja velocidad para permitir la decantación de lodos y que puedan ser extraídos por gravedad en el clarificador SRI y con bombas en los Rapi Door 444. El tiempo de residencia es de 30 minutos para el primero y dos horas para el segundo. En la etapa final de este proceso se utilizan coladores vibratorios marca Eriez con malla 110 mesh para la eliminación del bagacillo y evitar que llegue al producto final.

Figura 6. **Clarificadores**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

#### **1.6.4. Evaporación**

La operación del sistema de evaporación en la planta es de quintuple efecto, tanto para la línea de blanco como para la línea de crudo. La operación es relativamente sencilla debido a que se fijan las condiciones de entrada, salida, nivel de cada evaporador y extracciones de vapores vegetales hacia el exterior (esto quiere decir alimentaciones de vapor a tachos, calentadores y secado de azúcar). La condición mencionada crea el equilibrio en lo que respecta a presiones, temperaturas y consumos de vapor calculados.

La evaporación se realiza en evaporadores tipo Roberts en los cuales el vapor y el jugo se encuentran en cámaras separadas, fluyen en el mismo sentido y el jugo pasa de un evaporador a otro con bombas denominadas “de transferencia”. La parte del condensado sale por gravedad a un tanque donde se bombea para calderas o fábrica, según el efecto.

El control global de un evaporador se ejecuta a través de la estabilización de seis factores muy importantes: a) la concentración del producto final (miel virgen o meladura de 65–70 grado brix); b) el nivel de cada evaporador (1/3 de la calandria); c) la presión absoluta en el último cuerpo (23 pulgadas de mercurio); d) la alimentación de vapor y jugo al primer evaporador; e) remoción de condensados y gases incondensables y f) el control de incrustaciones en cada evaporador.

Figura 7. **Evaporadores de jugo**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.



### **1.6.5. Clarificación de meladura**

El jugo concentrado obtenido de la evaporación aún contiene muchas impurezas, por lo que se somete a una nueva clarificación tratándolo con ácido fosfórico, solución de cal, floculante y aumento de temperatura. La clarificación de meladura a diferencia de la clarificación de jugo es por flotación.

La meladura es calentada entre 70 y 80 grados Centígrados por contacto directo con vapor, en un tanque de reacción son agregados el ácido fosfórico, la solución de cal y el floculante, luego pasa al clarificador donde se separan las impurezas las cuales flotan y la meladura clarificada se envía a la siguiente etapa.

- **Filtros de cachaza**

Este es un proceso indispensable pues sin él, la pérdida de sacarosa en la cachaza sería significativa. Se lleva a cabo mediante filtros rotativos al vacío que separan el jugo del lodo.

Después de la separación, el jugo retorna al tanque de alcalizado y representa el 12 por ciento del total. El lodo o cachaza representa del 3 al 4 por ciento del total de la caña.

Esta masa es aprovechada para alimentar el proyecto de preparación de compost y utilizarlo como abono orgánico en el campo, gracias a los nutrientes que posee.

Figura 8. **Filtros de cachaza**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

#### **1.6.6. Cristalización**

La cristalización o cocimiento de la sacarosa que contiene la meladura o miel virgen se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, según su pureza, producirán azúcar crudo afinado como materia prima para refinado y azúcar blanco (para consumo local). La cristalización del azúcar es un proceso demorado que industrialmente se acelera introduciendo al tacho unos granos microscópicos de azúcar, denominados semilla. La habilidad y la experiencia de los operarios que deben juzgar el punto exacto del cocimiento son indispensables para la obtención de un buen producto. Para azúcar crudo se utiliza un proceso de tres masas y doble magma y para azúcar blanca se utiliza proceso de dos masas y un magma.

Figura 9. **Tachos o cristalizadores**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

### **1.6.7. Centrifugado**

Los cristales de azúcar se separan de la miel restante en las centrífugas; estos equipos cilíndricos giran a gran velocidad. Para masa “A” giran a 1 400 revoluciones por minuto y son del tipo *batch*; para masas “B” y “C” giran a 2 000 revoluciones por minuto y son continuos. La separación se hace por medio de telas de acero inoxidable con agujeros entre 0,06 a 0,09 milímetros. La miel pasa a través de las telas y los cristales quedan atrapados dentro de las centrífugas y luego se lavan con agua. Las mieles vuelven a los tachos o bien se utilizan como materia prima para la producción de alcohol en las destilerías. El azúcar en general pasa al proceso de secado y enfriado.

Figura 10. **Centrifugas**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

#### **1.6.8. Secado y enfriado de azúcar**

En el proceso de centrifugado se utiliza agua de condensado para lavar el azúcar lo cual da como resultado humedades entre 0,3 por ciento y 0,6 por ciento, por lo que es necesario pasarla por un proceso de secado para alcanzar niveles entre 0,2 por ciento a 0,03 por ciento para azúcares blancos y refino. Luego de concluir el proceso de secado y enfriado, el azúcar se encuentra listo para envase.

Figura 11. **Secadoras de azúcar**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

### **1.6.9. Envasado**

Un porcentaje mayor de afinado sale de centrífugas y es la materia prima para refino el excedente sale directamente de secadora a las bodegas de almacenamiento. En las bodegas se carga a granel en camiones que lo transportarán al puerto de embarque. El azúcar blanco estándar se empaca en sacos de 50 y 46 kilogramos y jumbos de 1 400 kilogramos para ser comercializado local e internacionalmente. Es común hacer despachos directos de producción a las comercializadoras locales o a la central almacenadora de exportación, conocida como EXPOGRANEL.

**Figura 12. Envasado**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

**Figura 13. Transporte**

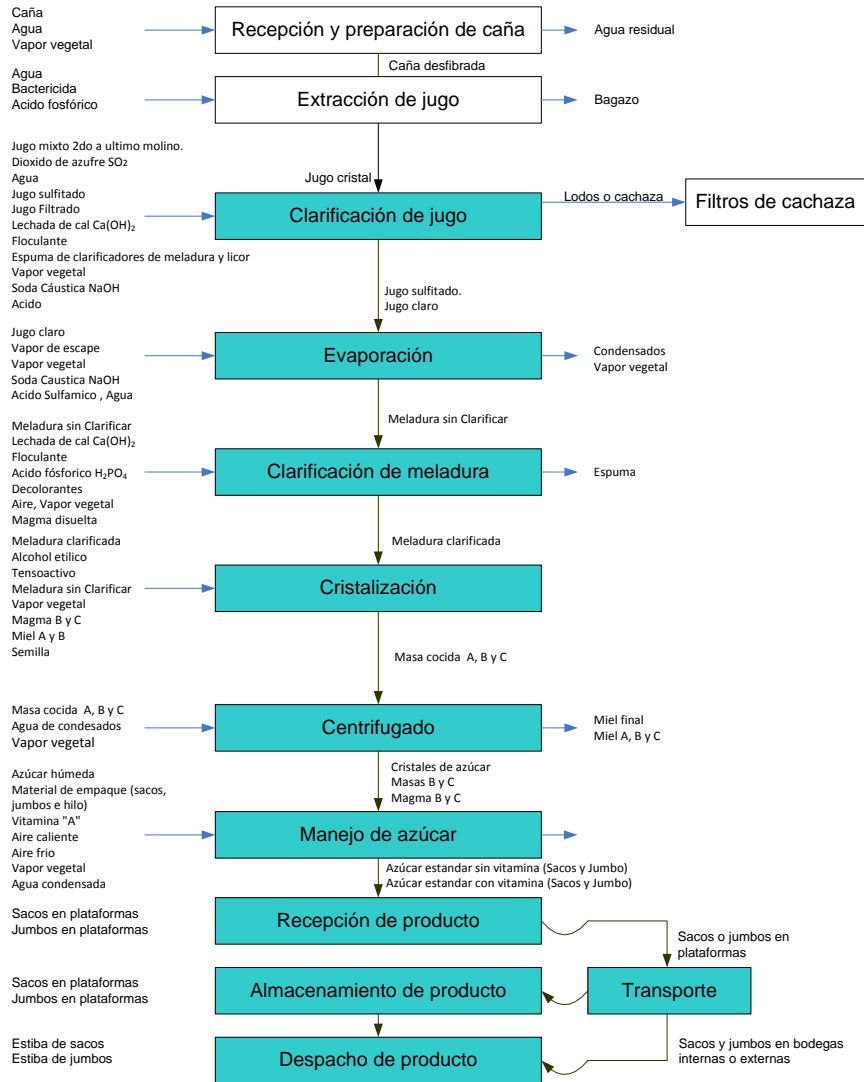


Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

#### **1.6.10. Flujo de proceso**

Como se detalla el proceso de la fabricación del azúcar anteriormente, este se puede resumir en un diagrama para apreciarlo de una manera más sencilla, como se muestra en el diagrama de flujo 1.

Figura 14. Flujo de proceso fabricación de azúcar



Fuente: elaboración propia.





## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Situación actual envasado de sacos 50 kilogramos**

El envasado de sacos de 50 kilogramos ubicado en el Ingenio Magdalena cuenta con cuatro líneas de proceso, que trabajan de la siguiente manera: el azúcar refino cae a las tolvas de alimentación por medio de unos alimentadores en forma de gusano, el azúcar pasa a través de los imanes para eliminar cualquier residuo metálico, seguido el azúcar llega a la siguiente tolva la cual cuenta con un sistema de pesaje.

El sistema de pesaje trabaja con una báscula tipo batch la cual al alcanzar los 50 kilogramos cierra una compuerta que alimenta al saco, seguido de esto el saco se cose y empieza su traslado por el conductor de salida. Durante su trayecto se encuentra una báscula chequeadora, la báscula chequeadora es un conductor de aproximadamente 1 metro de largo, esta como su nombre lo indica es para chequear el peso del saco; sin embargo, actualmente se utilizan únicamente para visualización de los pesos de los sacos.

El procedimiento para chequear que un embarque contenga los pesos de los sacos correctos es tomar una muestra de 20 sacos aproximadamente por contenedor, cada contenedor tiene aproximadamente 200 sacos, por lo que la muestra es de aproximadamente 10 por ciento del contenedor.

La toma de la muestra se realiza extrayendo los sacos de la línea de salida y pesándolos en básculas de pie, si el peso de los sacos está fuera del rango la persona encargada solicita el chequeo de la báscula *batch* de la línea.

Ya que el contenedor está completo este se pesa en una báscula de mayor tamaño, la cual su resolución es de 20 kilogramos.

## **2.2. Análisis estadístico del pesado de sacos de 50 kilogramos zafra 2010-2011**

Durante cada zafra los analistas del Departamento de Laboratorio de Fábrica toman muestras de sacos de cada contenedor, como se mencionó anteriormente, la cantidad de muestras dependen de la cantidad de sacos que el contenedor lleve, aunque también depende del criterio de los analistas de cada línea de envasado de sacos la mayoría del tiempo.

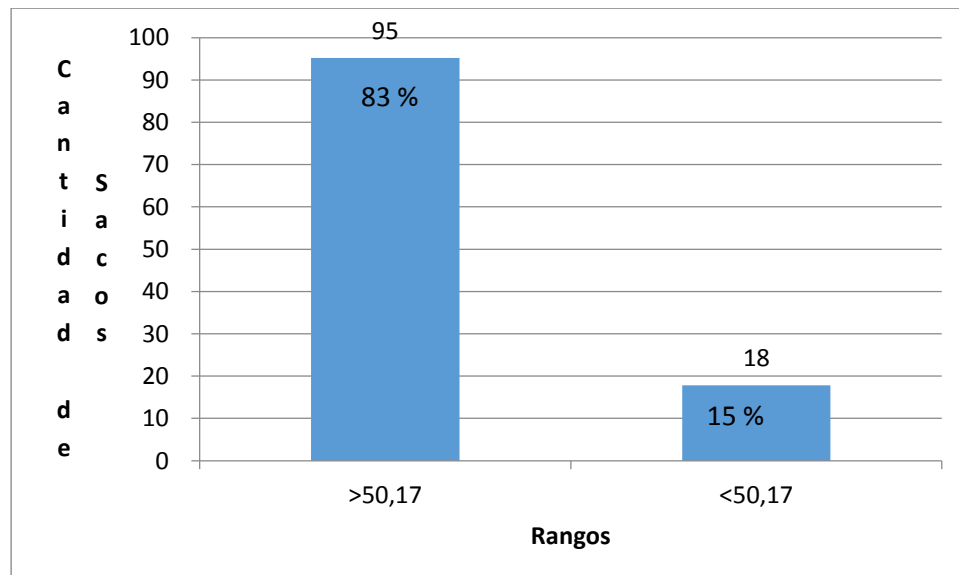
Los datos obtenidos del peso de cada saco son trasladados a hojas predefinidas por el Departamento de Laboratorio de Fábrica en las cuales los datos son la cantidad total de sacos del contenedor, hora, fecha y lo más importante el peso de los sacos que se muestrearon. Estos datos son digitalizados por los analistas para realizar cálculos o llevar estadísticas de los mismos.

La base de datos de la zafra 2010–2011 obtenida por el departamento de Laboratorio de Fábrica muestra que el promedio de los pesos del saco está 40 gramos por encima del peso meta.

El peso meta de un saco, 50 kilogramos de azúcar más el peso del saco, un saco pesado o saco azul promedia un peso de 0,17 kilogramos por lo que el peso meta es de 50,17 kilogramos, el peso promedio de la zafra 2010–2011 fue de 50,21 kilogramos con un límite superior de 50,40 kilogramos y un límite inferior de 50,02 kilogramos.

Como se podrá apreciar en el gráfico 1 un gran porcentaje del total de sacos durante la zafra fue mayor que el peso meta y un bajo porcentaje estuvo bajo este. El gráfico 1 representa el porcentaje de las muestras que fueron tomadas durante la zafra, por lo que es únicamente el 10 por ciento de la cantidad de sacos de la zafra, lo cual son 113 760 datos obtenidos por los analistas.

Figura 15. **Cantidad de sacos contra rangos de pesado**



Fuente: Laboratorio de Fábrica Ingenio Magdalena S. A.

Según los datos obtenidos la cantidad de sacos despachados durante la zafra 2010–2011 fue de 5 582 050 sacos de 50 kilogramos. Utilizando los datos obtenidos por los analistas la diferencia aproximada de azúcar es de 202,34945 kilogramos o 202,35 toneladas métricas de azúcar.

El costo aproximado del saco de azúcar de 50 kilogramos es de Q280,00 por lo que en pérdidas son aproximadamente Q1 133 156,92 lo que es una pérdida significativa, sin mencionar que este dato es unicamene el de los sacos de 50 kilogramos a esto se deben sumar los sacos de 20 kilogramos que pasan por las mismas líneas de envasado que los sacos de 50 kilogramos.

El criterio de rechazo actual de los sacos queda a criterio del analista que realiza la muestra por cada turno, por día se manejan tres turnos por lo que el criterio de rechazo cambia, lo correcto sería que el criterio fuera el mismo.

El propósito del diseño del sistema automatizado es el de tomar el 100 por ciento de las muestras de los contenedores y definir un mismo rango de rechazo las 24 horas o mientras se esté envasando azúcar. La decisión de rechazo será tomada por el controlador lógico programable el cual realizará una secuencia de rechazo cada vez que la báscula chequeadora cense un peso menor o mayor al rango definido.

### 3. DISEÑO DE SISTEMA DE RECHAZO

#### 3.1. Lógica de funcionamiento de sistema de rechazo

El proceso de pesado de envasado de azúcar empieza desde la báscula *batch* la cual está calibrada para despachar los 50 kilogramos de azúcar para el saco, seguido de esto el saco es cocido y empieza su recorrido por la banda de salida de la línea de envasado, antes de ingresar al contenedor el saco es pesado por la chequeadora de peso, la cual presenta el peso en kilogramos en un *display*, seguido del chequeo de peso el saco se conduce a través de dos conductores antes de ingresar al contenedor, uno de ellos es un conductor inclinado aproximadamente unos 35 grados de la horizontal y el segundo es horizontal del cual un alzador toma el saco y lo ingresa al contenedor.

La lógica del sistema actual cambiaría desde el momento en el cual el saco pasa por la chequeadora de peso para el sistema de rechazo. La chequeadora sería el elemento principal de control para el rechazo. Cada línea contará con una pantalla táctil para ingresar los datos del lote para el contenedor e iniciar la secuencia del sistema.

La chequeadora de peso cuenta con un sistema el cual puede ser programado tal que se defina un rango de peso, definido por el Departamento de Laboratorio de Fábrica, si el peso del saco está fuera de este rango la chequeadora es capaz de enviar un pulso digital lógico, un nivel de voltaje, el cual será recibido por el PLC para realizar la secuencia de rechazo.

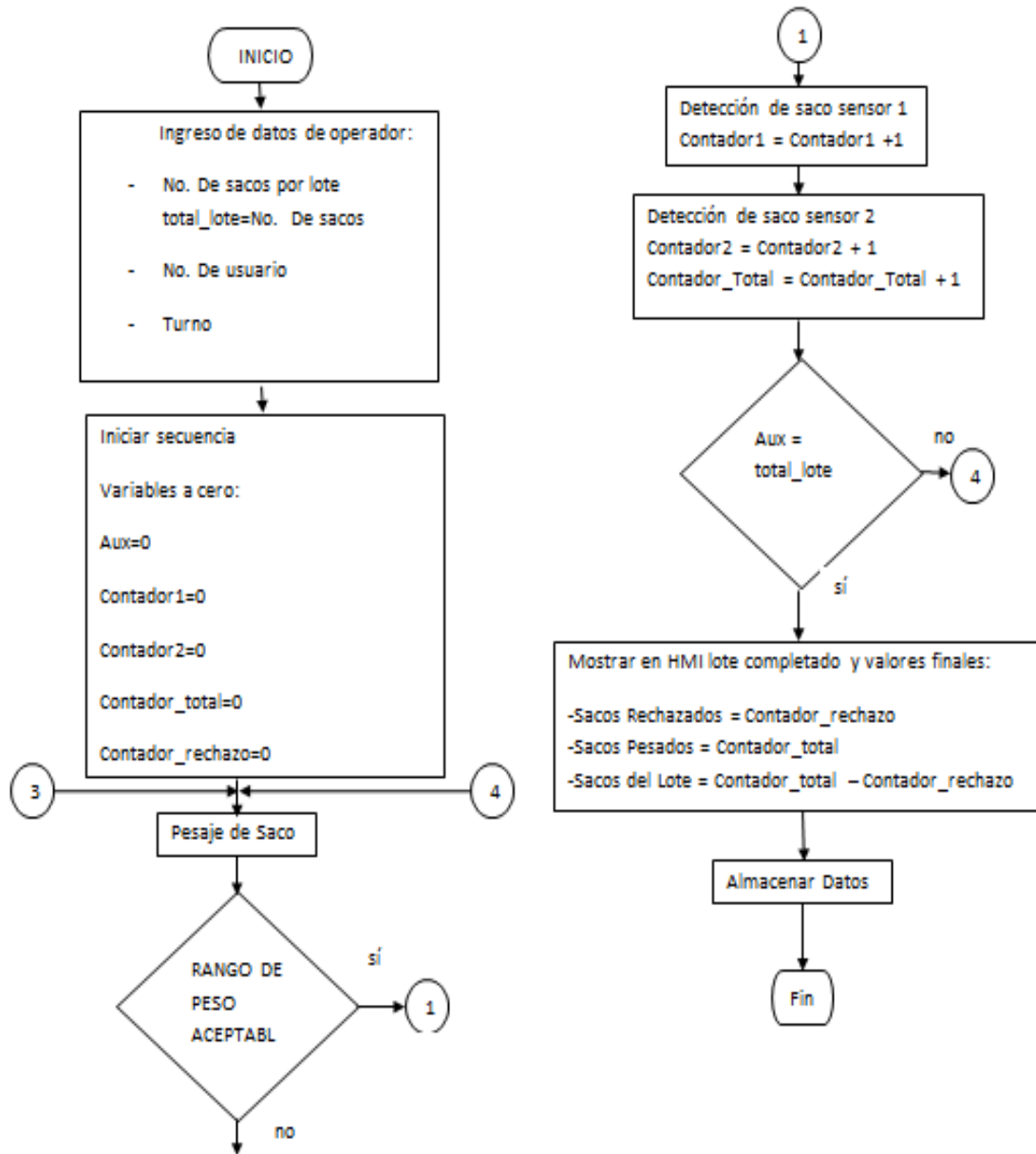
Al detectar un saco que esté fuera del rango especificado se mostrará una alarma visual para que el operador esté advertido del rechazo del saco. Debido a las condiciones físicas de las líneas de envasado de azúcar es necesario realizar el rechazo del saco en el segundo conductor, conductor horizontal, ya que este es de menor velocidad que el conductor inclinado.

Cada línea contará con dos sensores de proximidad, los cuales se utilizarán para el conteo de los sacos y el rechazo de los mismos, la lógica de los sensores puede explicarse mejor en el diagrama de flujo. Seguido de la chequeadora de peso se colocará un sensor de proximidad, el segundo se ubicará en el conductor horizontal de baja velocidad.

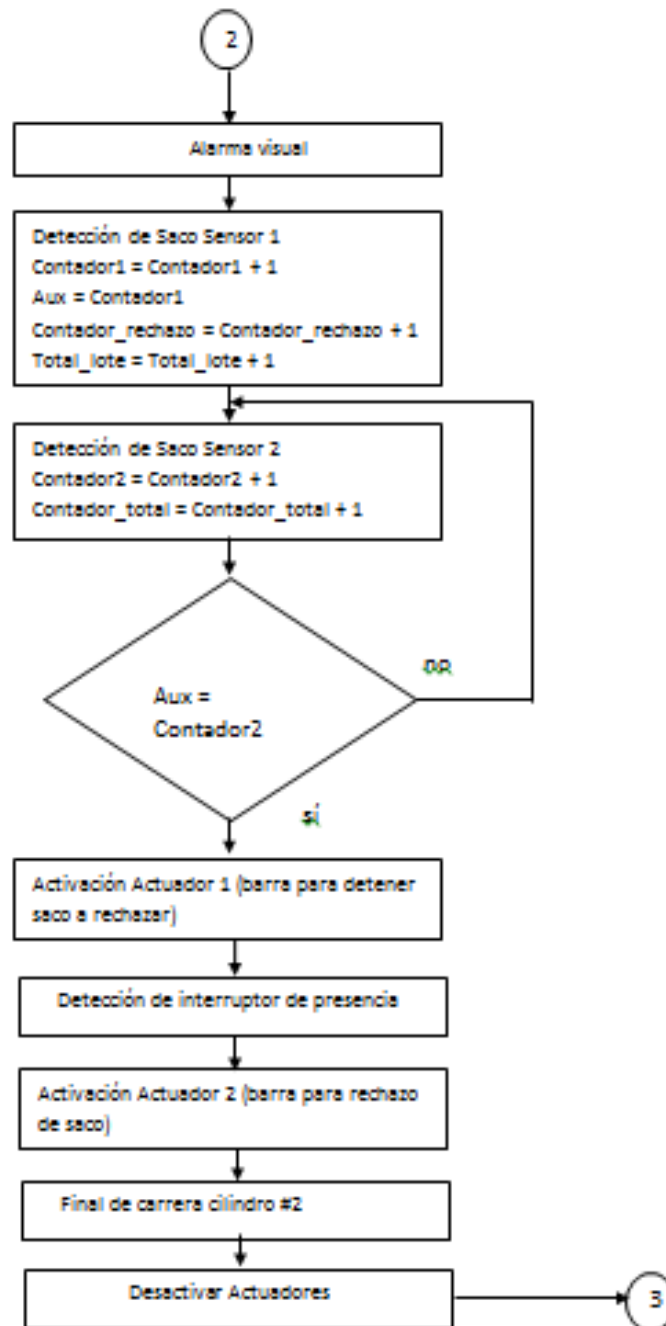
Para el rechazo del saco se utilizarán dos actuadores neumáticos, cilindros neumáticos, el primero servirá para detener el saco que será rechazado contará con un interruptor de presencia mecánico para detectar que el saco a rechazar se encuentra en la posición para rechazarlo; el segundo simplemente empujará el saco hacia el deslizador de sacos rechazados.

En el diagrama de flujo 2 se puede apreciar la lógica del sistema en el diagrama de flujo.

Figura 16. Diagrama de flujo 2 Lógica de sistema de rechazo de sacos



Continuación de la figura 16.



Fuente: elaboración propia.



Para realizar una prueba de la lógica, se realizará un ejemplo de un lote de dos sacos donde uno de ellos sea rechazado por estar fuera del rango de peso estipulado.

Al inicio el operador ingresa los datos del lote, su número de usuario y el turno en el que trabaja, en la tabla uno se aprecia como quedan los datos iniciales.

Tabla I. **Ingreso de datos a programa**

| <b>Variables</b>  | <b>Datos</b> |
|-------------------|--------------|
| Total lote        | 2            |
| Número de usuario | 2011000802   |
| Turno del día     | 3            |

Fuente: elaboración propia.

Luego de ingresados los datos el operador da inicio al programa, por lo que las variables quedan como muestra la tabla 2.

Tabla II. **Corrida de variables #1**

| <b>Variables</b> | <b>Datos</b> |
|------------------|--------------|
| Auxiliar         | 0            |
| Contador 1       | 0            |
| Contador 2       | 0            |
| Contador total   | 0            |
| Contador rechazo | 0            |
| Total lote       | 2            |

Fuente: elaboración propia.

Se supondrá que el primer saco se encuentra fuera del rango estipulado por lo que será rechazado por el sistema, la báscula chequeadora de peso al detectar fuera de rango el peso del saco brinda una señal lógica que activa la secuencia de rechazo.

Al ser detectado el saco a rechazar por el primer sensor el contador 1, el contador de rechazo y el total de sacos del lote se incrementa en la unidad y la variable auxiliar guarda el valor del contador 1, al detectar el sensor 2 el saco a rechazar el contador total y el contador 2 incrementan en la unidad; seguido de esto se compara la variable auxiliar con el contador 2, si no es igual el sistema esperará hasta que sean iguales para realizar el rechazo, si son iguales las variables el actuador 1 se activará para detener el saco y hasta que el interruptor de presencia sea activado se realizará el rechazo del saco, en la tabla 3 se aprecian los cambios en las variables.

Tabla III. **Corrida de variables # 2**

| <b>Variable</b>  | <b>Dato anterior</b> | <b>Dato posterior</b> |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| Auxiliar         | 0                    | 1                     |
| Contador 1       | 0                    | 1                     |
| Contador 2       | 0                    | 1                     |
| Contador total   | 0                    | 1                     |
| Contador rechazo | 0                    | 1                     |
| Total lote       | 2                    | 3                     |

Fuente: elaboración propia.

El segundo saco se supondrá que se encuentra en el rango estipulado por lo que al ser detectado por el sensor 1 el contador 1 se incrementa en la unidad; al ser detectado por el sensor 2 el contador 2 y el contador total se incrementa en la unidad, se realiza la comparación si el contador total es igual al contador del lote, si así lo fuera se realizará la secuencia de terminación del programa, ya que no es así debido a que existe un rechazo y hace falta un saco para completar el lote, el sistema esperará hasta que los contadores sean iguales, en la tabla 4 se puede apreciar el cambio en las variables.

Tabla IV. **Corrida de variables # 3**

| <b>Variable</b>  | <b>Dato anterior</b> | <b>Dato posterior</b> |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| Auxiliar         | 1                    | 2                     |
| Contador 1       | 1                    | 2                     |
| Contador 2       | 1                    | 2                     |
| Contador total   | 1                    | 2                     |
| Contador rechazo | 1                    | 1                     |
| Total lote       | 3                    | 3                     |

Fuente: elaboración propia.

Por último, el tercer saco no será rechazado por lo que la secuencia es la misma que la anterior y los valores de las variables quedan como en la tabla 5.

Tabla V. **Corrida de variables # 4**

| <b>Variable</b>  | <b>Dato anterior</b> | <b>Dato posterior</b> |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| Auxiliar         | 2                    | 3                     |
| Contador 1       | 2                    | 3                     |
| Contador 2       | 2                    | 3                     |
| Contador total   | 2                    | 3                     |
| Contador rechazo | 1                    | 1                     |
| Total lote       | 3                    | 3                     |

Fuente: elaboración propia.

Ya que los contadores se igualan, contador de lote y el contador total, se realiza la secuencia de finalización del programa; se muestra en pantalla los totales siguientes: sacos pesados (contador total), sacos rechazados (contador rechazos) y sacos del lote (contador total–contador rechazados); se almacenan los datos (usuario, turno, número de sacos por lote) en la memoria de la CPU y se finaliza el programa.

### **3.2. Modificaciones estructurales Área de Envasado**

Para que un sistema de medición funcione correctamente se necesita que el elemento principal de medición se encuentre en las condiciones ideales para realizar la medición.

Para el sistema de rechazo de sacos, el elemento principal es la chequeadora de pesos la cual tiene que cumplir con ciertos requisitos para que la medición del peso sea correcta; uno de estos es que exista un conductor horizontal de al menos dos metros antes y después de la chequeadora de pesos. Como se puede apreciar en la figura 15 este requisito no se cumple debido a que seguido de la báscula existe un conductor inclinado, lo cual repercute en la medición del peso ya que el saco al estar en una posición inclinada disminuye la fuerza que ejerce en la báscula.

Figura 17. **Fotografía sistema actual de envasado del Ingenio Magdalena**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A., La Democracia, Escuintla.

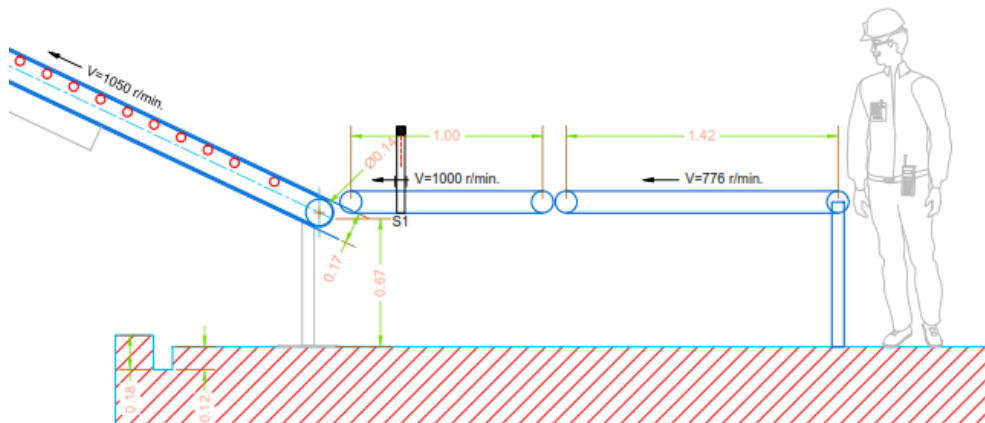
Por ejemplo, un saco de 50,17 kilogramos ejerce una fuerza igual a 9,8 veces su masa, 491,66 Newtons, en una posición horizontal; el saco al estar inclinado un ángulo  $\theta$  ejerce una fuerza 9,8 veces su masa multiplicado por  $\text{sen } \theta$  como se observa en la ecuación 1. Por lo que el factor del ángulo afecta la medición de la báscula.

$$F = (50,17 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) \text{sen } \theta$$

Ecuación 1.

Para el sistema de rechazo se necesita que se modifiquen los conductores que se encuentran después de las básculas chequeadoras y colocar seguido a este un conductor horizontal de al menos un metro para que la medición del peso sea óptima, esto es requerido también por la empresa que asesora y calibra estas básculas para Ingenio Magdalena y tendría que realizarse en cada línea de envasado existente. Para colocar dicho conductor es necesario reducir el conductor horizontal un metro para que el conductor inclinado quede con el mismo ángulo de inclinación, como se muestra en la imagen 15.

Figura 18. **Diseño conductor adicional**

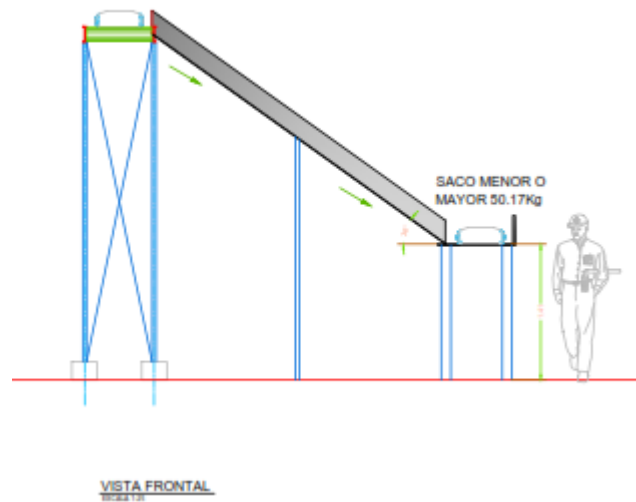


Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

En la banda donde se realizará el rechazo del saco, la cual es la horizontal como se mencionó antes, se necesita instalar un deslizador con un receptor donde el saco rechazado se desplazará para que el operador de la línea lleve el saco a reproceso.

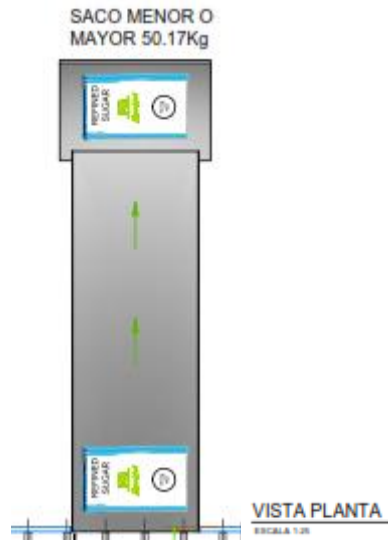
Este recibidor tendrá que ser de lámina de acero inoxidable debido a cuestiones de inocuidad en el proceso; es recomendable, por el peso del saco, usar un espesor de la lámina de al menos  $\frac{1}{2}$ ”; el ángulo de inclinación tiene que ser suficiente para que el saco se deslice hasta el recibidor por lo que  $36^\circ$  sería suficiente como se aprecia en la imagen 16, 17 y 18.

Figura 19. **Diseño de deslizador vista frontal**



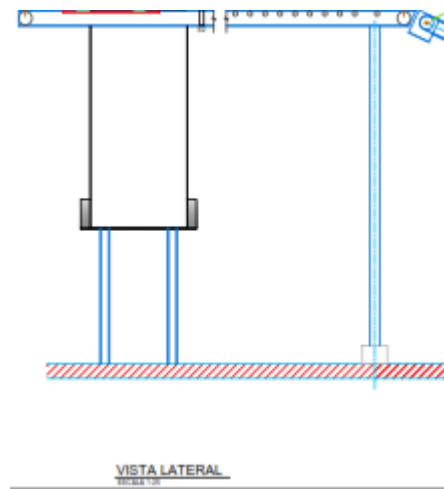
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 20. **Diseño de deslizador vista de planta**



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 21. **Diseño de deslizador vista lateral**



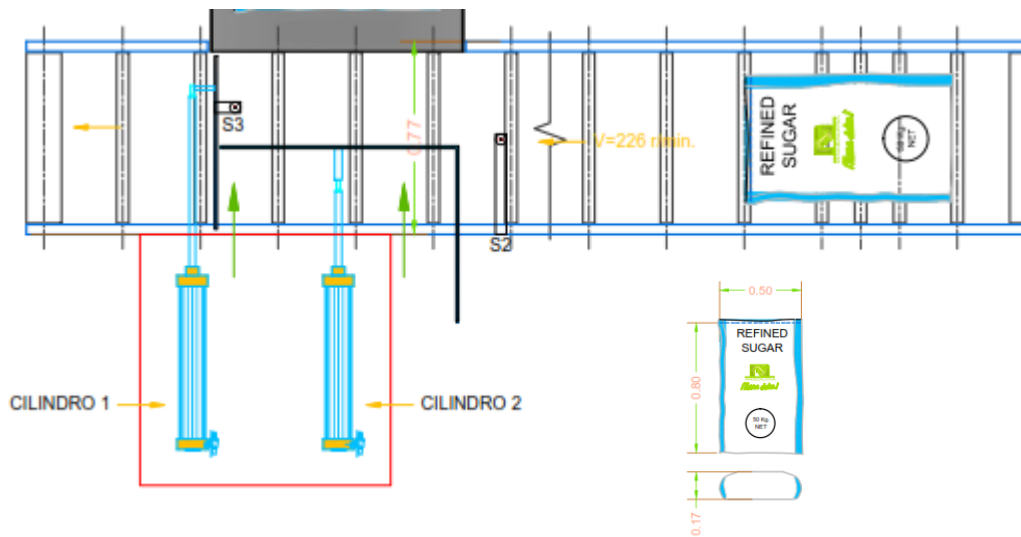
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.



Como se mencionó anteriormente, para el rechazo se utilizarán dos actuadores neumáticos los cuales se detallarán más adelante. Para ubicarlos es necesario remover parte de las paredes a los costados del conductor.

Para el primer actuador el cual contará con la barra para detener el saco a rechazar, se necesita de remover al menos unas seis pulgadas de pared para que la barra corra libremente. Para el segundo actuador el cual realizará el movimiento de rechazo se necesita cortar más espacio de las paredes ya que contará con una barra de mayor anchura, aproximadamente el saco tiene un largo de 0,6 metros, por lo que la barra para el rechazo tendría que ser unos cuantos centímetros mayor para asegurar que el saco sea totalmente rechazado al deslizador como se muestra en la figura 19.

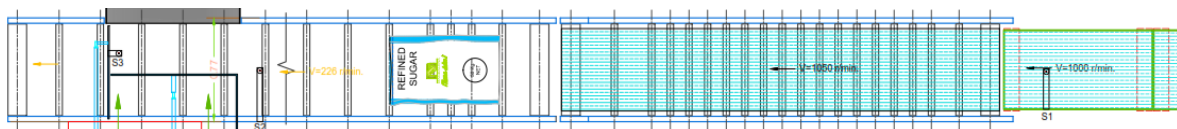
Figura 22. Montaje de actuadores



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

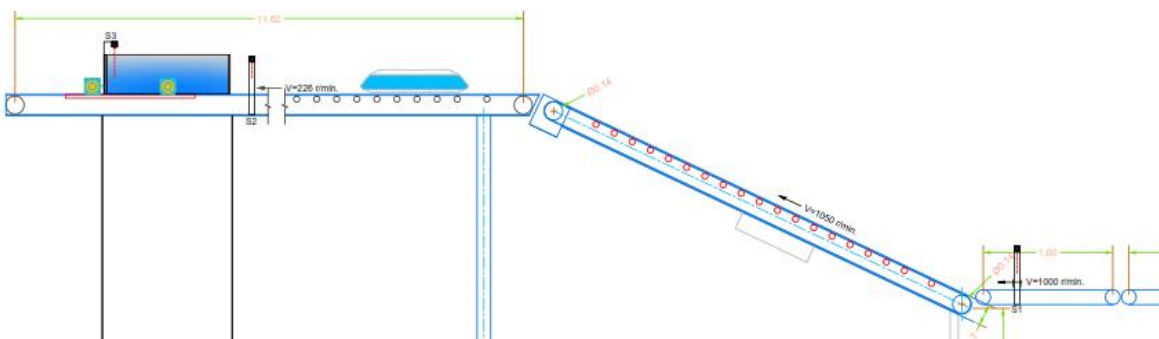
La colocación de los sensores simplemente es de integrarlos en los conductores por lo que no habría que realizar modificaciones el detalle de los sensores se aprecia en las imágenes 23, 24 y 25 donde S1, S2 y S3 son los sensores 1, 2 y 3 respectivamente; para los actuadores en los conductores habría que realizar un soporte suficientemente fuerte para que al activarse logren realizar la fuerza necesaria para detener y rechazar el saco, para esto se coloca una lámina donde los sensores van soportados, en la imagen se aprecia la lámina de color rojo.

Figura 23. **Ubicación de sensores vista de planta**



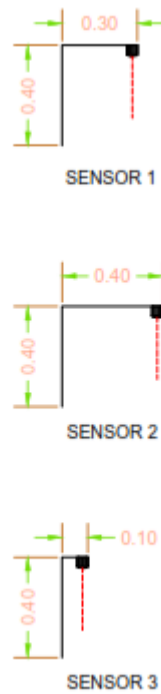
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 24. **Ubicación de sensores vista lateral**



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

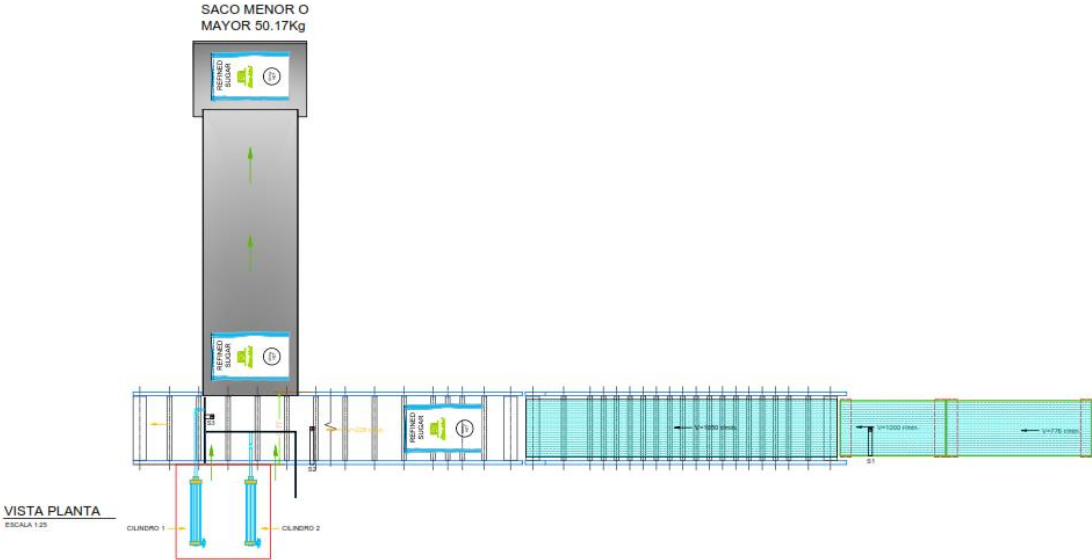
Figura 25. **Detalle de sensores**



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

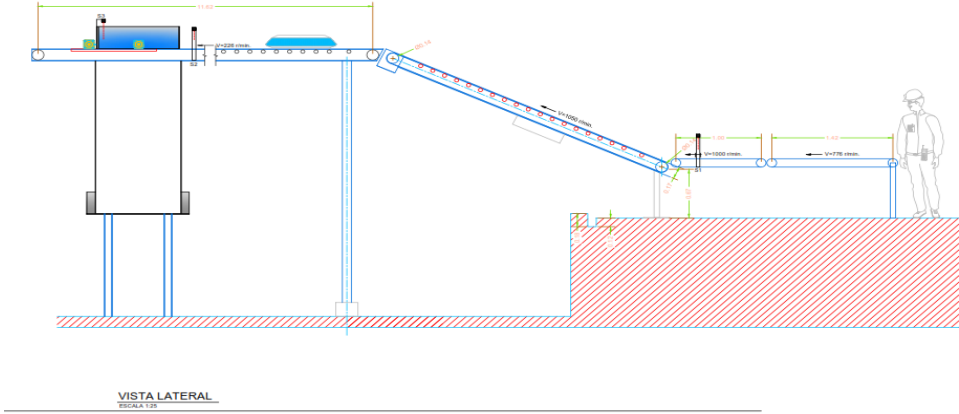
Las vistas del diseño completo del sistema se pueden apreciar en las vistas que muestran las imágenes siguientes.

Figura 26. Detalle de sistema de rechazo vista planta



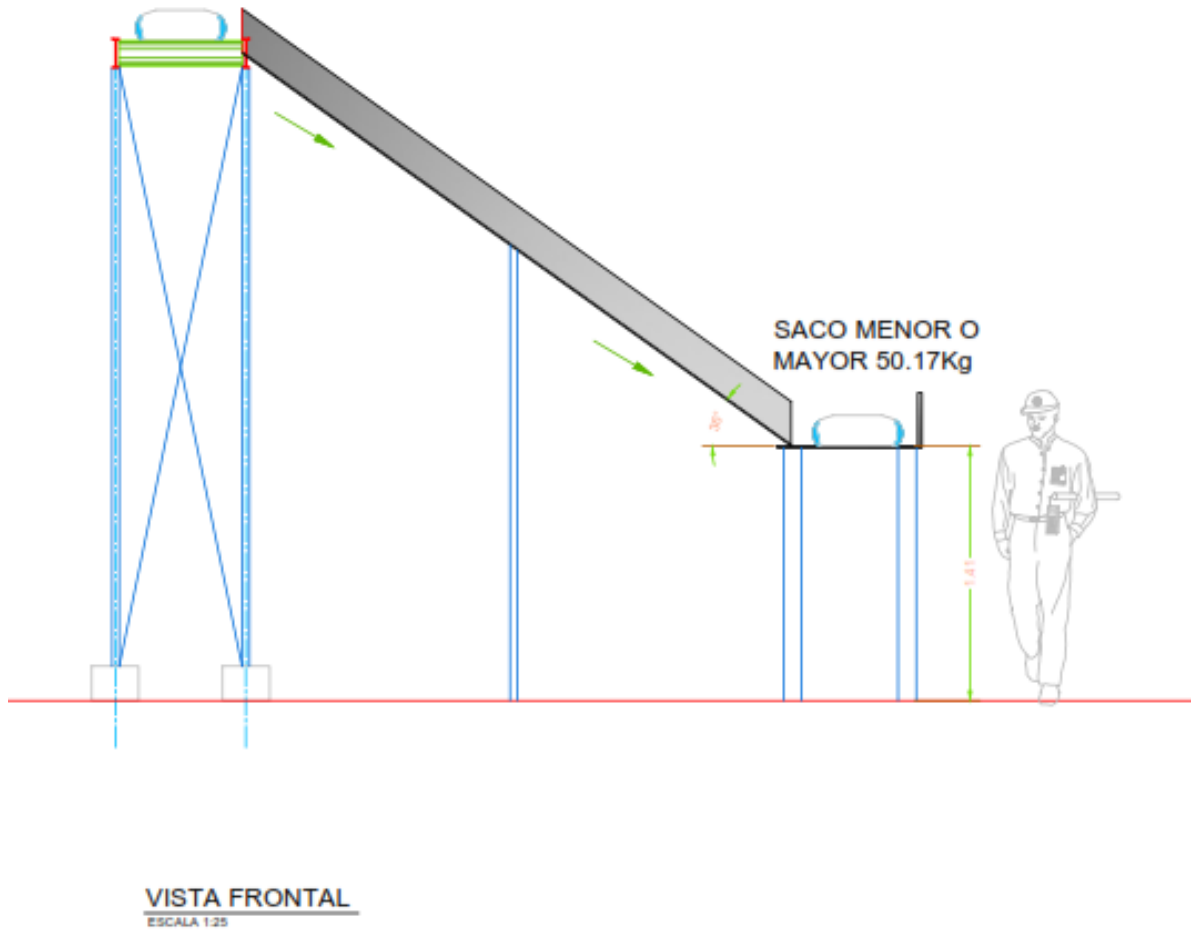
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 27. Detalle de sistema de rechazo vista lateral



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 28. **Detalle de sistema de rechazo vista frontal**

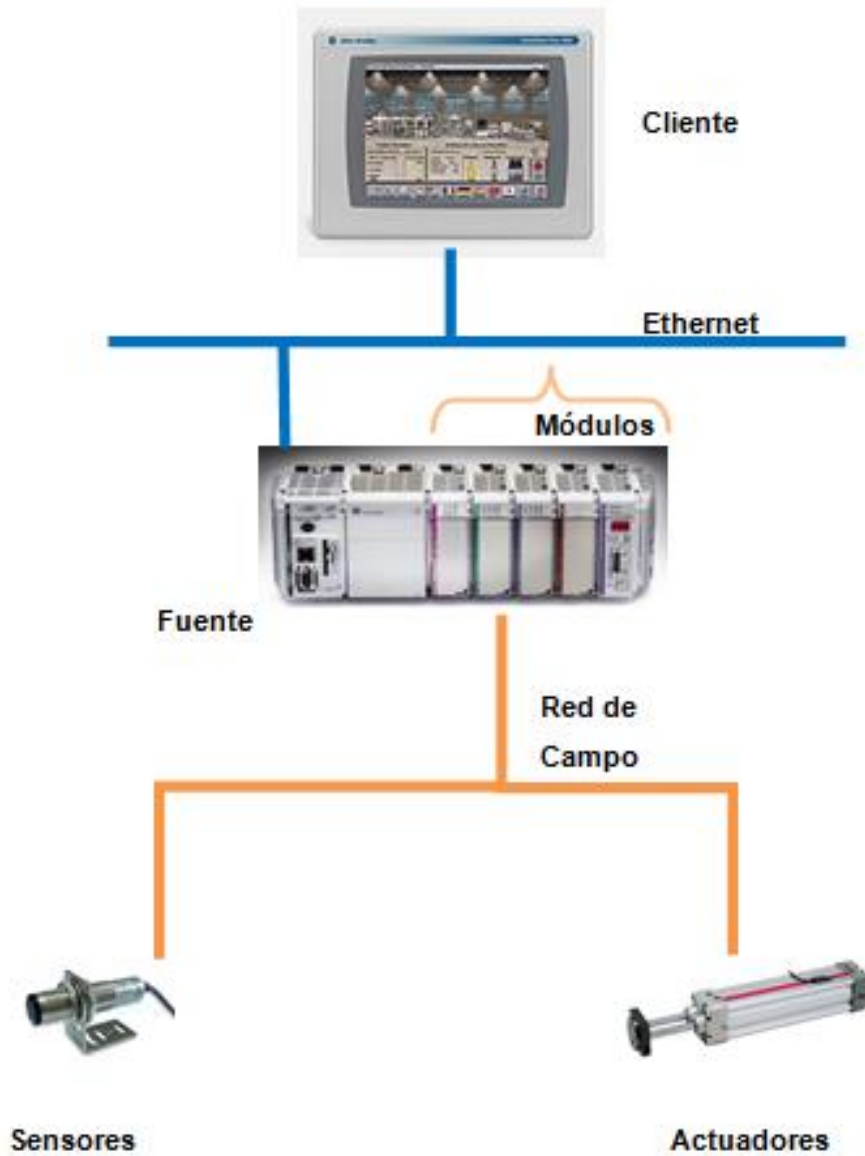


Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

### **3.3. Diseño de red para sistema de rechazo**

La red para el sistema de rechazo es sencilla ya que únicamente se necesita del controlador lógico, el cual se detallará más adelante, el cual se comunica con un protocolo Ethernet industrial llamado Ethernet IP diseñado para procesos de control y automatización; se necesita del cliente el cual en este caso será la pantalla táctil. El controlador lógico utiliza el protocolo mencionado para la comunicación con el cliente. La comunicación con los periféricos se realiza a través de la base donde se monta la CPU del controlador y los módulos de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. En la imagen 26 se puede apreciar la topología de la red del sistema generalizado.

Figura 29. **Ejemplo de topología de red**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

### 3.3.1. Controlador Lógico Programable

El PLC o Controlador Lógico Programable es una computadora utilizada en la automatización industrial, como su nombre lo indica, se utiliza para que los procesos trabajen automáticamente desde una atracción mecánica hasta un robot para realizar operaciones de alta precisión.

El sistema automatizado de rechazo necesita un controlador lógico para que realice la lógica de control. Existe una gama diversa de controladores de muchas marcas y diferentes características. En Magdalena el equipo del Departamento de Instrumentación posee amplio conocimiento con diferentes marcas de controladores, por lo que para este sistema se recomienda utilizar un controlador Micrologix 1 500 de Allen Bradley por su bajo costo y robustez.

El Micrologix 1 500 ya trae incorporadas entradas y salidas digitales, dependiendo de la necesidad se pueden agregar módulos para manejar más variables. La tabla 6 muestra la distribución de las entradas y salidas que trae incorporadas el controlador.

Tabla VI. Entradas y salidas digitales controlador

| Familia de controladores          |             | Entradas |         | Salidas  |                 |
|-----------------------------------|-------------|----------|---------|----------|-----------------|
|                                   |             | Cantidad | Tipo    | Cantidad | Tipo            |
| Controladores<br>MicroLogix 1200: | 1762-L24BWA | 14       | 24 VCC  | 10       | Relé            |
|                                   | 1762-L24AWA | 14       | 120 VCA | 10       | Relé            |
|                                   | 1762-L24BXB | 14       | 24 VCC  | 10       | 5 relé<br>5 FET |
|                                   | 1762-L40BWA | 24       | 24 VCC  | 16       | Relé            |
|                                   | 1762-L40AWA | 24       | 120 VCA | 16       | Relé            |
|                                   | 1762-L40BXB | 24       | 24 VCC  | 16       | 8 relé<br>8 FET |
| Bases<br>MicroLogix 1500          | 1764-24BWA  | 12       | 24 VCC  | 12       | Relé            |
|                                   | 1764-24AWA  | 12       | 120 VCA | 12       | Relé            |
|                                   | 1764-28BXB  | 16       | 24 VCC  | 12       | 6 relé<br>6 FET |

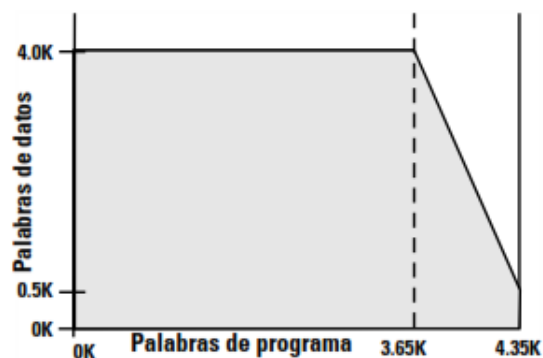
Fuente: Controladores programables Allen Bradley.



Las entradas incorporadas tienen filtros de entrada fijos. Las entradas de CC incorporadas tienen filtros de entrada configurables para una serie de funciones especiales que pueden usarse en la aplicación, como conteo de alta velocidad, interrupciones de eventos y entradas de enclavamiento. Tiene dos salidas de alta velocidad para usar como salida de tren de pulsos y/o salida de modulación de anchura de pulsos. Si la aplicación requiere más entradas o salidas que las que el controlador proporciona, es posible conectar módulos de entradas y salidas, los cuales se denominan de expansión.

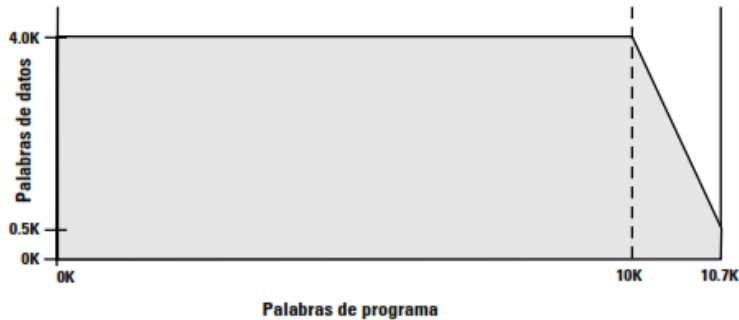
El controlador cuenta con una memoria de 7 kilobytes, para usarse en archivos de programa y archivos de datos. El máximo uso de memoria de datos es 4 kilobytes como muestra el gráfico 2. Esto se logra con el procesador 1764-LSP. Con el procesador 1764-LRP cuenta con una memoria de 14 kilobytes para archivos de programa y datos con un máximo de datos de 4 kilobytes tal como se muestra en la figura 31.

Figura 30. **Palabras datos contra palabras de programa procesador 1764-LSP**



Fuente: Controladores Programables Allen Bradley.

Figura 31. **Palabras datos contra palabras de programa procesador 1764-LRP**



Fuente: Controladores Programables Allen Bradley.

El controlador puede ser programado por lenguaje en escalera el cual es sencillo de utilizar cuando la programación es corta, sino se hace difícil por los direccionamientos. Este es capaz de utilizar diferentes direccionamientos inmediato, directo e indirecto; el inmediato se usa principalmente para asignar constantes numéricas dentro de las instrucciones como el tiempo de un temporizador; el direccionamiento directo, se define una ubicación de datos específica dentro del controlador la cual sea compatible con el operando; el direccionamiento indirecto permite el uso de componentes dentro de la dirección como punteros que indican otras ubicaciones de datos dentro del controlador.

### **3.3.2. Transductores y actuadores**

Un transductor es un dispositivo capaz de convertir o transformar un tipo de energía en su entrada a una diferente de salida, por ejemplo, un sensor infrarrojo es capaz de convertir energía lumínica en energía eléctrica a través de un pulso eléctrico.

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso mecánico en un sistema automatizado un ejemplo claro de estos son los cilindros neumáticos o hidráulicos a los cuales reciben energía a través de aire comprimido o aceite en sus pistones para realizar una tarea mecánica de mayor trabajo.

Para el sistema de rechazo es necesario utilizar tanto transductores que sean capaces de percibir el movimiento del saco y convertir esta señal a un pulso eléctrico, para que el controlador programable sea capaz de entender esta señal y analizarla en la lógica del programa y así mandar señales.

Por ejemplo, a una electroválvula para realizar el movimiento en un actuador lineal neumático para que realice una tarea mecánica como el rechazo de un saco.

Para los sensores uno, dos e identificador de presencia, los cuales se utilizan para el conteo, detección e identificación de los sacos en el programa lógico del controlador programable se utilizarán sensores de proximidad capacitivos, se utilizan estos ya que son capaces de detectar la proximidad de materiales tanto conductivos como no conductivos, en este caso el saco de azúcar es fabricado de una fibra plástica.

Un sensor capacitivo mide los cambios de capacitancia, lo cual es una propiedad eléctrica de los condensadores capaz de almacenar campo eléctrico entre dos objetos conductores con un espacio entre ellos entre un diferencial de voltaje aplicado.

Los sensores utilizan un voltaje alternativo producido por un oscilador que causa que las cargas se inviertan continuamente, esto crea una corriente eléctrica, la cantidad de flujo de corriente se determina por la capacitancia y esta se determina por el área de superficie y proximidad de los objetos. Los objetos más grandes y más cercanos originan mayores corrientes.

La capacitancia es directamente proporcional al área de superficie de los objetos y la constante dieléctrica del material entre ellos e inversamente proporcional a la distancia entre ellos como se indica en la ecuación 2.

$$C = A\varepsilon/R$$

Donde C: capacitancia

A: área de los objetos

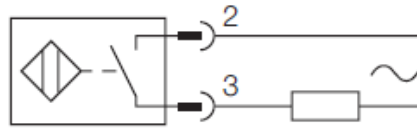
$\varepsilon$ : constante dieléctrica entre objetos

R: distancia entre la placa y el objeto

#### Ecuación 2

El sensor a utilizar será un Turck de 30 milímetros capacitivo con voltaje de operación de 20-250 voltaje alterno 50-60 hertz ya que usualmente las entradas y salidas del controlador son a 110 voltaje alterno 50-60 hertz, aunque si se desea pueden solicitarse a 24 voltaje directo; el sensor cuenta con una capacidad de 15 milímetros de distancia para sensar el objeto, lo cual es suficiente, el material del sensor es plástico, se escoge de esta manera para evitar problemas de corrosión por el ambiente debido a la inocuidad del producto dentro del saco, este opera con dos hilos como se observa en la figura 32 la cual muestra el diagrama de conexión.

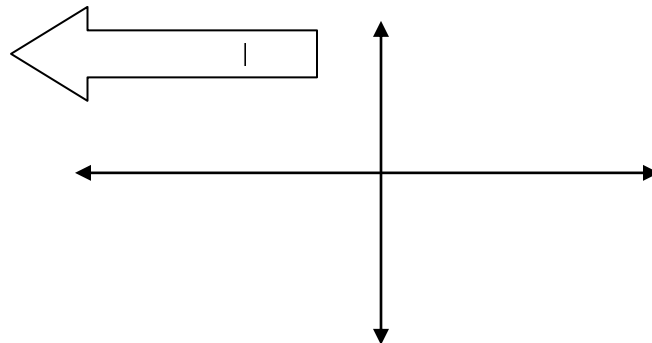
Figura 32. **Diagrama de conexión sensor de proximidad**



Fuente: Sensores Turck.

Como se mencionó en la lógica del sistema se necesita de dos actuadores para el sistema de rechazo, un cilindro neumático para detener el saco que se va a rechazar y otro para el rechazo directo. En la figura 33 se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre representando las fuerzas que actúan con el cilindro que actúa primero para detener el saco.

Figura 33. **Diagrama de cuerpo libre cilindro #1**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

- N la fuerza normal ejercida por la banda
- $F_{cil}$  la fuerza ejercida por el cilindro
- $F_p$  la fuerza ejercida por el peso del saco
- $F_{e1}$  la fuerza estática entre la banda y el saco

El criterio máximo que se toma como error durante la operación de envasado de sacos de 50 kilogramos es de 100 gramos, 50,1 kilogramo, para realizar el cálculo de la fuerza que tiene que ejercer el cilindro para detener el cilindro, la cual es vencer la fuerza por la fricción estática que se ejerce entre el saco y la banda, así de esta manera la banda resbalará por debajo del saco y este estará detenido por el cilindro; el cálculo se realiza con un peso del saco con error de 500 gramos, el cual es sobre el valor máximo permitido, esto se realiza de esta manera para que el cilindro no trabaje en su límite de operación.

$$F_{\text{máxima\_estática}} = \mu_s * N$$

Ecuación de fuerza estática máxima

Ecuación 3

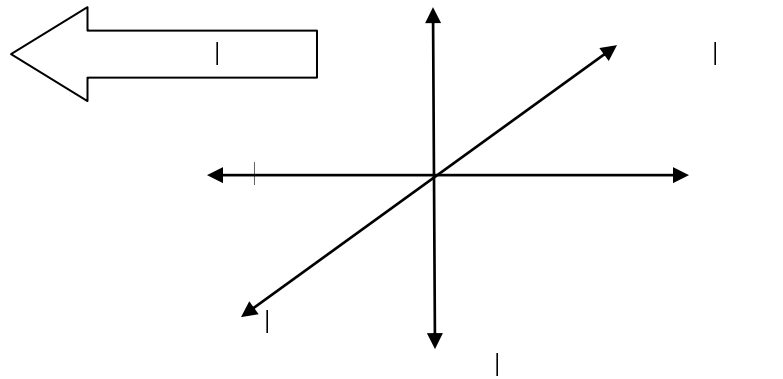
Donde:

- $\mu_s$  es el coeficiente de fricción entre los materiales
- N la normal entre la banda y el saco
- F fuerza máxima por fricción estática

Utilizando un coeficiente de fricción de 0,3 el cuál es el del caucho con el cemento húmedo, el cual por defecto será mayor que el del caucho con la fibra de plástico y la normal es de 494,9 Newton (50,5 kilogramos \* 9,8 metros sobre segundos al cuadrado) lo cual da 147,49 Newton, que es la fuerza que se tendría que vencer para detener el saco.

Para el cilindro que realizará la acción del rechazo se utilizará un diagrama de cuerpo libre diferente aunque la fuerza a vencer es la misma en una diferente dirección, la imagen 29 muestra las fuerzas presentes al momento del rechazo del saco.

Figura 34. **Diagrama de cuerpo libre para cilindro de rechazo**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

- N es la fuerza normal entre la banda y el saco
- $F_{cil1}$  la fuerza que ejerce el cilindro 1 (detención del saco)
- $F_{cil2}$  la fuerza que ejercerá el cilindro 2 (rechazo de saco)
- $F_{e2}$  la fuerza por la fricción estática
- $F_p$  la fuerza ejercida por el peso del saco
- $F_k$  la fuerza por la fricción cinética entre la banda y el saco

Y

$$F_{e2} = F_{e1}$$


Ecuación 4

La tabla 7 muestra las características de un cilindro que podría ser utilizado para esta aplicación, es un cilindro de doble efecto; para el sistema de rechazo un cilindro con un émbolo de 32 milímetros es más que suficiente, se puede observar que la fuerza mínima a 6 bares de presión de aire es de 483 Newton y se requiere en la aplicación aproximadamente 150 Newton de fuerza para mover el saco de 50 kilogramos con un peso al límite permitido utilizando un coeficiente de fricción más alto del real.

Usualmente el cálculo de aire se hace a menos de 6 bares por si existiese algún fallo en los compresores de aire, sin embargo, en operación normal la presión se mantiene aproximadamente arriba de los 7 bares (de 90 a 100 libras sobre pulgadas cuadradas). Indica una carrera máxima de 2 000 milímetros y se necesita una carrera mínima de 0,770 milímetros.



Tabla VII. Descripción de cilindro

| Tipo   | Funcionamiento | Émbolo Ø   | Fuerza teórica con 6 bar en avance | Carrera       | Amortiguación  | Descripción   |
|--|----------------|--|------------------------------------|---------------|--|---|
| Cilindro normalizado DNCB<br> | Doble efecto.  | 32 mm,<br>40 mm,<br>50 mm,<br>63 mm,<br>80 mm,<br>100 mm | 483... 4.712 N                     | 2... 2.000 mm | PPV:<br>Amortiguación neumática regulable en ambos lados | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 15552 (ISO 6431, VDMA 24562)</li> <li>• Para la detección de las posiciones</li> <li>• A horra hasta un 11% en espacio de montaje con respecto a cilindros normalizados convencionales</li> <li>• Ranura perfilada en un costado para los detectores de posición y las conexiones del aire</li> <li>• Los detectores de posición se encuentran enrasados en la ranura perfilada</li> <li>• Vástago con rosca exterior</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Precios de materiales para proyecto

| Componente                          | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| PLC                                 | 1        | \$ 2 125,00     | \$ 2 125,00  |
| Módulo salidas digitales DO6ES7321  | 1        | \$ 213,00       | \$ 213,00    |
| Módulo entradas digitales DI6ES7321 | 1        | \$ 213,00       | \$ 213,00    |
| Sensores de final de carrera festo  | 4        | \$ 46,40        | \$ 185,60    |
| UPS 1 KVA 600 W                     | 1        | \$ 378,00       | \$ 378,00    |
| Sensor de proximidad                | 3        | \$ 233,00       | \$ 699,00    |
| Policabletubo                       | 100 m    | \$ 11,82        | \$ 1 182,00  |
| Cable señales                       | 30 m     | \$ 6,00         | \$ 180,00    |
| Cable TSJ alimentación              | 50 m     | \$ 1,58         | \$ 79,00     |
| Cilindro neumático                  | 2        | \$ 375,00       | \$ 750,00    |
| <b>Total proyecto</b>               |          |                 | \$ 6 004,60  |

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el diseño presentado el costo del proyecto es del 4 % en relación con la pérdida en una zafra por envasado de azúcar en los sacos de 50 kilogramos.
2. Se considera que en una zafra se recuperaría la inversión del proyecto.
3. El sistema es adaptable, se puede aprovechar el sistema de rechazo de sacos para la disminución de pérdidas en el envasado de sacos de 20 kilogramos, programando los pesos en las verificadoras.
4. Con la implementación de este sistema el tiempo para cargar un contenedor puede verse afectada, por la pausa que se origina al momento del rechazo de un saco.
5. El sistema asegura el peso exacto de cada uno de los sacos en el embarque, por lo que se considera más eficaz que el sistema actual.



## RECOMENDACIONES

1. Utilizar los sensores descritos en el diseño ya que fueron seleccionados por su robustez y bajo costo, basado en experiencias de personal trabajando con estos por años.
2. En el mercado se encuentra una amplia gama de controladores, este se escoge dependiendo del proceso que se desea automatizar, debido a que este sistema utiliza únicamente señales digitales, un controlador centralizado no tan robusto es suficiente para realizar el sistema.
3. Cumplir con los requisitos del fabricante de la verificadora de peso en cuanto al montaje de la misma ya que es el elemento central del sistema.
4. Realizar pruebas de rechazos de sacos para ajustar las velocidades de los conductores de los sacos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. MANDADO PÉREZ, Enrique; PÉREZ, Serafín; ACEVEDO Jorge.  
*Autómatas Programables: Entorno y aplicaciones*. Buenos Aires:  
Cengage Learning, 2004. 724 p.
2. BRADLEY, Allen. [en línea] <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/MicroLogix-1500>; Boletines 1762 y 1764. [Consulta: enero de 2014].





# **APÉNDICES**

## **MANUAL DE USUARIO**

### **RECHAZADORA DE SACOS 50 KILOGRAMOS INGENIO MAGDALENA**

Por favor lea detalladamente el siguiente contenido el cual contiene las instrucciones de operación del sistema de rechazo de sacos diseñado para Ingenio Magdalena.

El siguiente está dedicado para el personal operativo y personal administrativo dueño del proceso de envasado de sacos de Ingenio Magdalena para la operación de la rechazadora de sacos.

|  |    |
|--|----|
| Antes de empezar.....                  | 1  |
| Acerca de la unidad.....               | 1  |
| Acerca de este manual.....             | 1  |
| Características.....                   | 2  |
| Pantalla de ingreso de datos.....      | 3  |
| Botón de inicio y nuevo embarque.....  | 5  |
| Pantalla de datos actuales.....        | 6  |
| Pantalla de usuarios de línea.....     | 7  |
| Cambio de usuarios de línea.....       | 8  |
| Pantalla de estadísticas de turno..... | 10 |

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### ANTES DE EMPEZAR

#### Acerca de la unidad



#### Precaución

- No permita que esta o cualquier unidad del sistema entre en contacto con líquidos, ya que ello puede ocasionar una descarga eléctrica. Además el contacto con líquidos puede causar daños con la unida, humo y recalentamiento.
- Conserve el manual a la mano para que pueda consultar los procedimientos de operación y las precauciones cuando sea necesario.
- Si se desconecta o se descarga la unidad de energía será necesario reprogramar la hora y fecha del sistema.
- Si está unidad no funciona correctamente comuníquese con el técnico de turno o encargado de la unidad.
- No manipule ningún sensor sin el consentimiento del encargado del sistema.
- No habrá el gabinete de protección del controlador.

#### Acerca de este manual

Esta unidad viene con un sistema sencillo de utilizar con diferentes parámetros que son necesarios ingresar antes de iniciar cualquier operación en la línea de envasado, para garantizar la correcta operación del sistema. Se recomienda que el usuario se familiarice con los parámetros leyendo este manual antes de utilizar la unidad.

## Características

Esta unidad es cliente de un sistema automatizado, la cual toma los datos ingresados por el usuario para contabilizar los sacos de cada embarque y mostrará la cantidad de sacos que pasaron por la línea de envasado y cuantos de estos fueron rechazados. Es necesario que ingrese todos los datos necesarios para que el sistema funcione correctamente.

El centro de mando del sistema es un Panel View marca Allen Bradley modelo 1 500 como el que se muestra en la siguiente imagen uno.



Imagen 1

Panel View de Allen Bradley

Este es de tecnología táctil, por lo que no se necesita de *mouse* o teclado para ingresar datos al mismo. En esta se mostrarán diferentes pantallas las cuales serán:

- Ingreso de datos de embarque
- Datos actuales de embarque
- Usuarios de línea (ingreso únicamente con clave de supervisor)
- Estadísticas de turno

### **Pantalla de ingreso de datos**

En esta pantalla es donde el usuario ingresa los datos de operación del embarque en esta pantalla se encuentran los botones siguientes:

- Cantidad de sacos del lote
- No. de usuario de la línea
- Turno del usuario
- Inicio de embarque
- Nuevo embarque

Es importante que antes de iniciar un embarque de sacos se verifique que la fecha y hora del sistema concuerde con la fecha y hora actual; esta se muestra en todas las pantallas del sistema en la parte inferior izquierda. A continuación en la imagen dos se pueden apreciar la pantalla de ingreso de datos del embarque.



Imagen 2

Pantalla de ingreso de datos

Para el ingreso de los datos sólo basta con pulsar el botón azul donde se desea ingresar el dato y aparecerá el teclado en pantalla como se muestra en la imagen tres, se ingresa el dato y se presiona enter, al cerrar el teclado el dato será ingresado en la pantalla como se muestra en la imagen dos.

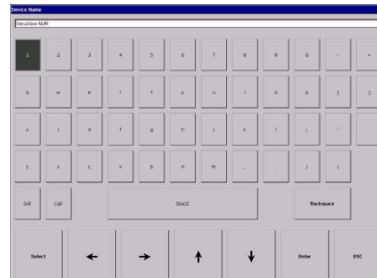


Imagen 3. Teclado

### Botón de inicio y nuevo embarque

El botón de inicio de embarque podrá ser activado hasta que el embarque anterior sea finalizado y hasta que el usuario ingrese todos los datos. De igual manera el botón de nuevo embarque sólo podrá ser activado cuando el anterior haya finalizado. En las imágenes cuatro y cinco se puede apreciar como aparecerán los botones inactivos y activos respectivamente. Al presionar inicio de embarque los botones de ingreso de datos serán desactivados y estarán activos hasta presionar el botón de nuevo embarque.



Imagen 4

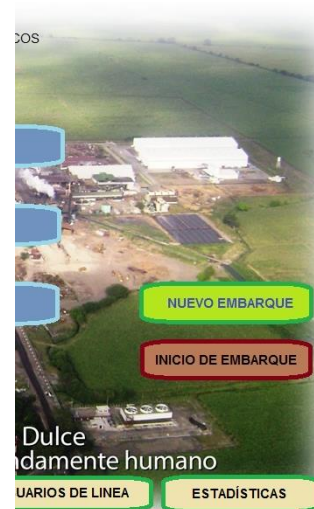


Imagen 5

## Pantalla de datos actuales

En la pantalla de datos actuales es posible ver las siguientes variables:

- No. de embarque en el turno
- Sacos ingresados con peso correcto
- Sacos rechazados del embarque actual

Estos datos serán cero cada vez que el usuario presione nuevo embarque, excepto el número de embarque del turno.

La pantalla se muestra en la imagen seis.



Imagen 6

Pantalla de datos actuales



## Pantalla de usuarios de línea

Para acceder a esta pantalla es necesario ingresar una clave, la cual será proporcionada únicamente a los supervisores, al presionar el botón de acceso se mostrará lo que se aprecia en la imagen siete junto con el teclado para ingresar la clave.

|             |
|-------------|
| Contraseña: |
|-------------|

Imagen 7

### Ingreso de contraseña

En esta se muestran los usuarios actuales de la línea de proceso, los cuales pueden ser cambiados por el supervisor al presionar el botón cambio de usuario. La imagen de la pantalla de usuarios de línea se muestra en la imagen ocho. Si el usuario no existe en el listado el botón de inicio de embarque no podrá ser activado.



Imagen 8

### Pantalla de usuarios actuales

## Cambio de usuarios de línea

Para realizar cambios de usuarios será necesario ingresar la clave de supervisor de nuevo y el sistema solicitará los siguientes datos en orden:

- Turno que desea eliminar
- Nombre de usuario nuevo
- Código de usuario

Debido a que en el día sólo existen tres turnos sólo se permite un usuario por turno y tres por línea, por lo que el turno que es eliminado toma posición de espacio para almacenar los nuevos datos en las imágenes de la nueve a la once se muestra como aparecerán los campos para ingresar los datos.



Imagen 9

Eliminación de turno



Imagen 10

Ingreso de nuevo nombre



Imagen 11

## Ingreso de código nuevo

Se recomienda que el código de tres dígitos del usuario sea de la siguiente manera como se muestra en la tabla 1:

|                |                           |                        |
|----------------|---------------------------|------------------------|
| Turno a cubrir | Penúltimo dígito de carné | Último dígito de carné |
|----------------|---------------------------|------------------------|

Tabla 1

Ejemplo de ingreso de dígitos para códigos de usuario

## Pantalla de estadísticas de turno

Esta pantalla es únicamente de visualización al igual que la pantalla de datos actuales. En esta pantalla es posible visualizar los siguientes campos:

- Turno actual
- Cantidad de embarque en el turno
- Sacos rechazados en el turno
- Total de sacos en el turno
- Fecha y hora del sistema

La pantalla de estadísticas se muestra en la imagen doce.



Imagen 12

Pantalla de estadísticas del turno