



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

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA
PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA ®**

Javier Ernesto García Pineda

Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA
PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA ®**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JAVIER ERNESTO GARCÍA PINEDA

ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, FEBRERO 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. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| 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. Armando Alonso Rivera Carrillo |
| EXAMINADOR | Ing. Mavin Marino Hernández Fernández |
| 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:

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA ®

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha mayo de 2013.



Javier Ernesto García Pineda

Guatemala, 20 de noviembre de 2013

Ingeniero
Guillermo Antonio Puente Romero
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Puente:

Me complace saludarle, haciendo referencia al trabajo de graduación titulado "AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA ®", desarrollado por el estudiante universitario Javier Ernesto García Pineda con número de carné 200815250, que como asesor apruebo el contenido del mismo.

Para su conocimiento y efectos, sin otro particular, me suscribo.


Atentamente,
Ing. Byron Arrivillaga
Asesor

Ing. Byron Arrivillaga Méndez
Col. 5217

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 03. 2014
Guatemala, 13 de ENERO 2014.

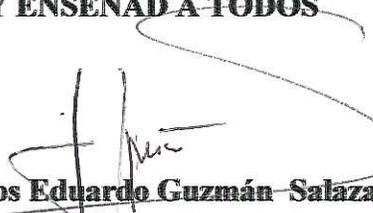
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN
LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA
ANIMALES ALIANSA ®, del estudiante Javier Ernesto García
Pineda, 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 03. 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; JAVIER ERNESTO GARCÍA PINEDA titulado: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA ®, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 28 DE ENERO 2,014.



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: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIDO DE MAÍZ EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES ALIANSA®**, presentado por el estudiante universitario: **Javier Ernesto García Pineda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 13 de febrero de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|--------------------------|--|
| Dios | Por la sabiduría, la entrega y porque sin Él nada de esto sería posible. |
| María Auxiliadora | Por su guía desde el inicio de mis estudios. |
| Don Bosco | Por ponerme en el lugar correcto. |
| Mis padres | Jaime Manuel y María Eugenia, porque siempre estuvieron a mi lado, a cada momento fueron mi mayor razón para alcanzar la meta. Por su apoyo, su ánimo, su guía y su amor incondicional a pesar de las adversidades que hemos vivido, este triunfo es más de ellos que mío. |
| Mi padrino | José Gerardo García, mi hermano, por su apoyo incondicional tanto en los momentos buenos y en especial los malos, por ser desde siempre mi ejemplo a seguir y guía en mi camino. |
| Mi hermana | Brenda Karina García, por su gran apoyo, por animarme y guiarme en todo el camino hacia la meta. |

| | |
|----------------------|--|
| Mis sobrinas | María Alejandra y María Fernanda Juárez García, por transmitirme siempre la alegría y el entusiasmo en todo momento. |
| Mis tíos | Por apoyarme y alentarme siempre hacia la meta. |
| Mis primos | Por animarme a conseguir la meta que todos queremos. |
| Mi novia | Gabriela Sicay, por darme paz en los momentos más difíciles, apoyarme y alentarme cuando más lo necesitaba y ser mi fortaleza para seguir avanzando, por darme uno y varios motivos más para conseguir la meta. |
| Mis amigos | Por estar siempre apoyándome y dándome el entusiasmo que necesitaba a lo largo de mi vida y mi carrera, especialmente a Vinicio Herrera, Hugo Orellana, Fernanda López, Rodrigo Hurtado, José Mario Lepe y Juan Antonio Arrollo. |
| Iglesia Joven | Por ser la luz que necesitaba en los peores momentos. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi alma máter e instruirme en este camino. |
| Facultad de Ingeniería | Por darme las herramientas para triunfar y conseguir mis metas. |
| Empresa Aliansa | Por la oportunidad y el apoyo en el desarrollo de este trabajo de graduación. |
| Ing. Byron Arrivillaga | Por asesorarme y apoyarme en el desarrollo de este trabajo de graduación. |
| Departamento de Matemática | Por darme la oportunidad de desarrollarme laboralmente y ser parte fundamental en el éxito obtenido. |
| Ing. César Velásquez | Por la oportunidad de realizar este trabajo de graduación y todo su apoyo en el proceso. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XVII |
| OBJETIVOS..... | XIX |
| INTRODUCCIÓN | XXI |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1. Antecedentes de la empresa | 1 |
| 1.1.1. Reseña histórica | 2 |
| 1.1.2. Misión/visión | 5 |
| 1.1.3. Servicios que realiza..... | 6 |
| 1.2. Descripción de las necesidades | 9 |
| 1.2.1. Análisis de Costo-Beneficio | 10 |
| 1.2.2. Innovación del equipo..... | 11 |
| 1.2.3. Reestructuración de su planta de producción..... | 11 |
| 1.2.4. Capacitación y adiestramiento a sus trabajadores..... | 12 |
| 1.2.5. Nuevas medidas de seguridad | 12 |
| 1.2.6. Rediseño de sus procesos | 13 |
| 1.2.7. Control automático de sus líneas de producción | 13 |
| 1.3. Priorización de sus necesidades | 14 |
| 1.3.1. Prioridad alta..... | 14 |
| 1.3.2. Prioridad media-alta..... | 15 |
| 1.3.3. Prioridad media..... | 15 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.3.4. | Prioridad baja | 16 |
| 2. | FASE TÉCNICO PROFESIONAL | 17 |
| 2.1. | Descripción del proyecto | 17 |
| 2.1.1. | Almacenamiento y extracción..... | 18 |
| 2.1.2. | Transporte inicial | 18 |
| 2.1.3. | Premolienda | 19 |
| 2.1.4. | Molienda y motores | 20 |
| 2.1.5. | Transporte final y almacenamiento en polvo | 21 |
| 2.1.6. | Diagrama de bloques | 22 |
| 2.1.7. | Gráfico..... | 22 |
| 2.1.8. | Descripción del problema | 24 |
| 2.2. | Investigación preliminar para la solución del proyecto | 24 |
| 2.2.1. | Equipo disponible | 25 |
| 2.2.2. | Innovaciones solicitadas..... | 26 |
| 2.2.3. | Recursos disponibles | 27 |
| 2.2.4. | Objetivos del sistema por parte de la empresa | 27 |
| 2.3. | Presentación de la solución del proyecto | 28 |
| 2.3.1. | Almacenamiento y extracción..... | 29 |
| 2.3.2. | Transporte | 30 |
| 2.3.3. | Premolienda | 31 |
| 2.3.4. | Molienda y motores | 31 |
| 2.3.5. | Almacenamiento en polvo | 33 |
| 2.3.6. | Diagrama de bloques | 33 |
| 2.4. | Beneficios del proyecto | 34 |
| 2.4.1. | Reducción de errores a lo largo del proceso | 34 |
| 2.4.1.1. | Intervención humana | 35 |
| 2.4.1.2. | Equipo dañado | 35 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.4.2. | Aumento de la eficiencia en la producción de materia prima a base de maíz | 36 |
| 2.4.3. | Optimización de los recursos..... | 36 |
| 2.4.4. | Mayor control sobre el proceso..... | 37 |
| 3. | FASE DE APLICACIÓN | 39 |
| 3.1. | Instalación del proyecto | 39 |
| 3.1.1. | Compra del equipo | 39 |
| 3.1.2. | Descripción del equipo comprado..... | 41 |
| 3.1.2.1. | PLC..... | 41 |
| 3.1.2.2. | Interruptores vibratorios..... | 41 |
| 3.1.2.3. | Actuadores eléctricos | 42 |
| 3.1.2.4. | Amperímetro, variador de frecuencia y dosificador..... | 42 |
| 3.1.3. | Programación del sistema | 43 |
| 3.1.4. | Preparación de la planta de producción | 46 |
| 3.1.4.1. | Habitación..... | 46 |
| 3.1.4.2. | Actuadores eléctricos | 47 |
| 3.1.4.3. | Interruptores vibratorios..... | 47 |
| 3.1.4.4. | Normas de seguridad | 48 |
| 3.1.5. | Instalación del equipo | 48 |
| 3.1.5.1. | Tiempo de instalación..... | 49 |
| 3.1.5.2. | Instalación de interruptores y actuadores | 51 |
| 3.1.5.3. | Desinstalación de panel de control | 52 |
| 3.1.5.4. | Instalación y conexión de PLC..... | 54 |
| 3.2. | Pruebas a realizar | 55 |
| 3.2.1. | Pruebas preliminares..... | 55 |
| 3.2.1.1. | Simulación | 56 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 3.2.1.2. | Prueba física | 56 |
| 3.2.2. | Pruebas finales..... | 57 |
| 3.2.2.1. | Pruebas paso a paso | 57 |
| 3.2.2.2. | Pruebas de proceso completo..... | 58 |
| 3.3. | Adiestramiento y capacitación de los empleados..... | 59 |
| 3.3.1. | Definición..... | 59 |
| 3.3.1.1. | Proceso de capacitación | 60 |
| 3.3.1.2. | Proceso de adiestramiento..... | 62 |
| 3.3.2. | Diseño del proceso de adiestramiento | 67 |
| 3.3.3. | Diseño de la capacitación..... | 67 |
| CONCLUSIONES..... | | 69 |
| RECOMENDACIONES | | 71 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 73 |
| ANEXOS..... | | 75 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Diagrama de funcionamiento..... | 22 |
| 2. | Diagrama básico del proceso | 23 |
| 3. | Diagrama de bloques proceso nuevo | 34 |

TABLAS

| | | |
|------|---|----|
| I. | Descripción del equipo comprado | 40 |
| II. | Cronograma de trabajo en sábado | 50 |
| III. | Cronograma de trabajo en domingo | 50 |
| IV. | Requisitos de un programa de adiestramiento | 66 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|--|
| HP | Caballo de fuerza |
| PLC | Programmable Logical Controller (Controlador Lógico Programable) |
| ® | Símbolo de marca registrada |
| UPS | Uninterruptible Power Supply (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) |

GLOSARIO

| | |
|----------------------------|--|
| Actuador | Dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. |
| Actuador eléctrico | Tipo de actuador en el cual la fuerza ejercida para mover otro dispositivo es una fuerza motriz eléctrica. |
| Actuador hidráulico | Tipo de actuador en el cual la fuerza ejercida para mover otro dispositivo es una presión hidráulica. |
| Actuador neumático | Tipo de actuador en el cual la fuerza ejercida para mover otro dispositivo es una presión neumática. |
| Adiestramiento | Proceso educacional a corto plazo debido a su alcance limitado, mediante el cual las personas aprenden conocimientos, actitudes y habilidades en función de objetivos definidos. |
| Algoritmo | Conjunto de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen ambigüedades. |
| Aminoácido | Unidad elemental constitutiva de las moléculas denominadas Proteína |

| | |
|--------------------------|---|
| Amperaje | Intensidad de corriente eléctrica expresada en amperios. |
| Amperímetro | Instrumento que permite medir la intensidad de corriente eléctrica, presentando directamente sobre su escala calibrada la medida deseada. |
| Amperio | Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica en el sistema internacional. |
| Arrancador suave | Dispositivo estático de arranque desarrollado para acelerar, desacelerar y proteger los motores de inducción trifásicos a través del control de la tensión aplicada en el motor. |
| Automático | Sistema capaz de realizar una acción sin intervención de un operador. |
| Automatización | Uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales. |
| Capacitación | Proceso mediante el cual se da la enseñanza del funcionamiento de un sistema. |
| Certificación ISO | Especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto o servicio. |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Controlador lógico programable | Dispositivo utilizado para automatizar procesos electromecánicos diseñado para múltiples señales de entrada y salida. |
| Cotización | Documento informativo el cual contiene precio de equipos en el mercado actual. |
| Diapasón | Dispositivo metálico con forma de horquilla diseñado para vibrar a frecuencias específicas. |
| Dosificador | Dispositivo encargado de entregar o suministrar de forma ágil la cantidad de material necesario. |
| Eficiencia | Relación entre los recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos por el mismo. |
| Elevador | Dispositivo encargado de llevar materiales a niveles más elevados dentro de la planta. |
| Empírico | Conocimiento basado en la experiencia. |
| Equipo de enfriamiento | Equipo utilizado para mantener baja la temperatura de un equipo que puede dañarse al calentarse. |
| Estruzado | Proceso de moler los materiales a utilizar. |
| Frecuencia | Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Guarda nivel | Equipo utilizado para conocer el nivel de un material dentro del Silo, posee una hélice que gira y se detiene cuando el material la alcanza enviando una señal de que se ha detenido. |
| Hardware | Se refiere a todas las partes tangibles de un sistema. |
| Innovación | Concepto utilizado en el sentido de nuevas propuestas, inventos y su implementación. |
| Interruptores vibratorios | Interruptores tipo horquilla que mediante un cristal mantienen una frecuencia de vibración constante hasta que un factor externo afecta esa frecuencia. |
| ISO 9001:2008 | Expresa todos los requisitos para un Sistemas de Gestión de la Calidad. |
| Medidas sanitarias | Todas aquellas leyes, reglamentos, prescripciones y procedimientos necesarias para proteger la vida y la salud previendo que no se introduzcan plagas o enfermedades que atenten contra el bienestar nacional. |
| Metrología | Técnica que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización. |
| Molienda | Proceso de molido de materias primas. |

| | |
|------------------------------|---|
| Motores de extracción | Tipo de motores utilizados para succionar el material de su almacenamiento. |
| Multinacional | Empresa que se constituye en varios países. |
| Optimización | Método empleado para una mejora en el rendimiento de las operaciones. |
| Oscilación | Variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. |
| Panel de control | Panel utilizado para seleccionar y dirigir las instrucciones al proceso que se lleva a cabo. |
| Parámetro | Valor variable cuyos distintos valores dan lugar a distintos casos en un aspecto de la empresa. |
| Peletizado | Preparación de cápsulas cubiertas con una capa de alguna sustancia o producto que tiene efectos deseados. |
| Proceso análogo | Proceso en el cual la mayor parte de sus variables y sus equipos son analógicos. |
| Proceso digital | Proceso en el cual la mayor parte de sus variables y sus equipos son digitales. |

| | |
|-----------------------------|--|
| Proceso industrial | Desarrollo de etapas ordenadas relacionadas entre sí que hay que atravesar para completar una operación. Basándose principalmente en la eficiencia, calidad y confiabilidad en la operación. |
| Puesta a tierra | Se emplea en las instalaciones eléctricas para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica. |
| Rediseño | Cambio en el diseño original de un proceso en base a necesidades o nuevos equipos en la empresa. |
| Reestructuración | Cambio en la estructura interna o física de una empresa. |
| Seguridad industrial | Proceso mediante el cual se establecen normas y reglas para mantener la integridad física y psicológica del personal de la empresa. |
| Semántica | Se refiere a los aspectos del significado, sentido o interpretación de signos lingüísticos como símbolos, palabras, expresiones o representaciones formales. |
| Sensores | Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. |
| Silo | Construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel. |

| | |
|------------------------------------|---|
| Símbolo de marca registrada | Símbolo que da aviso de que la palabra anterior o el símbolo es una marca comercial o marca de servicio que ha sido registrado con una oficina nacional de marcas |
| Simulación | Proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él. |
| Sintaxis | Parte de la gramática que estudia las formas en que se combinan las palabras. |
| Software | Son todas las partes lógicas o de soporte de información de un sistema. |
| Tecnificar | Introducir procedimientos técnicos en actividades donde no se empleaban. |
| Tonelada | Unidad de medida equivalente a 1 000 kilogramos. |
| Transportador | Dispositivo encargado de llevar material de un lugar a otro mediante motores y aspas rectangulares. |
| Variador de frecuencia | Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. |

RESUMEN

El trabajo de investigación presentado pretende ejemplificar la viabilidad de instalar y utilizar un proceso semiautomático en una planta de producción.

En el capítulo 1 se expresa una visión a grandes rasgos de la empresa en donde se realizará el trabajo, su historia, misión y todas las necesidades que tiene para llegar a un cumplimiento de sus objetivos, así como también una priorización de las mismas. En el capítulo 2 se analiza el proceso específico a trabajar en su funcionamiento actual en la empresa para adecuarlo a un proceso que cumpla con los requerimientos descritos en el capítulo 1 y se especifica los requisitos que deben cumplirse para llevarlo a un proceso semiautomático en base a costos, trabajos dentro de la empresa y cambios en el proceso, este capítulo también incluye un listado de los beneficios obtenidos al realizar este cambio en el proceso.

Por último, en el capítulo 3 se describe todo el proceso que debe seguirse para la instalación del equipo y del proceso dentro de la empresa, así como las pruebas que debe llevar y la capacitación que debe ser impartida a los empleados para poder utilizar eficientemente dicho proceso.

Los logros obtenidos con este trabajo de graduación son principalmente, el montaje de un proceso semiautomático en la empresa productora de alimentos Aliansa ubicada en el departamento de Escuintla, el desarrollo de una aplicación para el control del proceso, un operador capacitado en el uso del proceso y el desarrollo de una capacitación adecuada para cualquier operador que quiera utilizar el proceso.

OBJETIVOS

General

Realizar una propuesta de un proceso de automatización en el área de molido de maíz en la empresa productora de alimentos para animales Aliansa.

Específicos

1. Presentar los antecedentes, misión y la descripción completa de las necesidades de la empresa.
2. Presentar una descripción del trabajo instalado en la actualidad.
3. Realizar una propuesta de nuevos procesos que puedan ser útiles en la empresa.
4. Realizar el diseño de un proceso automatizado capaz de sustituir al proceso actual que solvante todas las necesidades dentro de la empresa.
5. Presentar una guía para el adiestramiento y la capacitación que deben recibir los empleados para utilizar el proceso automatizado.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala existe una situación grave en lo que respecta a la aplicación de la tecnología en los procesos industriales y se tiene un rechazo a lo que involucre tecnología, pensando que se desechará la parte humana de los procesos. Este problema viene desde la infancia al no recibir una educación con tecnología, existen más de 17 000 escuelas que no cuentan con laboratorio de computación, y mucho menos un maestro capacitado para impartir las clases.

Desde los inicios de los procesos industriales el uso de métodos manuales o semiautomáticos ha dominado las formas de producción con los distintos materiales utilizados. Este tipo de métodos se caracterizan por la intervención humana en casi la totalidad del proceso, lo que da lugar a errores humanos por causa de descuidos u otros factores, haciendo el proceso poco eficiente. Estos métodos dominaban en su totalidad hasta hace pocos años donde se han introducido métodos llamados automáticos a las industrias. Estos procesos descartan las intervenciones humanas y son reemplazados por dispositivos capaces de realizar las tareas necesarias para la producción y el trabajo con las materias primas.

En general, desde la aparición de la automatización las empresas se han inclinado a realizarla en todas sus líneas de producción para aumentar la eficiencia y la confiabilidad de ellas. En algunos casos se hace lo posible para no reducir o recortar el personal debido a este proceso. Sin embargo, existen empresas que uno de sus objetivos principales es reducir gastos de sueldos o planillas lo cual beneficia a la empresa en sus ingresos mensuales pero al mismo tiempo aumenta la tasa de desempleo y afecta al gremio trabajador.

En este trabajo de graduación se realiza un análisis de una automatización de un proceso industrial, esto es, la conversión desde su funcionamiento totalmente manual basado en equipo controlado en su totalidad por uno o varios operadores humanos, a un proceso semiautomático con un cerebro computarizado con casi ninguna intervención por parte de los trabajadores de una empresa capaz de llevar a cabo todas las tareas determinadas en su planta de producción; incluido el proceso de planteamiento, diseño y una propuesta de los pasos a seguir para la puesta en ejecución del sistema.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Como primer paso para el desarrollo de un proceso industrial, análogo o digital, sea al momento de la instalación, el diseño o simplemente al realizar una evaluación, para conocer su funcionamiento y continuar al desarrollo o mejora del mismo, se debe realizar una fase previa, la cual consiste en conocer a profundidad la empresa o institución en la que se realizará el trabajo para así poder obtener una referencia exacta de donde quiere dirigir la empresa su producción o con qué fines se quiere desarrollar el trabajo y con esto adecuar el proyecto a las necesidades específicas de la empresa.

A continuación se presenta una descripción y detalle de los puntos más importantes de la empresa en donde se llevará a cabo el proyecto.

1.1. Antecedentes de la empresa

La empresa donde se realizará el proyecto lleva el nombre de empresa productora de alimentos para animales Aliansa, la cual cuenta con varias plantas de producción ubicadas a lo largo de distintos países de Centro América y la planta donde se instalará el proceso esta ubicada en el kilómetro 60,5 carretera a Siquinala, Escuintla, la cual es la planta más importante de la empresa en Guatemala. Su historia y la descripción de sus procesos se describen en los apartados siguientes.

1.1.1. Reseña histórica

Aliansa es una empresa multinacional con más de 50 años de servicio en el mercado de alimentos para animales. Dentro de este ámbito la grandeza de Aliansa se mide por su historia, su experiencia y su calidad, Aliansa ha crecido y se ha tecnificado posicionándose durante más de 50 años como líder indiscutible de alimentos para animales en Centro América.

Comenzó en 1960, cuando un grupo de empresarios visionarios creó Aliansa en El Salvador, con su constante desarrollo técnico y crecimiento motivó a una expansión regional que a la fecha incluye fabricas tecnificadas con la marca Aliansa en Guatemala, Honduras, Costa Rica y El Salvador perteneciendo a la división industrial pecuaria de la corporación Multi Inversiones.

Debido a la preferencia de miles de clientes y a la demanda del mercado a nivel centroamericano la empresa ha ido crecido y diversificado, produciendo una amplia gama de alimentos para aves, ganado, cerdos, caballo, conejo, tilapia y perros siendo cada una de las líneas de alimentos completa para todas las etapas de la vida productiva de los animales. Todos los alimentos producidos por Aliansa contienen materias primas nacionales, de diversos sectores del país, e internacionales certificados de la más alta calidad realizándoles estrictos controles de manera que cumplan las especificaciones solicitadas.

Todos los alimentos producidos son sometidos a una serie de análisis, después de su elaboración de manera que el empaque y distribución solo se realice después que el laboratorio ha dado su visto bueno para poder comercializar.

En la actualidad se tienen los laboratorios más completos de la región contando con equipos y procesos de la más alta tecnología y con un personal altamente capacitado.

El éxito que Aliansa ha tenido en estos años de existencia es fruto del esfuerzo y entrega de cientos de empleados a nivel centroamericano. Un esfuerzo basado en la confianza otorgada por parte de la empresa y el orgullo de pertenecer a una empresa que desde sus inicios ha sido uno de los líderes en la producción de alimentos para animales en la región.

Como rutina diaria desde muy temprano todas las áreas de trabajo en todos los países inician su ciclo de producción; para ello se cuenta con los equipos más modernos, sofisticados y con un personal altamente calificado y entregado a su función de producir y comercializar alimentos de máxima calidad en todas las áreas de la empresa. Para conseguir esta calidad se ha implementado un programa de buenas prácticas de manufactura, el cual ha servido para mejorar la seguridad industrial y las medidas sanitarias de los procesos productivos. Las plantas de elaboración de producto por los grandes volúmenes de producción cuentan con un sistema de captación de polvos y contaminantes colaborando de esta forma con el mantenimiento del medio ambiente.

En Aliansa se ha contribuido activamente a lo largo de los años al desarrollo social y económico de cada uno de los países donde esta presente, generando más de 700 empleos directos en cada una de las plantas de alimentos y miles de empleos indirectos dinamizando la economía regional y aportando a disminuir la tasa de desempleo en cada uno de los países mencionados.

Buscando la eficiencia máxima en todos los procesos de producción y comercialización se alcanzó en el 2008 la certificación ISO 9001:2008 convirtiéndose así en la primera empresa de alimentos para animales en la región centroamericana con un sistema de gestión de calidad certificado, gracias a esto se han reforzado los controles metrológicos en la producción lo que garantiza aún más que todos los parámetros productivos cumplan con las exigencias establecidas de manera que se obtengan productos de máxima calidad.

En estos 50 años se ha incrementado el volumen de producción de las plantas de elaboración de producto superando los 2 millones de quintales mensuales en Centro América, confirmándose la preferencia de grandes clientes a nivel regional.

Actualmente se cuenta con una cadena de distribución altamente eficiente y con amplia cobertura en todos los países del istmo centroamericano lográndose un fácil acceso a los productos en casi toda el área de los países en los que se encuentra presente la empresa.

En estos 50 años la marca Aliansa ha sido pionera en el uso de la tecnología en la producción de alimentos habiendo sido los primeros en producir alimentos peletizados y actualmente se mantiene a la vanguardia con el uso de moderna maquinaria en la producción de alimentos estruzados. La empresa y sus productos en estos 50 años se han diferenciado por haber obtenido los mejores resultados en las diferentes etapas de la alimentación de los animales caracterizándose por ir varios pasos delante de sus competidores, se cuenta con programas sofisticados de formulación de alimentos entre ellos, formulación en base a aminoácidos y automatización completa de la mayoría de los procesos por lo que se minimizan los errores garantizando así la calidad.

En Aliansa se tiene una meta de ver hacia el futuro y encaminarse a un mayor crecimiento exigiéndose la máxima calidad en alimentos para animales a lo largo de los años.¹

1.1.2. Misión/visión

“Somos la empresa centroamericana más sólida, con mayor experiencia y capacidad en la fabricación de alimentos para animales. Pertenece al área de piensos de la división industrial pecuaria de Corporación Multi-Inversiones, con operaciones en Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Belice. Contamos con la tecnología más avanzada para brindar máxima calidad en nuestros alimentos y así, nuestros clientes obtengan los mejores rendimientos en su producción.

Contamos con una amplia línea de productos entre los que se encuentran alimentos para aves de engorde, aves de postura, cerdos, ganado lechero, ganado de engorde, conejos, camarones, tilapia, caballos, mascotas. Adicionalmente ofrecemos pollito de un día y materia prima. Tenemos mayoristas en los cuatro puntos cardinales, lo que nos brinda una mayor cobertura geográfica con el objetivo de estar más cerca de los centros de producción de nuestros clientes. Todos los alimentos son comercializados bajo la marca ALIANSA, sinónimo de solidez, experiencia, capacidad, respaldo, alta calidad, confianza, precio razonable, tecnología de punta, amplia cobertura geográfica, asesoría técnica profesional y elevado nivel de servicio.”²

¹Folleto: “Empresa productora de alimentos Aliansa: Historia” Enlace Web: <http://concentradosaliansa.com/>. Consulta: 7 de julio de 2013

²Folleto: “Empresa productora de alimentos Aliansa: Compromisos” Enlace Web: <http://concentradosaliansa.com/>. Consulta: 9 de julio de 2013

1.1.3. Servicios que realiza

Se cuenta con un sistema especializado de producción y distribución de alimentos para animales, tanto de granja como mascotas, y una producción y distribución de materia prima en las categorías y subcategorías que se describen a continuación:

- Aves
 - Aves engorde
 - Alto rendimiento
 - ✓ Iniciación engorde
 - ✓ Finalizador engorde plus
 - Rendimiento estándar
 - ✓ Aliengorde 1
 - ✓ Aliengorde 2
 - Línea económica
 - ✓ Econocrío
 - Aves postura
 - Alto rendimiento
 - ✓ Iniciación polla
 - ✓ Desarrollo polla 1
 - ✓ Desarrollo polla 2
 - ✓ Súper postura Aliansa
 - ✓ Postura Aliansa fase 1
 - ✓ Postura Aliansa fase 2
 - Rendimiento estándar
 - ✓ Aliponedora 1
 - ✓ Aliponedora 2

- Ganado
 - Alto rendimiento
 - Crecelac Aliansa
 - Crecelac preinicio Aliansa
 - Desarrollo novilla Aliansa
 - Híper lechero Aliansa 22
 - Híper lechero Aliansa 18
 - Híper lechero Aliansa 16
 - Rendimiento estándar
 - Alilechero 15
 - Alilechero 14
 - Línea económica
 - Econoganado
 - Economix
 - Econolechero

- Cerdos
 - Alto rendimiento
 - Vitacerdito Aliansa
 - Vitacerdito Aliansa 1
 - Vitacerdito Aliansa 2
 - Vitacerdito Aliansa 3
 - Vitagestación Aliansa
 - Vitalactancia Aliansa
 - Rendimiento estándar
 - Alicerdo 1
 - Alicerdo 2
 - Alicerdo 3

- Línea económica
 - Econocerdo

- Mascotas
 - Alican
 - Alican cachorro
 - Rambocan
 - Rufo

- Caballos
 - Caballo especial 16
 - Caballo especial 14

- Conejos
 - Alimento para conejos

- Tilapia
 - Alto rendimiento
 - Fontana 38
 - Fontana 36
 - Fontana 28
 - Rendimiento estándar
 - Línea económica

- Camarón
 - Bahía 35
 - Bahía 32
 - Bahía 27
 - Bahía 22

- Materia prima y premezclas
 - Materia prima
 - Maíz amarillo USA
 - Harina de soya USA 48 %
 - Premezclas

1.2. Descripción de las necesidades

En base a lo establecido y descrito en la misión y visión que posee la empresa productora de alimentos para animales Aliansa es necesario para sus estándares de calidad estar al día con los avances tecnológicos disponibles en el mercado para sus diferentes procesos, los cuales son llevados a cabo en las distintas plantas de producción que posee a lo largo del país. También, tienen un equipo adecuado que este de acuerdo a la exigencia propuesta por parte de la empresa con sus clientes y las exigencias que presenta el mercado actual.

Para lograr estar al día con los avances tecnológicos se requiere un proceso de revisión amplio y completo, el cual involucra un análisis específico y detallado de los puntos donde se tienen las necesidades sobresalientes que se deben satisfacer, o necesidades de primer orden. También, necesidades de menor importancia, o necesidades de segundo orden, que irán surgiendo al momento de proponer las soluciones y ambos tipos de necesidades deberán ser satisfechas en conjunto para lograr la mejor solución aplicando la tecnología adecuada. Una descripción detallada de dicho análisis se presenta a continuación:

1.2.1. Análisis de Costo-Beneficio

El primer paso para el cambio propuesto por la empresa es un análisis de los costos que involucran todas las necesidades que se tienen que solventar para llevar a cabo el cambio y los beneficios que se presentarán. Este análisis se realiza en base al costo, tanto económico como de personal, que se esperaría de este cambio, para luego realizar una comparación contra el beneficio que otorgaría a la empresa como tal.

Sin embargo, el costo no debe basarse sólo de cotizaciones de precios de venta de equipos o en salarios de empleados contratados, es un análisis completo el cual toma todos los aspectos que influirán en los costos, basado en un estudio realizado por un ingeniero capacitado para ello, o bien un economista calificado y con conocimiento del tema, el cual describe todo lo necesario para realizar el cambio así como también si es viable o no. La viabilidad del proyecto se determina en base a la relación costo-beneficio la cual establecerá si vale la pena.

Dicho análisis escapa a los alcances propuestos en el presente trabajo por lo cual no se presenta y se expone una conclusión del mismo. Luego de haberse realizado el análisis por un ingeniero conocedor del tema consultado por la empresa Aliansa se llegó a la conclusión de que el trabajo es viable y necesario para una mejora en la producción de la empresa, así como también, que el costo será recuperado en su totalidad y se aumentará la ganancia de la empresa.

1.2.2. Innovación del equipo

Los avances en la tecnología afectan en primera instancia al equipo que se utiliza en las líneas de producción de la empresa debido a que la mayor parte de los equipos o de las instalaciones y del software que poseen se vuelven desactualizados, por lo tanto, un cambio cada cierto tiempo por modelos más recientes ayudará a mantener el estándar de tecnología estipulado por la empresa.

Al momento de referirse a un cambio por modelos más recientes no quiere decir que el equipo deba cambiarse con una frecuencia elevada ni tampoco que sea necesario cambiar el equipo en su totalidad. Se refiere a que puede existir una actualización de hardware o bien una actualización del software del equipo que sea capaz de mejorar su funcionamiento alcanzando los estándares estipulados por la empresa y por sus clientes. Los cambios en totalidad del equipo solo se deben realizar cuando el equipo ya es totalmente obsoleto en el proceso que realiza o bien cuando ya por desgaste o mal uso se ha dañado o se ha descompuesto.

1.2.3. Reestructuración de su planta de producción

Una vez se ha adquirido nuevo equipo o bien nuevas actualizaciones para los equipos ya existentes tanto en software como en hardware, la planta de producción debe ser adecuada en todas sus instalaciones para poder mantenerlo, es decir, se debe contar con equipo adecuado tal como equipo de enfriamiento, como aire acondicionado, y de seguridad entre otros elementos para asegurar el funcionamiento óptimo esperado para el equipo que será instalado.

Es por esto que se debe analizar si el equipo esta contenido de manera adecuada dentro de las instalaciones y si la estructura de la planta de producción es la adecuada, para así poder realizar los cambios que se consideren pertinentes para un funcionamiento óptimo del nuevo proceso.

1.2.4. Capacitación y adiestramiento a sus trabajadores

Para poder utilizar de manera correcta y eficiente el nuevo equipo y las nuevas instalaciones el personal de la planta de producción debe ser capacitado y adiestrado por conocedores del equipo y de los sistemas capaces de enseñar a los trabajadores. Esta capacitación no debe dirigirse solo a los trabajadores del área afectada, debe dirigirse a todo el personal de la planta para que todos obtengan el conocimiento del funcionamiento y los cambios existentes en él y todos puedan realizar distintos aportes al proceso. Tampoco debe ser dirigido solo al funcionamiento del proceso en sí, sino también al funcionamiento de los distintos equipos que serán instalados.

1.2.5. Nuevas medidas de seguridad

Al momento de implementar nuevos equipos en la planta de producción y realizar cambios en la estructura de sus procesos las medidas de seguridad, se deben variar tanto las que están dirigidas hacia el personal como las que están dirigidas hacia el equipo y para ello se debe acudir al personal especializado en seguridad industrial, que se encuentra en la empresa, para que se encargue de la actualización de las medidas tanto a las personas como los distintos equipos estén resguardados.

Se debe establecer una mayor prioridad en las medidas de seguridad dirigidas al personal de la empresa por sobre las dirigidas a los equipos, esto debido a que tiene un mayor valor el personal en cualquier cambio que se realice dentro de una empresa.

1.2.6. Rediseño de sus procesos

La mayoría de empresas basan sus procesos en tiempos de producción o en nivel de producción para establecer una medida de la eficiencia de sus líneas y para establecer una referencia empírica de la duración del proceso. Si se cambia el equipo por uno más reciente, en general, se espera que aumente su eficiencia reduciendo así sus tiempos de producción, por lo tanto se debe hacer un nuevo diseño de las medidas empleadas en base a los nuevos tiempos programados en los equipos.

Por ejemplo, si un silo tarda 14 minutos en vaciarse por completo con el proceso actual y con un nuevo proceso tarda 12 minutos, esos 2 minutos se deben adaptar en los procesos siguientes para evitar errores y obtener el nuevo nivel de producción dentro de la planta.

1.2.7. Control automático de sus líneas de producción

Conforme avanza la tecnología, el control automático de los procesos se convierte en la forma más común de trabajo en las plantas de producción modernas. Al ritmo de avance que lleva, pronto dejará de ser un lujo para convertirse en una necesidad dentro de las plantas de producción de las empresas alrededor del mundo.

Para poder cumplir con sus objetivos la empresa necesita una automatización completa del proceso para un mejor control de los equipos y una mayor eficiencia en sus líneas. Este tipo de proceso requiere una actualización tanto en software como en hardware en los equipos instalados así como también un adiestramiento y capacitación para todos los empleados de la planta.

1.3. Priorización de sus necesidades

Al tratarse de una actualización dentro de la planta de producción de la empresa ciertas necesidades adquieren una mayor prioridad que otras de ellas. Por lo tanto, se debe establecer un orden específico de cómo se irán trabajando las necesidades que se establecen en la empresa. El orden no se basa en la importancia que tengan las necesidades ya que todas adquieren una misma importancia al momento de trabajar en ellas, se basa en el orden que se debe seguir al momento de llevarlas a cabo para mantener una secuencia correcta de los pasos descritos y producir un resultado más eficientemente. En esta sección, se realizará una clasificación de las necesidades en base a su prioridad. Quedando clasificadas como se explica a continuación:

1.3.1. Prioridad alta

En base a lo descrito en el apartado anterior al realizar una descripción de las necesidades, la única necesidad que adquiere una alta prioridad en su desarrollo y por ende una mayor importancia en el proceso es el análisis costo-beneficio. Esto debido a que es el primer paso que debe llevarse a cabo en toda empresa al momento de realizar un nuevo proyecto para poder determinar la viabilidad del mismo. Es por esto que fue el primer paso realizado y al obtener los resultados se observa que el proceso es viable y muy útil para la empresa.

1.3.2. Prioridad media-alta

Luego del estudio realizado y habiendo determinado que el proyecto es viable son necesarios dos pasos para continuar el proyecto, siendo estos la innovación del equipo así como también la reestructuración de su planta de producción. Una vez se analizó el beneficio que obtiene, se procede a comenzar a realizar el proyecto y para comenzar a realizarlo se debe adquirir el equipo necesario. Luego de realizar las distintas cotizaciones y análisis de que es más favorable para la empresa, y al mismo tiempo adecuar la planta para poder contenerlo y hacerlo funcionar en óptimas condiciones.

1.3.3. Prioridad media

Al haber adquirido el equipo y adecuar la planta para poder contenerlo, se procede a realizar de nuevo dos pasos de manera simultánea, siendo uno de ellos el rediseño de sus procesos que va entrelazado con el segundo paso a realizar el cual es el control automático de sus líneas de producción.

Estos son los siguientes pasos para continuar con la meta propuesta por la empresa, debido a que con los nuevos equipos es necesaria una adecuación de los procesos utilizados con anterioridad y van entrelazados. El control automático entra como parte de ese rediseño y como parte de una automatización para la empresa con la cual se espera una mayor eficiencia en la planta de producción.

1.3.4. Prioridad baja

Los últimos pasos a realizar, cuando el equipo ya está listo para su uso y el proyecto está en proceso de instalación y pruebas, son la capacitación y adiestramiento a los trabajadores y la disposición de nuevas medidas de seguridad en la planta. Es decir, ya una vez el equipo sea utilizable se debe capacitar, adiestrar y asegurar a los empleados para poder utilizarlo de manera correcta.

Este paso se deja de último no porque el personal sea el menos importante, sino porque hasta el momento de tener el equipo listo y el proceso funcionando se puede adiestrar y capacitar a los empleados para su uso y hasta tener una estructura total del funcionamiento del nuevo proceso, se pueden disponer de nuevas medidas de seguridad para protección de los empleados y los equipos.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

Una vez se conoce la estructura interna de la empresa donde se realizará el trabajo así como su misión, visión, el tipo de producción que realiza y una distribución de sus necesidades, se analiza el funcionamiento específico y detallado únicamente del proceso de molido de maíz en la planta de producción y se expone también de manera específica y detallada los cambios a realizar a dicho proceso para su actualización y nuevo funcionamiento de manera que cumpla con los requerimientos de la empresa y se adecúe a la misión y visión que propone la empresa para sus clientes.

A continuación se presenta un detalle del análisis realizado previo a la instalación del nuevo proceso, se contiene un detalle del proceso solicitado por parte de la empresa en la actualidad y de la solución propuesta la cual abarca las necesidades antes detalladas.

2.1. Descripción del proyecto

El procesamiento que lleva la materia prima de a base de maíz en la empresa productora de alimentos para animales Aliansa desde el almacenaje del maíz en grano tal y como lo llevan y descargan los camiones de materia prima, pasando por todo su proceso de limpieza y de molienda, hasta su almacenaje en polvo funciona con base en una clasificación detallada de 5 pasos principales, dicha clasificación se describe de la siguiente manera:

2.1.1. Almacenamiento y extracción

El proceso comienza en los silos de almacenamiento, los cuales contienen el maíz a granel el tiempo necesario desde su llegada a la planta de producción hasta su proceso de molido, cuidando que no exceda el tiempo de vida del maíz; la empresa posee 12 silos Lemanco ® de 40 000 toneladas los cuales llevan los números de referencia 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 y 87 que sirven únicamente para referencia interna de la empresa.

Se extrae el maíz de los silos de almacenamiento por medio de motores de extracción, mejor conocidos como bazucas ubicados en la base del silo, estos reciben las señales del panel de control para el cual el operador por medio del equipo instalado selecciona el silo específico al cual se le quiere extraer el maíz.

Los 12 silos están destinados a almacenamiento de maíz, lo cual hace necesario verificar si contiene o no maíz. Para saber si el silo esta lleno o no, el personal de la planta revisa cada silo de forma presencial para comprobar que se pueda extraer y un aproximado de la cantidad que posee ya que si se intenta extraer maíz de un silo vacío se puede dañar el motor.

2.1.2. Transporte inicial

El maíz a granel luego de ser extraído de los silos es colocado en caminos dedicados llamados transportadores, los cuales al igual que los silos de almacenaje poseen un número de referencia para uso interno de la empresa. Los motores de extracción de los silos 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 y 84 colocan el maíz en el transportador T14; y los motores de extracción de los silos 85, 86 y 87 lo colocan en el transportador T25.

Los transportadores T14 y T25 se unen en un solo transportador, el T15A el cual es el encargado de transportar el maíz hacia un elevador, el elevador E6, encargado de llevar el maíz hacia la parte superior de la planta de producción al proceso de premolienda. Todos los motores involucrados en el proceso, tanto de los transportadores como del elevador son controlados por el operador por medio de señales eléctricas a cada uno de ellos enviadas por su panel de control.

2.1.3. Premolienda

Al ser llevado el maíz al proceso de premolienda se realiza en él un proceso de limpieza, dejándolo siempre en grano pero limpio del polvillo que se crea en el viaje y al ser guardado, se separa el polvillo para su respectivo almacenamiento, ya que luego se le dará un uso dentro de la empresa, y se toma por un camino aparte el maíz para luego almacenarlo en uno de los 3 silos de premolienda, los cuales llevan los números 1, 2 y 3 para referencia interna.

El motor utilizado en este proceso conocido como zaranda, se enciende y mantiene su funcionamiento cada vez que llega un nuevo contenido de maíz, a dichos silos se lleva el maíz por caminos dedicados por los cuales se transporta el maíz por medio de gravedad. El silo es seleccionado por el operador por medio del equipo ubicado en su panel de control, un guarda nivel indicará cuando el silo este lleno o cuando este disponible para almacenamiento con una señal eléctrica conectada al panel de control la cual se mostrará por un indicador luminoso en el panel.

2.1.4. Molienda y motores

Se extraerá el maíz de los silos de premolienda debido a que estos silos están en un nivel superior, solo se abre de forma manual el camino que los conecta y por gravedad se saca del silo el maíz, y se llevará por medio de caminos dedicados a uno de los 3 molinos disponibles. Cada uno de 210 caballos de fuerza (HP), la selección del molino la realiza el operador abriendo el camino indicado al molino que él determine en base a su conocimiento del proceso y cerrando todos los demás caminos para no dar lugar a problemas. En caso de que sea mucha la demanda de materia prima dos molinos pueden estar funcionando al mismo tiempo. Cada silo tiene camino disponible para cualquiera de los 3 molinos disponibles.

Cada uno de los molinos cuenta con lo siguiente:

- Un arrancador suave, el cual funciona al momento de encender o arrancar el motor para su protección.
- Un dosificador, el cual controla el flujo de entrada de maíz al molino controlado desde el panel de control por el operador dependiendo de las necesidades de producción.
- Un amperímetro, el cual mide el amperaje del motor que debe estar en un valor cercano a los 200 amperios para un funcionamiento correcto debido a las características de los molinos, dando la señal respectiva al panel de control para su verificación.

- Un variador de frecuencia conectado al dosificador, el cual varía el flujo de entrada al molino dependiendo el amperaje medido, el control de la señal del variador de frecuencia la realiza el operador por medio de la señal que reciba del amperímetro, sabiendo que si se encuentra debajo de 200 amperios debe subir por medio de un control manual. Realizar el proceso contrario en caso de que se encuentre sobre los 200 amperios.

2.1.5. Transporte final y almacenamiento en polvo

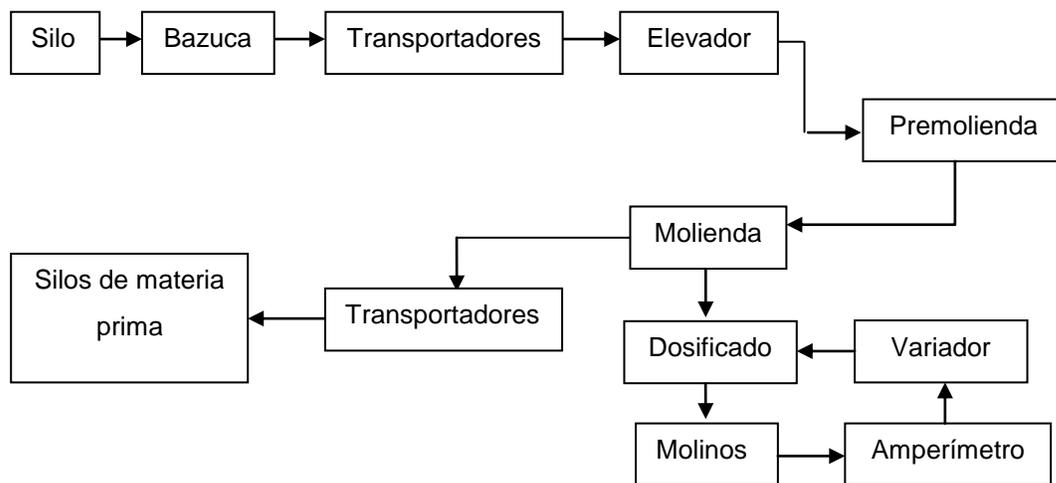
Luego de su paso por los motores para el proceso de molido, el maíz en polvo es depositado en un transportador, el cual a su vez deposita el maíz en un segundo transportador que lo llevará a uno de los silos de materia prima. Se almacena el producto final del proceso de molido, siendo este procedimiento controlado por operador por medio del panel de control.

Existen 12 silos de materia prima divididos en 2 grupos de 6 cada uno. Un grupo para maíz en polvo y el otro para las demás materias primas necesitadas en la empresa. Para la selección del silo, el operador la realiza desde su panel de control de acuerdo a las necesidades de la planta, ya sea para uso interno o para venta, y también de acuerdo a la disponibilidad de los silos, para ello, al igual que en premolienda, un guarda nivel instalado en cada silo indica si está lleno o no el silo por medio de una señal eléctrica mostrada por un indicador luminoso en el panel de control.

2.1.6. Diagrama de bloques

El diagrama que se presenta a continuación representa el proceso que lleva el maíz en la actualidad descrito con detalle anteriormente. Para una mayor facilidad de entendimiento del diagrama, las flechas de color negro representan el camino y la dirección que sigue el maíz durante el proceso que se lleva.

Figura 1. Diagrama de funcionamiento

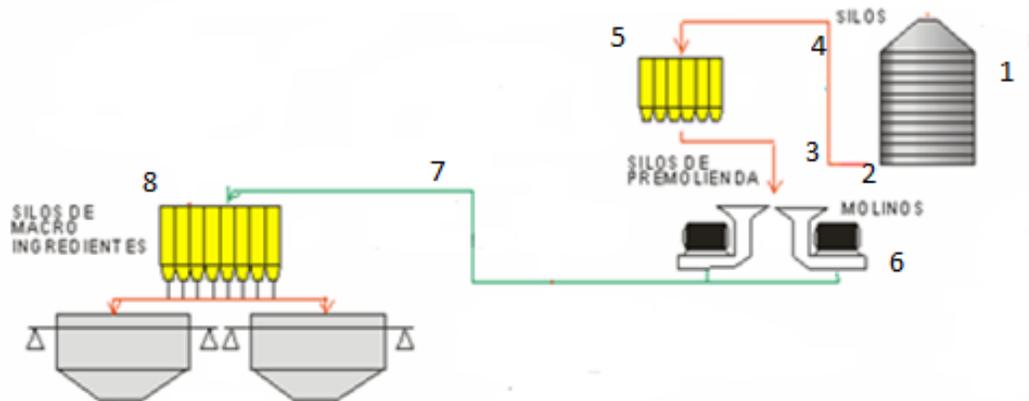


Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Gráfico

El diagrama presentado a continuación representa el proceso que se sigue en el molido de maíz en la empresa. Dicho diagrama fue proporcionado por la empresa el cual es usado internamente.

Figura 2. Diagrama básico del proceso



Fuente: empresa productora de alimentos para animales Aliansa.

Cada número que aparece en el diagrama básico del proceso fue asignado a una de las etapas descritas anteriormente como se especifica a continuación:

- Silo de almacenaje maíz en grano (1)
- Motor de extracción bazuca (2)
- Transportador (3)
- Elevador (4)
- Premolienda (5)
- Molienda (6)
- Transportador de salida (7)
- Silos de materia prima (8)

2.1.8. Descripción del problema

El proyecto descrito tiene como uno de sus problemas principales a todo el proceso controlado únicamente por un operador, el cual, como cualquier humano, puede cometer errores. En este caso, afectaría a toda la planta de producción y podría en un caso extremo detener la producción de la empresa.

Además, si esta persona no esta por algún motivo, nadie tiene la experiencia para poder controlar el proceso, lo cual dejaría detenida la producción. Esto último debido a que el panel de control se vuelve complicado de manejar en cierto punto y dicho operador, en base a su experiencia, es el más calificado para su manejo. Es decir, el problema es que una sola persona se haya dedicado a controlar y estudiar todo el proceso ya que si esta persona no esta, no se puede realizar el proceso de manera eficiente, así como también, si esta persona introduce un error al proceso, se acarreará en todo el sistema.

2.2. Investigación preliminar para la solución del proyecto

Previo al diseño de una la solución adecuada al proyecto, se debe realizar una investigación preliminar abarcando todo el equipo y los recursos disponibles en la empresa, así como también, un análisis de los objetivos que se espera alcanzar con el proceso y los cambios a realizar dentro de la empresa.

2.2.1. Equipo disponible

Previo a la realización del proyecto es necesario realizar un inventario de todo el equipo disponible, así como el estado en el que se encuentra el proceso. Luego de realizado, se ha obtenido el siguiente resultado:

- Ya existen motores de 200 HP diseñados para rotación en el proceso de molienda y de movimiento horizontal en el proceso de premolienda. Los motores se encuentran instalados y todos están funcionando de manera correcta.
- Los transportadores y elevadores utilizados a lo largo del proceso funcionan correctamente.
- Los motores de extracción se encuentran funcionando en todos los silos de almacenaje.
- Cada motor del proceso de molienda cuenta con un arrancador suave, un amperímetro, un dosificador y un variador de frecuencia, los cuales por vejez ya no se encuentran en óptimas condiciones.
- La mayor parte del cableado necesario para el proceso ya se encuentra distribuido a lo largo de la planta de producción y su funcionamiento es adecuado.
- Los silos de almacenaje, premolienda y materia prima se encuentran en buen estado.

- Existe un guarda nivel funcionando en todos los silos de materia prima y premolienda.

2.2.2. Innovaciones solicitadas

La empresa luego de revisar un inventario completo del equipo disponible y que puede ser usado de manera adecuada en el nuevo proceso solicita los siguientes cambios:

- Reemplazar el panel de control actual, análogo, por un sistema automático basado en la instalación de un PLC como cerebro del sistema.
- Instalación de sensores en los silos de almacenaje para determinar si el silo contiene maíz o no.
- Instalación de actuadores para abrir o cerrar los caminos dirigidos de los silos de premolienda al proceso de molienda.
- Adecuación de la habitación donde se encuentra el panel de control para poder contener al PLC y a la computadora necesitada para el control gráfico en óptimas condiciones.
- Cambio en cada motor del proceso de molienda del amperímetro, el dosificador y el variador de frecuencia.

2.2.3. Recursos disponibles

Aparte al equipo disponible dentro de la empresa Aliansa, en base a las especificaciones presentadas y las innovaciones solicitadas en su planta de producción, cuenta con un capital máximo de Q500 000,00 para gastos en compra de equipo e instalación y reparación a los que lo necesiten. Este capital no incluye gastos de mano de obra para la instalación del proyecto debido a que se usará al personal de mantenimiento e instalación, contratado de manera regular en la empresa.

2.2.4. Objetivos del sistema por parte de la empresa

Luego de la instalación adecuada del proceso completo con las innovaciones detalladas la empresa Aliansa, esperaría los siguientes resultados:

- Reducción significativa de todo tipo de errores a lo largo del proceso, tanto humanos como de equipo.
- Aumento de la eficiencia en la producción de materia prima a base de maíz y reducción en los tiempos de producción.
- Optimización de los recursos.
- Mayor control sobre el proceso.
- No dependencia a un solo trabajador para la realización del proceso.

- Un proceso el cual permita una futura actualización o ampliación en base a las necesidades que vayan surgiendo dentro del sistema y dentro de la empresa.

2.3. Presentación de la solución del proyecto

La solución propuesta a los problemas descritos (apartado 2.1) es automatizar el proceso para que así no se dependa en su totalidad de una persona, ni recaiga la responsabilidad solo en él, es decir, agregar al sistema un cerebro electrónico el cual controle la mayor parte del proceso con pocas intervenciones de parte del operador. Para dicho proyecto se propone emplear un Controlador Lógico Programable (PLC) como cerebro del proceso, el cual es un controlador industrial capaz de soportar procesos de este calibre.

El proceso es conocido como semiautomático dado que necesitará de una persona para pequeñas tareas de control tales como selección de silos o de molinos, entre otros. Y para ello cuenta con un despliegue gráfico, semejante al panel de control utilizado actualmente por parte del software del PLC para realizar de manera más cómoda sus selecciones.

El proceso completo a pesar de las actualizaciones que se van a realizar se sigue estructurando en 5 partes principales al igual que el instalado, las cuales detallando su nuevo funcionamiento y sus nuevas capacidades se describen a continuación:

2.3.1. Almacenamiento y extracción

El proceso comienza en los silos de almacenamiento, los cuales contienen el maíz a granel el tiempo necesario desde su llegada a la planta de producción hasta el momento de realizar su proceso de molido, cuidando que no exceda el tiempo de vida del maíz. La empresa posee 12 silos Lemanco ® de 40 000 toneladas los cuales llevan los números de referencia 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 y 87 que sirven únicamente para referencia interna de la empresa.

Se extrae el maíz de los silos de almacenamiento por medio de motores de extracción, mejor conocidos como bazucas, ubicados en la base del silo, que son activados por medio de señales eléctricas. Estos reciben las señales del PLC para el cual el operador por medio de la interfaz gráfica selecciona el silo específico al cual se le quiere extraer el maíz.

Los 12 silos están destinados al almacenamiento de maíz en grano lo cual hace necesario verificar si contienen o no producto, para ello se instalaron interruptores vibratorios igualmente separados desde la base hasta el punto más alto, en cada uno, para comprobar de esta manera si contiene material que se pueda extraer y un aproximado de la cantidad que posee, estos interruptores se activan cuando el contenido llega a la altura en que se encuentran instalados enviando una señal al PLC, logrando así determinar la cantidad de producto disponible. Se instalaron los interruptores debido a que al intentar extraer maíz de un silo vacío puede ocasionar daños al motor.

2.3.2. Transporte

El maíz a granel, luego de ser extraído de los silos, es colocado por los motores de extracción en caminos dedicados, llamados transportadores, los cuales al igual que los silos de almacenaje poseen un número de referencia. El número es para uso interno. Los motores de extracción de los silos 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 y 84 colocan el maíz en el transportador denominado T14; y los motores de extracción de los silos 85, 86 y 87 lo colocan en el transportador T25. Estos transportadores, T14 y T25, se unen en un solo transportador, el T15A, el cual es el encargado de transportar el maíz hacia un elevador por medio de un conjunto de motores conectados directamente al PLC para su arranque y detención.

El elevador denominado E6 esta encargado de llevar el maíz hacia la parte superior de la planta de producción para depositarlo en el proceso de premolienda. Este elevador al igual que los transportadores funciona basándose en un motor el cual esta encargado del movimiento de la banda que posee el elevador estando conectado directamente al PLC.

Todo este procedimiento es controlado por medio del PLC utilizando señales eléctricas a los motores necesarios. Estas señales son enviadas sin intervención del operador ya que los transportadores y el elevador no detienen su funcionamiento en ningún momento mientras la planta este en funciones, así que desde el momento de arranque del proceso estos entran en función arrancados por el PLC.

2.3.3. Premolienda

Al ser llevado el maíz al proceso de premolienda se realiza en él un proceso de limpieza, dejándolo siempre en grano entero pero limpio. Del polvillo que se crea en el viaje y al ser almacenado, se separa para algún uso posterior y se toma el maíz aparte llevado por medio de caminos dedicados para almacenarlo en uno de los 3 silos destinados para ello conocidos como silos de premolienda, los cuales para referencia interna de la empresa llevan los números 1, 2 y 3.

Este motor, conocido como zaranda, se enciende y mantiene su funcionamiento cada vez que llega un nuevo contenido de maíz indicado por el PLC. Para determinar hacia qué silo irá dirigido el maíz, es seleccionado por el operador por medio del control gráfico, un guarda nivel indicará cuando el silo este lleno o cuando este disponible para almacenamiento con una señal eléctrica conectada a uno de los puertos del PLC.

2.3.4. Molienda y motores

Se extraerá el maíz de los silos de premolienda, debido a que estos silos están en un nivel superior solo se abre. Por medio de un actuador conectado al PLC, el camino que los conecta y por gravedad se saca del silo el maíz, y se llevará por medio de transportadores a uno de los 3 molinos disponibles, cada uno de 210 caballos de fuerza (HP). La selección del molino la realiza el operador abriendo el camino indicado al molino que él determine en base los indicadores gráficos del proceso, o bien, en base a la necesidad de la planta, y cerrando todos los demás caminos para no dar lugar a problemas.

En caso que sea mucha la demanda de materia prima dos molinos pueden estar funcionando al mismo tiempo. Cada silo tiene camino disponible para cualquiera de los 3 molinos disponibles.

Cada uno de los molinos cuenta con lo siguiente:

- Un arrancador suave, el cual funciona al momento de encender o arrancar el motor para su protección.
- Un dosificador, el cual controla el flujo de entrada de maíz al molino controlado desde el panel de control por el operador dependiendo de las necesidades de producción.
- Un amperímetro, el cual mide el amperaje del motor que debe estar en 200 amperios para un funcionamiento correcto debido a las características de los molinos, dando la señal respectiva al PLC para su verificación y control necesario.
- Un variador de frecuencia conectado al dosificador, el cual varía el flujo de entrada al molino dependiendo el amperaje medido. El control del mismo lo realiza el operador por medio de la señal que reciba del amperímetro, sabiendo que si se encuentra debajo de 200 amperios debe subir por medio de un control manual y realizar el proceso contrario, en caso de que se encuentre sobre los 200 amperios.

2.3.5. Almacenamiento en polvo

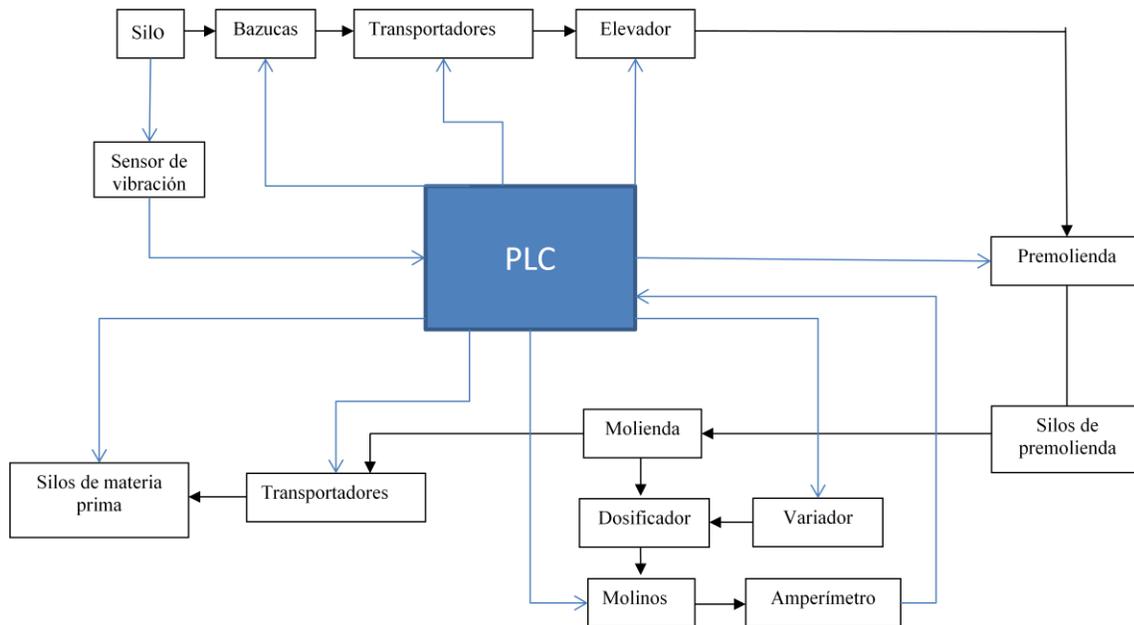
Luego de su paso por los motores para el proceso de molido, el maíz en polvo es depositado en un transportador, sin importar en qué motor haya sido procesado. El maíz en polvo es depositado en un elevador encargado de llevar el material a un segundo transportador el cual lo almacena en uno de los silos de materia prima siendo este proceso controlado por PLC de manera autónoma.

Existen 12 silos de materia prima divididos en 2 grupos de 6 cada uno. Un grupo para maíz en polvo y el otro para las demás materias primas necesitadas en la empresa. Para la selección del silo, el operador la realiza indicando el silo desde el control gráfico de acuerdo a las necesidades de la planta, ya sea para uso interno o para venta, y también de acuerdo a la disponibilidad de los silos. Para ello, al igual que en premolienda, un guarda nivel indica si esta lleno o no el silo por medio de una señal eléctrica a los puertos de entrada/salida del PLC.

2.3.6. Diagrama de bloques

A continuación se presenta el diagrama de bloques, un diseño de la solución al proyecto. Las flechas de color negro representan el camino y dirección que sigue el maíz en el proceso, mientras que las flechas de color gris representan las señales enviadas o recibidas por el PLC dependiendo la dirección de la flecha.

Figura 3. Diagrama de bloques proceso nuevo



Fuente: elaboración propia.

2.4. Beneficios del proyecto

Luego de realizada la instalación de todo el equipo en la planta de producción y el proyecto este en un óptimo funcionamiento la empresa Aliansa obtendrá los siguientes beneficios:

2.4.1. Reducción de errores a lo largo del proceso

Uno de los beneficios principales es la reducción de errores. En estudios previos y revisiones al proceso actual se observó que existían errores tanto por la intervención humana como por equipos que estaban ya defectuosos por el paso de los años. A continuación se presenta una descripción de dichos aspectos:

2.4.1.1. Intervención humana

Los errores por intervención humana se deben a fallos en el control del proceso en el panel de control principal. El oprimir un botón o una mala selección de silo puede ser error común que afecta a la empresa, por pérdida de material o producción, causando daños al equipo usado, afectando así a todo su proceso.

Este tipo de errores se reducirán considerablemente con el proceso nuevo debido a que se reducirá la intervención por parte del operador al proceso; aunque no puede reducirse en su totalidad ya que la probabilidad de un error por parte del operador o bien del control del sistema es posible aún con el equipo nuevo instalado.

2.4.1.2. Equipo dañado

El equipo con el paso de los años ha llegado a dañarse, esto es algo lógico ya que cada instrumento tiene su tiempo de vida específico y el desgaste que presentan los equipos da lugar a que pueda tener fallos o ineficiencias en el proceso.

El proyecto a realizar abarca el cambio o actualización en software. Estos equipos lo que harán es reducir casi en su totalidad los errores por parte del equipo, al igual que en el apartado anterior, no se puede reducir en su totalidad la probabilidad de que exista algún error dado que siempre es probable que algún equipo funcione de manera incorrecta por factores ajenos al control de los operadores.

2.4.2. Aumento de la eficiencia en la producción de materia prima a base de maíz

Al realizarse el cambio del proceso actual por un proceso semiautomático, el tiempo empleado en la producción de la materia prima a base de maíz se verá reducido, lo que implica un aumento en la eficiencia del proceso. Esto presenta un gran beneficio a la empresa porque significa una mayor producción de maíz en menor tiempo, a la vez, implica una mejor rotación de sus molinos para producción, reducción del tiempo requerido para preparación de pedidos de materia prima, reducción del tiempo requerido en la preparación del material necesitado para la producción dentro de la planta, siendo estos los más importantes entre otros aspectos que también presentan un gran beneficio.

2.4.3. Optimización de los recursos

Los errores que se dan en el proceso muchas veces llevan a pérdidas de producto lo que afecta en gran medida a la empresa y a su aprovechamiento de los recursos que posee. También, el no utilizar el equipo a la capacidad que puede trabajar de manera óptima, no exigiendo de más, hace ineficiente su uso y es un desaprovechamiento de la capacidad que puede tener. En ambos casos, el desaprovechamiento de recursos y materiales produce pérdidas para la empresa.

El nuevo proceso tiene como beneficios directos a la empresa una reducción en los errores, que significa una reducción de pérdidas de materia prima, y un aprovechamiento total de las capacidades de los equipos, lo cual conlleva a optimizar el uso de los recursos que se tienen tanto de materia prima como de equipo instalado.

2.4.4. Mayor control sobre el proceso

Debido a que el equipo que se tendrá instalado para control, tal como interruptores vibratorios, protecciones a los motores y guarda nivel de referencia, estará conectado al panel gráfico de control que posee el equipo a instalar, se puede realizar un mayor control y observación sobre la secuencia que lleva el proceso que se esta realizando. Al saber exactamente donde se encuentra el maíz y en qué estado, se puede realizar un control específico de su proceso en cualquier momento cambiando ciertos aspectos a conveniencia de la empresa, acelerando o variando el proceso según sea necesario, o bien, deteniendo el proceso en caso de algún fallo o inconveniente que pueda dañar al equipo o al personal.

3. FASE DE APLICACIÓN

Una vez se ha realizado un análisis detallado y la descripción del proyecto solicitado por parte de la empresa, además de una descripción de la solución propuesta la cual abarca una solución a todas las necesidades expresadas de la empresa, se procede al diseño de la fase de aplicación e instalación de la solución al proyecto en la planta de producción. Dicha fase incluye una descripción de la instalación física del proyecto así como de las pruebas a realizar y la planificación de la capacitación y adiestramiento a los trabajadores y personal operativo de la planta de producción.

3.1. Instalación del proyecto

El proceso de instalación del proyecto se divide en varias etapas las cuales se exponen y describen a continuación en el orden específico que deben de llevarse a cabo:

3.1.1. Compra del equipo

Una vez se recibió la cotización de todo el equipo que podría ser adquirido para suplir todas las necesidades detalladas de la empresa se procede a realizar un análisis de qué equipo es indispensable su cambio, debido a que ya está muy deteriorado por el uso que ha llevado, o bien, debido a que su funcionamiento ya no se adecúa al nuevo proceso; así como también, el equipo que es necesario adquirir ya que sin él es imposible hacer funcionar el nuevo proceso.

Del análisis se concluye que el equipo cuya compra es indispensable para el nuevo proyecto es:

- PLC
- Interruptores vibratorios
- Actuadores eléctricos

Una vez se concluye la revisión del equipo detallado en el estudio a realizar, se procede a la compra del equipo. El equipo que será comprado por decisión de la empresa y su justificación se expone en la siguiente tabla:

Tabla I. **Descripción del equipo comprado**

| Equipo | Justificación |
|-------------------------------------|---|
| PLC | Cerebro del sistema. |
| Interruptores vibratorios | Se debe llevar un control adecuado de la cantidad de maíz disponible. |
| Actuadores eléctricos | Dado que se tiene una forma manual de cerrar los caminos los actuadores son indispensables en el proceso. |
| Amperímetro | El actual esta muy desgastado. |
| Variador de frecuencia | El actual esta muy desgastado. |
| Dosificador | El actual esta muy desgastado. |
| Equipo de aire acondicionado | Se debe tener un enfriamiento adecuado en la habitación del PLC. |
| Computadora | Para un despliegue del panel gráfico dado por el PLC. |

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Descripción del equipo comprado

Este apartado se utilizará para realizar una pequeña descripción del funcionamiento y las capacidades del equipo que será comprado, así como también la función que tendrá dentro del sistema a instalar:

3.1.2.1. PLC

Control Lógico Programable, por sus siglas en inglés; es un equipo capaz de realizar acciones de control en procesos industriales, las cuales realiza trabajando con base en una programación ubicada en su memoria interna y realizada por un programador capacitado basándose en necesidades de la empresa donde realizará el trabajo y también se apoya en realizar ciertas acciones de control con base en conexiones y selecciones por parte de un operador en un panel gráfico exclusivo para ese sistema.

3.1.2.2. Interruptores vibratorios

Este tipo de interruptores están diseñados de acuerdo al principio de un diapasón. Un cristal piezoeléctrico hace oscilar las horquillas a su frecuencia natural. Los cambios en esta frecuencia se supervisan continuamente. La frecuencia del sensor tipo diapasón cambia en función del medio en que se encuentra sumergido. En el caso particular de aplicación que se utilizará en este proceso, al momento de que el maíz alcanza el nivel del interruptor cambia su frecuencia natural de oscilación lo que provoca que el interruptor se active dando una señal al equipo para las acciones que sean necesarias de tomar dentro del proceso.

3.1.2.3. Actuadores eléctricos

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que solo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales son altamente versátiles y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador. Para la aplicación en la que serán utilizados se usará un pistón eléctrico para el accionamiento de una válvula pequeña la cual empujará una placa metálica impidiendo así el paso de maíz del proceso de premolienda hacia los motores utilizados.

3.1.2.4. Amperímetro, variador de frecuencia y dosificador

Su funcionamiento es bastante simple, un amperímetro es utilizado para medir intensidad de corriente únicamente, de un variador de frecuencia depende la velocidad de rotación de un motor y por último un dosificador es el encargado de la cantidad de material que pasa o no dentro de un sistema. Para la aplicación que se está trabajando, el amperímetro mide la intensidad de corriente eléctrica consumida por el motor del molino, que debe estar cercana a los 200 amperios. Si detecta un nivel muy bajo o muy alto de corriente da la señal al PLC, el variador de frecuencia cambia la velocidad de rotación del motor del molino, para luego cambiar en el dosificador la cantidad de maíz que se dará al molino y así estabilizar su corriente en el nivel establecido.

3.1.3. Programación del sistema

El programa a utilizar para el control por parte del PLC en el nuevo sistema a instalar se realizará en el lenguaje de programación incluido en el software de instalación que posee el PLC, ya que cada fabricante posee su propio lenguaje. Se distingue en su sintaxis y en su semántica a las demás compañías. Dicho lenguaje es un lenguaje de alto nivel, por lo tanto posee palabras reservadas exclusivas en este lenguaje y una forma de redacción exclusiva del sistema.

A continuación se describe la sintaxis del programa que se recomienda utilizar en el sistema, se determinó emplear un algoritmo para su mayor entendimiento:

Para fines de comprensión del algoritmo, al momento de describir un silo como lleno o como vacío se realizará verificando las señales eléctricas dadas por los interruptores instalados en el caso de los silos de almacenaje y por los guarda nivel en el caso de los silos de materia prima y de premolienda, ya que de estos equipos depende la verificación de la cantidad de material que se encuentra almacenado.

- Paso 1: arrancar el sistema.
- Paso 2: lectura de todos los puertos de entrada/salida.
- Paso 3: selección silo de almacenaje para extracción.
- Paso 4: lectura interruptores vibratorios de silo.
- Paso 5: Si silo = lleno. //lectura de interruptores del silo

Ir a paso 3.

Si no

Ir a paso 6

//pasos 6 al 8 se deben de realizar al mismo tiempo

- Paso 6: señal a bazuca para inicio de extracción.
- Paso 7: lectura interruptores vibratorios de silo.
- Paso 8: Si silo = vacío.

Ir a paso 9.

Si no

Ir a paso 7.

- Paso 9: detener bazuca.
- Paso 10: señal a transportadores.
- Paso 11: señal a elevador E-2.
- Paso 12: activar zaranda.
- Paso 13: seleccione silo de premolienda.
- Paso 14: lectura de guarda nivel.
- Paso 15: si silo PM = vacío.

Ir a paso 16.

Si no

Ir a paso 13.

- Paso 16: llenar silo premolienda.
- Paso 17: lectura guarda nivel.
- Paso 18: si silo PM = lleno.

Ir a paso 19.

Si no

Ir a paso 16.

- Paso 19: detener llenado.
- Paso 20: seleccione molino.
- Paso 21: seleccione silo PM.
- Paso 22: lectura guarda nivel.

- Paso 23: si silo PM = lleno.
Ir a paso 24.
Si no
Ir a paso 21.
- Paso 24: seleccione silo MP.
- Paso 25: lectura guarda nivel.
- Paso 26: si silo MP = vacío.
Ir a paso 27.
Si no
Ir a paso 24.
- Paso 27: activar transportador.
- Paso 28: señal a cilindro para abrir.

//Pasos 29 al 33 se deben realizar al mismo tiempo

- Paso 29: lectura amperímetro.
- Paso 30: si amperímetro \neq 200.
- Paso 31: señal a dosificador.
- Paso 32: señal a variador de frecuencia.
- Paso 33: Si silo MP = lleno.
Ir a paso 34.
Si no
Continuar
- Paso 34: señal a cilindro para cerrar.
- Paso 35: detener molino.

3.1.4. Preparación de la planta de producción

La planta de producción ubicada en el departamento de Escuintla se preparará para el nuevo equipo y la instalación del nuevo proceso de molido de maíz concentrándose en el trabajo en ciertas áreas específicas de la siguiente manera:

3.1.4.1. Habitación

El aspecto principal en la planta de producción que debe prepararse para su instalación es la habitación donde se ubica actualmente el panel de control del sistema. Debido a que el equipo que contendrá ahora es totalmente diferente al otro requiere mayores cuidados y medidas de seguridad toda la estructura e instalación interna de la habitación requiere cambios.

Previo a realizar cualquier instalación de equipo dentro de la habitación se debe adecuar su infraestructura de manera correcta para los trabajos posteriores. Se realiza una revisión completa del techo que posee para comprobar que no existan filtraciones de agua, se debe impermeabilizar las paredes para evitar la humedad y por último se debe instalar ventanas y una puerta adecuada para seguridad del equipo.

A esta habitación se le debe instalar, para comenzar, equipo de aire acondicionado ya que las altas temperaturas del departamento de Escuintla pueden afectarlo el cual es sensible a la temperatura, además de cierto tipo de amueblado tal como un escritorio y una base para el equipo, también se debe agregar, cómo ya se había señalado, una puerta y una ventana que sean adecuadas también para contener la temperatura necesaria.

El equipo que albergará esta habitación y para el cual debe prepararse es: el PLC, cerebro del sistema y del control, junto con todas sus conexiones que sean necesarias para el proyecto y una computadora encargada de desplegar el control gráfico y el envío de señales al PLC dependiendo las selecciones del operador. Dado que es un equipo bastante delicado se debe adecuar con mucha precaución.

3.1.4.2. Actuadores eléctricos

Se instalarán actuadores eléctricos encargados de abrir y cerrar el camino que conduce el maíz hacia los molinos proveniente del proceso de premolienda. Para instalar dichos actuadores se debe realizar un trabajo en los tubos encargados de conducir el maíz, así como una instalación de cables adecuados para la conducción de las señales eléctricas del PLC. También es necesaria una protección a los actuadores en contra de la lluvia o cualquier material que pueda afectar su funcionamiento.

3.1.4.3. Interruptores vibratorios

Así como para los actuadores mencionados en el apartado anterior, para los interruptores vibratorios se debe realizar una preparación previa a la instalación la cual consiste en la preparación del silo y en la instalación de cables adecuados que se encargarán de transportar las señales por parte de los interruptores hacia el PLC. Estos interruptores se instalarán en los silos de almacenaje del maíz en grano para determinar si un silo posee material. Dichos interruptores también deben tener una protección adecuada contra lluvia y otros materiales que puedan dañarlos.

Para el proceso a realizar se instalarán dos interruptores vibratorios por silo, uno en la parte superior para indicar que el silo está lleno, el cual servirá para saber si se puede extraer o no material, y uno en la parte inferior que determine que no se puede extraer maíz del silo y, además, en qué momento se debe dejar de extraer cuando este en funcionamiento la bazuca.

3.1.4.4. Normas de seguridad

Debido a los cambios que se establecerán en la planta de producción es necesaria una implementación de nuevas normas de seguridad para la protección del equipo y del que ya había sido instalado y, más importante aún, para la seguridad de los trabajadores y visitantes que puedan estar en la planta de producción.

Debido a que este aspecto a considerar es de gran importancia y no puede ser llevado a cabo por cualquier persona, se solicitará la ayuda de un experto en seguridad industrial por parte de la empresa para el análisis, desarrollo e implementación de las nuevas normas.

3.1.5. Instalación del equipo

Una vez la planta de producción cumpla con todos los requisitos para contener al equipo, se procede a la instalación del proceso. Dicha instalación se realiza verificando que cumpla con ciertas normas y requisitos para su correcto funcionamiento, tomando en cuenta ciertos aspectos considerados importantes durante el proceso. Dichos requisitos necesarios junto con las normas y aspectos importantes se exponen a continuación:

3.1.5.1. Tiempo de instalación

El tiempo de instalación necesario para que el sistema entre en funcionamiento completo debe ser corto, debido que al realizar la instalación se detendrá el funcionamiento por completo de la planta, lo que implica una pérdida de dinero para la empresa. Se dispondrá de un máximo de 2 días para realizar la instalación dejando un fin de semana para realizar todo el proceso.

Como medida de precaución, previo a dejar sin funcionamiento la planta de producción y realizar la instalación del nuevo sistema se llenarán los 6 silos de materia prima, destinados a maíz para contar con un pequeño respaldo de tiempo en caso de que surja algún inconveniente. En caso de fallos mayores la empresa tiene un sistema de respaldo con otras plantas de producción cercanas esperando no tener que utilizarlo.

La instalación inicia el sábado por la mañana y concluye con pruebas y revisiones domingo por la mañana, para disponer de toda la tarde de domingo para correcciones en caso de fallos, de manera que el lunes al inicio de labores normales, el sistema este funcionando en óptimas condiciones.

A continuación se presenta una planificación de ambos días, dicha planificación es un aproximado de cómo se espera trabajar para tener un tiempo adecuado para realizar la instalación y también tener un espacio de tiempo en caso de inconvenientes que surjan durante la instalación del equipo:

Tabla II. **Cronograma de trabajo en sábado**

| Día Sábado | |
|---------------|--|
| Hora | Actividad |
| 7:00 – 8:00 | Preparación de silos y materia prima. |
| 8:00 – 10:00 | Instalación de actuadores e interruptores vibratorios, y cableado de los mismos. |
| 10:00 – 12:00 | Desinstalación de panel de control. |
| 12:00 – 13:00 | Almuerzo. |
| 13:00 – 14:00 | Preparación de habitación para PLC y computadora de control. |
| 14:00 – 16:00 | Instalación y conexión de PLC y computadora de control. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Cronograma de trabajo en domingo**

| Día Domingo | |
|---------------|--|
| Hora | Actividad |
| 7:00 – 8:00 | Revisión de conexiones y equipo. |
| 8:00 – 10:00 | Pruebas preliminares del sistema. |
| 10:00 – 12:00 | Pruebas finales y verificación del funcionamiento. |

Fuente: elaboración propia.

3.1.5.2. Instalación de interruptores y actuadores

Los interruptores vibratorios y los actuadores para cerrar los caminos llevan un proceso de instalación similar. La mayor diferencia entre ellos es al momento de la recepción y envío de la señal y del trabajo a realizar con ellos por parte del PLC, lo que implica una diferencia en software más allá de en instalación física.

Para instalar este equipo se debe verificar:

- Que el cable de conexión sea el apropiado y en óptimas condiciones para portar las señales entregadas al PLC, o bien, enviadas por este.
- Las conexiones y la entrega de señal por parte de los interruptores vibratorios al PLC no deben tener interferencias de ningún tipo, ya que un error de la señal indicaría una cantidad errónea de maíz al PLC lo que puede provocar un daño al motor o una sobrecarga de maíz en un silo.
- Las conexiones y la recepción de señal por parte de los actuadores encargados de abrir y cerrar los caminos de los silos de premolienda a los molinos no deben tener interferencias de ningún tipo debido a que si los silos dejan pasar maíz este se puede saturar y no podría funcionar de manera correcta o, en el peor de los casos, deja de funcionar en completo y sería necesario sacarlo de funciones para su mantenimiento, reparación o limpieza dependiendo el caso que se presente.

- Se debe instalar una protección eléctrica adecuada tanto para los actuadores como para los interruptores de forma que ante cualquier eventualidad, tal como fallo de la alimentación o bien inclemencias del clima (tormentas eléctricas), no se corra el riesgo de un daño permanente al equipo.
- En términos de protección también se debe instalar protección física para el cuidado del equipo de las inclemencias del clima (lluvias o granizo), o bien, de materiales que se escapen de transportadores o silos ya sea maíz en grano o algún otro material en polvo que pueda dañar al equipo.

3.1.5.3. Desinstalación de panel de control

Este paso se toma en cuenta en el capítulo de instalación, pues si no se realiza una correcta desinstalación del panel de control, no se puede proceder a la instalación del PLC. Actualmente la empresa se basa principalmente en el paso sucesivo, el cual es la instalación del controlador digital que estará a cargo del proceso.

Al proceder a desinstalar, desmontar y retirar el panel de control se debe proceder con mucho cuidado, debido a que todo el cableado que utiliza el proceso debe identificar a qué equipo está conectado cada cable, por ejemplo, si el cable está conectado al motor de extracción del silo número 2 de almacenaje y se confunde con el motor del silo número 4 ya habrá un error en el procedimiento al momento de reactivar el sistema.

Para evitar esto se procederá a etiquetar cada uno de los cables con su destino (silo número 3, motor número 1, zaranda). La utilidad de este procedimiento se encuentra en que al momento de hacer el cambio se sabrá el destino de cada cable y se podrá conectar de manera correcta al tener un detalle de los puertos del PLC destinados a cada equipo.

El panel de control quedará almacenado en la empresa, así como todas las conexiones que utiliza, como medida preventiva por cualquier eventualidad que surja al momento de la instalación del proceso nuevo, esperando no tener que utilizarlo.

Una vez desinstalado el panel de control se procederá a revisar todos los cables y conexiones verificando que estén en condiciones adecuadas para su conexión al PLC. También se debe revisar que sean del largo adecuado para poder conectarlos, debido a que si el cable no lo es se pueden tomar dos opciones:

- Empalmar otro cable de las mismas características para hacerlo llegar hasta el PLC. Esta opción no es muy adecuada ya que el empalme puede dar problemas en el paso de la señal además de ser un trabajo poco profesional.
- Se quita el cable existente y se reemplaza por uno nuevo cumpliendo las características necesarias para poder llevar la señal, el único inconveniente con esta opción es el aumento en el costo para la empresa de cables nuevos.

3.1.5.4. Instalación y conexión de PLC

Una vez se ha desinstalado el panel de control y se han verificado las conexiones necesarias se debe verificar que las condiciones de la habitación sean óptimas para el uso del equipo luego de sus modificaciones y se procede al montaje e instalación del PLC.

Un PLC al ser comprado viene en un gabinete adecuado para su instalación y montaje en alguna pared de donde ya no será removido, sabiendo esto, el PLC se colocará en la ubicación donde se encontraba el panel de control colocado en su gabinete sobre la pared ahora descubierta.

Todos los puertos de entrada/salida a usar serán conectados con las precauciones necesarias teniendo en cuenta coordinar el puerto correcto con las etiquetas dejadas, al momento de desinstalar el panel de control, por ejemplo, si el puerto 12 del PLC esta destinado al motor número 1 del proceso de molienda se debe cuidar que el cable etiquetado como motor número 1 este conectado al puerto 12 del PLC. Un error en este proceso puede provocar una gran pérdida a la empresa ya que puede dañar alguno de los equipos instalados.

El siguiente paso, luego de verificar las conexiones del PLC, es la instalación de la computadora que se va a adquirir para el panel de control gráfico del PLC. Se recomienda la compra de un escritorio adecuado para contener al equipo y también la compra de un UPS como protección ante cualquier subida de tensión. Un caso que es muy probable en una planta de producción que contiene equipo industrial. Ya que la computadora no se moverá de su sitio y se requiere un procesador adecuado y una velocidad óptima se comprará una computadora de escritorio.

Al momento de tener instalada la computadora con todas las capacidades de software necesarias se conecta al PLC y se realiza la descarga en él del programa a utilizar descrito.

Siendo equipos muy costosos y delicados, tanto el PLC, como la computadora y el UPS, se debe proceder con extrema precaución al momento de su instalación, para lo cual se necesitará de una cantidad considerable de trabajadores para el montaje del PLC y asegurarlo de una manera que se sepa que no existirá ningún problema posterior siguiendo las normas de instalación y montaje proporcionadas por el fabricante.

3.2. Pruebas a realizar

Para todo sistema a instalar dentro de una empresa se deben realizar ciertas pruebas para verificar su funcionamiento, dichas pruebas pueden ser diseñadas y trabajadas por la misma persona que instaló o coordinó la instalación del sistema en su totalidad. Las pruebas, en general, llevan un cierto proceso específico.

Previo a la puesta en función del sistema se realizarán pruebas al mismo para evitar cualquier tipo de error que pueda surgir al momento de su puesta en funciones en la planta de producción.

3.2.1. Pruebas preliminares

Las pruebas preliminares reciben ese nombre debido a que suceden en un entorno ficticio o bien un entorno controlado, esto se realiza así para conocer el comportamiento básico del sistema instalado, más no su funcionamiento total en condiciones reales. Las pruebas a realizar son las siguientes:

3.2.1.1. Simulación

Todo software diseñado por los fabricantes de equipo PLC para su programación cuenta con un apartado específico para un proceso de simulación del funcionamiento del programa diseñado. Esta simulación sucede en un ambiente ficticio diseñado y controlado por el programador, donde se puede observar si cada línea de código sucede de la forma esperada y realiza el trabajo para el que fue programada de la manera necesitada por la empresa y por el proceso.

El ambiente es conocido como ideal, esto quiere decir que no contiene posibles fallos externos capaces de dañar el funcionamiento del sistema en general, tal como el clima, el ambiente de funcionamiento o el daño y desgaste en los equipos, entre otros factores.

Estas pruebas se realizarán antes de que el sistema sea instalado, es decir, al momento de adquirir el PLC y tener el software listo para su descarga en el equipo se realizará una simulación de su funcionamiento.

3.2.1.2. Prueba física

A continuación del proceso de simulación para las siguientes pruebas a realizar se procederá a un proceso de pruebas controladas en un ambiente físico, estas pruebas serán ya con el equipo instalado en la planta de producción, propuestas en el cronograma del día domingo.

Estas pruebas consisten en dar instrucciones específicas al PLC, no del sistema completo sino más bien instrucciones de procesos detallados que debe realizar el PLC, por ejemplo, se le dirá al PLC que de lectura del sensor de vibración ubicado en el silo número 10 y este debe indicar si el silo esta lleno o no para confirmar que lo lea de manera correcta, para estar totalmente seguros de su funcionamiento se revisará de manera presencial si el silo tiene o no maíz, y así con cada uno de los equipos que deberá controlar o leer el PLC para verificar que las señales están funcionando de manera correcta y no se tendrá problema en la lectura al momento de poner a funcionar el sistema completo.

3.2.2. Pruebas finales

Una vez se han realizado las pruebas de ambiente controlado o pruebas preliminares se procede a realizar pruebas en un ambiente común de funcionamiento del sistema, es decir, luego de tener instalado todo el proyecto se pondrá a funcionar revisando que cada parte del proceso funcione eficientemente. Esto se llevará a cabo de la siguiente manera:

3.2.2.1. Pruebas paso a paso

El primer paso será realizar un tipo de pruebas conocidas como pruebas paso a paso, esto quiere decir, pruebas ya con el maíz procesándose pero realizando un paso a la vez y verificando de manera presencial que funciona correctamente, para ello la persona que verifica de manera presencial debe estar comunicándose con quien esta realizando el control desde el panel gráfico.

En la prueba se hará funcionar el proceso completo ejecutándolo paso a paso por parte del operador desde el equipo instalado con el control gráfico. Se activará un paso a la vez ya que el software permite correr el programa paso a paso indicando en qué momento se quiere que se realice el cambio al siguiente paso y se irá verificando de manera presencial por otra persona calificada para ello, que cada paso funcione correctamente en condiciones normales, ambos se comunicarán vía radio para ir verificando que el proceso sea correcto en sus funciones.

Este tipo de prueba se utiliza para revisar que las condiciones especificadas en cada una de las partes del sistema funcionan correctamente al momento de que ya se involucre el maíz, que es la parte fundamental del proceso.

3.2.2.2. Pruebas de proceso completo

El último tipo de prueba a realizar son las pruebas del proceso completo, en las cuales como su nombre lo indica se hace funcionar el proceso completo de manera continua ya con el maíz incluido para verificar si da algún fallo o algún error en el procedimiento y verificar también como responde el proceso a una carga de maíz.

La única diferencia que se da entre esta prueba final y un funcionamiento típico del sistema en jornada laboral es que el proceso no funciona aún en condiciones o exigencias normales de un día de trabajo, las cuales aportan una carga de maíz continua y un tiempo considerable de trabajo sin detenerse. Además, el ambiente aún esta controlado en algunos sentidos debido a que se debe ir verificando si el proceso esta funcionando de manera correcta.

Se sugiere que estas pruebas estén avaladas por un grupo de ingenieros calificados. Para ello, se debe incluir a un ingeniero eléctrico para la parte de motores y equipo industrial, electrónico para la parte de automatización e industrial para el aspecto de seguridad industrial, pero también se sugiere que sea el operador quien estará a cargo del proceso el que comience a controlar las pruebas para familiarizarse con el funcionamiento normal del programa.

3.3. Adiestramiento y capacitación de los empleados

Siempre que se instala un nuevo proceso dentro de una empresa, se debe realizar un proceso de capacitación y adiestramiento a los empleados el cual se define y describe a continuación.

3.3.1. Definición

Para los administradores de recursos humanos los empleados y trabajadores son el recurso más valioso de todo programa y proceso, por esto la necesidad de invertir en ellos al proporcionarles continuamente oportunidades para mejorar sus habilidades se vuelve uno de los aspectos primordiales en la administración del personal. Esto constituye una gran parte del desarrollo de personal, que incluye aquellas actividades designadas a capacitar, adiestrar y motivar al empleado, con el propósito de ampliar sus responsabilidades y capacidades dentro de la organización.

Desarrollar las capacidades del trabajador proporciona beneficios para ambas partes. Ayuda a los trabajadores a aumentar sus habilidades así como sus cualidades haciendo al trabajador más competente y hábil, además, beneficia a la organización al incrementar las habilidades del personal de manera costo-beneficio, volviéndola más eficiente, productiva y rentable.

3.3.1.1. Proceso de capacitación

La capacitación se refiere a los métodos usados para proporcionar al personal de una empresa las habilidades que éstos necesitan para realizar su trabajo. Esta abarca desde cursos sencillos sobre terminología orientada al proceso hasta cursos complejos que permiten entender el funcionamiento de un nuevo sistema; tales cursos pueden ser teóricos o prácticos, o, en una forma más completa, combinados.

La capacitación es un proceso que lleva a mejorar continuamente las actividades laborales, con el fin de implantar mejores formas de trabajo. Esta es una actividad sistemática, planificada y permanente, cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar al recurso humano en el proceso productivo, mediante la entrega de conocimientos, así como también el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de todos los trabajadores a los que va orientado.

En este sentido, la capacitación va dirigida al perfeccionamiento técnico del trabajador, para que este se desempeñe eficientemente en las funciones a él asignadas, producir resultados de calidad, dar excelente servicio a los clientes, prevenir y solucionar anticipadamente problemas potenciales dentro de la organización.

Por medio de la capacitación el perfil del trabajador se adecua al perfil de conocimientos, habilidades y actitudes requerido en un puesto de trabajo. La capacitación no debe confundirse con el adiestramiento, este último implica una transmisión de conocimientos que hacen apto al individuo ya sea para un equipo o maquinaria, el concepto de adiestramiento se ampliará en secciones posteriores.

El proceso de capacitación se puede acometer de dos modos:

- El que se produce por y dentro del mismo grupo de trabajo, en este se da un intercambio que fomenta el aprendizaje a través de experiencias compartidas. En este aspecto, la capacitación de conocimientos es inherente al oficio específico de cada trabajador.
- La que es acometida por una persona ajena al ámbito de la organización. Se capacita al personal de una empresa para alcanzar la satisfacción por el trabajo que realiza; si un empleado no está satisfecho con la labor que lleva a cabo no podrá efectuar un trabajo eficiente y por lo tanto no será adecuado para el trabajo que se ha designado.

El proceso de capacitación es un proceso continuo, es decir, debe llevar un orden específico y debe ser realimentado cada cierto tiempo para ejecutarse. El mismo está constituido de cinco pasos principales los cuales son:

- Analizar las necesidades, identificar las habilidades y necesidades de los conocimientos y desempeño por parte de los empleados.
- Diseñar la forma de enseñanza, elaborar el contenido del programa, folletos, libros, actividades y cualquier otro formato que se considere adecuado para el proceso.
- Validación de los conocimientos eliminando los defectos del programa y realizando una presentación restringida a un grupo pequeño de personas.
- Se realiza la aplicación dictando un programa de capacitación adecuado.

- Una evaluación al terminar el proceso para determinar el éxito o fracaso del programa.

3.3.1.2. Proceso de adiestramiento

El adiestramiento es considerado como un proceso educacional a corto plazo debido a su alcance limitado, mediante el cual las personas aprenden conocimientos, actitudes y habilidades en función de objetivos definidos. El adiestramiento es, en primer lugar, la educación profesional que adapta al individuo para un cargo o función específica dentro de una organización, este implica una transmisión de conocimientos, sea información acerca de los productos, de los servicios, de la organización, de la política organizacional, o de cualquier otro aspecto que se considere necesario.

En segundo término, implica un desarrollo de habilidades que puede ser entendido como un entrenamiento orientado a las tareas y operaciones que el personal va a ejecutar.

Dicho proceso se realiza cuando un trabajador tiene poca experiencia, se instala un nuevo proceso dentro de la empresa o se contrata para un trabajo que le es totalmente nuevo. Una vez que los trabajadores han sido incorporados a una empresa, esta tiene el compromiso de desarrollar en ellos actitudes y conocimientos indispensables para que cumplan bien su labor lo que a su vez implica una serie de beneficios para la empresa. El adiestramiento de personal orienta al trabajador o empleado sobre las características y particularidades propias del trabajo a ejecutar y también ofrece al trabajador la oportunidad de actualizar y renovar sus conocimientos para que estén al día con los avances técnicos en el área.

En este sentido, el adiestramiento consiste en proporcionar o fortalecer los conocimientos que el individuo necesita para realizar un eficiente desempeño de sus actividades laborales estando acorde con los cambios tecnológicos y los nuevos requerimientos de procesos en el trabajo de la organización. Es un proceso educacional a corto plazo aplicado de manera organizada y esta orientado de manera directa a las tareas y operaciones que van a ejecutarse.

Además, constituyen una herramienta para lograr que el personal adquiera los conocimientos necesarios que le permitan ampliar y desarrollar las aptitudes para ejecutar el trabajo en forma eficiente. Los programas de adiestramiento constituyen un factor relevante en el mejoramiento de los niveles de productividad lo cual implica la puesta en práctica de un conjunto de elementos que favorecen el desenvolvimiento laboral de los trabajadores, por medio del suministro de un conjunto de herramientas que facilitan la realización de las actividades mediante el desarrollo intensivo y continuo de habilidades que favorecen el logro de los objetivos establecidos para alcanzar la eficiencia organizacional en base a las aspiraciones de la empresa.

En los programas de adiestramiento existen varias técnicas, las cuales se aplican de acuerdo al objetivo principal que se persigue, una técnica que se aplica con frecuencia por su gran alcance en la mayoría de las aplicaciones es el método de los cuatro pasos los cuales son:

- Paso 1: prepare al trabajador.
- Paso 2: muéstrele el trabajo.
- Paso 3: póngalo a prueba.
- Paso 4: sígalo en la práctica.

Un método alternativo, el cual funciona con 4 pasos también es aplicado con frecuencia es el siguiente:

- Paso 1: el instructor dice y hace.
- Paso 2: el instructor dice y el estudiante hace.
- Paso 3: el estudiante dice y el instructor hace.
- Paso 4: el estudiante hace y dice.

Existen varios tipos de adiestramientos de los cuales entre los más comunes tenemos:

Inducción: es la orientación general que se le da al empleado para adecuarlo al puesto, al grupo y a la institución. Este tipo de formación tiene la meta de crear una actitud favorable del empleado y facilitar su proceso de integración.

Adiestramiento a través de la experiencia: consiste en reunir un grupo de personas en base a tareas o áreas similares para intercambiar experiencias, métodos y recursos. En tales espacios se debe establecer un flujo informativo precisando aspectos como objetivos, expectativas, dinámicas, metodología, aspectos organizativos y el código para el análisis. Este tipo de formación es útil, pues de la experiencia de los individuos o grupos se enriquece el trabajo y se comparten vivencias significativas.

Adiestramiento en y para la organización: consiste en desarrollar al máximo el potencial humano de la institución por medio de la implementación de un sistema de educación permanente que abarque las siguientes etapas:

- Preparación y actualización para el mejor desempeño del cargo.
- Preparación para otros cargos que pudiera ocupar el empleado.
- Preparación para el desarrollo general integral.

- Los objetivos del adiestramiento, son los siguientes:
 - Incrementar la productividad.
 - Promover la eficiencia del trabajador, sea obrero, empleado o funcionario.
 - Proporcionar al trabajador una preparación que le permita desempeñar su puesto con mayor responsabilidad.
 - Promover un ambiente de mayor seguridad.
 - Ayudar a desarrollar condiciones de trabajo más satisfactorias, mediante los intercambios personales surgidos con ocasión del adiestramiento.
 - Promover el mejoramiento de los sistemas y procedimientos.
 - Contribuir a reducir los movimientos de personal, tales como renuncias y destituciones.
 - Contribuir a reducir las quejas de empleados proporcionando una ética de trabajo más elevada.
 - Facilitar la supervisión de personal.
 - Promover los ascensos sobre la base del mérito personal.
 - Contribuir a la reducción de los accidentes de trabajo.
 - Reducir el costo de operación.

Según conceptos de administración de personal, existen una serie de requisitos y normas que se deben tomar en cuenta para diseñar un programa de adiestramiento los cuales son:

Tabla IV. **Requisitos de un programa de adiestramiento**

| | | |
|--|--|--|
| Planificación y gestión y monitoreo del programa | <p>Informar los objetivos del programa.</p> <p>Colaborar en su gestión y administración.</p> <p>Facilitar los equipos de apoyo (computadoras, video beam, folleto).</p> | <p>Coordinar y dirigir el programa.</p> <p>Facilitar personal (instructor (a) requerido (a))</p> <p>Monitorear el desarrollo del programa.</p> |
| Selección de los trabajadores que se van a adiestrar | <p>Levantar la información sobre necesidades de adiestramiento</p> <p>Desarrollar pruebas para seleccionarlos.</p> <p>Determinar requisitos mínimos.</p> | <p>Seleccionar a los que requieren ser adiestrados de acuerdo a sus debilidades y potencialidades de desarrollo para las acciones de adiestramiento</p> |
| Evaluación de resultados. | <p>Chequear y llevar registro computarizado de resultados.</p> <p>Informar sobre progreso a todos los trabajadores involucrados.</p> <p>Establecer métodos para determinar progreso.</p> | <p>Inspeccionar de cerca la ejecución del trabajo.</p> <p>Asumir la responsabilidad de su efectividad.</p> <p>Aprovechar debidamente la mayor capacidad obtenida.</p> <p>Obtener incremento en la capacidad individual</p> |
| Determinar necesidad | <p>Practicar inspecciones.</p> <p>Analizar necesidades.</p> <p>Ayudar al supervisor a determinar necesidades.</p> | <p>Reconocer prontamente las necesidades de capacitación.</p> |

Fuente: Cuadro Tomado de "Administración de personal y recursos humanos" (p.209), por B Werther y H Davis, 2000, México.

3.3.2. Diseño del proceso de adiestramiento

Basándose en la definición establecida de un proceso de adiestramiento, se diseñará únicamente en enseñar a los empelados y trabajadores el funcionamiento de la maquinaria y el equipo de manera individual más no en el funcionamiento en conjunto del proceso ni en el diseño llevado a cabo. El adiestramiento sobre la nueva maquinaria se impartirá a todos los trabajadores de la planta, no sólo a los directamente involucrados en su uso, esto debido a que es necesario para la empresa que todos los trabajadores estén al tanto del funcionamiento del equipo.

3.3.3. Diseño de la capacitación

Como se describió previamente, la capacitación es la enseñanza del funcionamiento de un sistema o bien un nuevo trabajo a un trabajador, en este paso se preparará al empleado realizando una descripción detallada de todo el funcionamiento paso a paso propiamente del sistema y no únicamente del equipo o maquinaria.

CONCLUSIONES

1. Al momento de desarrollar un proceso de automatización se debe realizar desde su inicio por un mismo personal y debe ser llevado con un seguimiento adecuado para que así no existan lagunas en el desarrollo del mismo.
2. La planificación de un proceso de automatización debe basarse principalmente en solventar las necesidades que tenga la empresa que lo esta solicitando.
3. El uso de un controlador lógico programable, como elemento de control en un sistema de automatización, es la elección más común y más eficiente al momento de desarrollar un sistema de este tipo debido a la gran capacidad que posee y a las facilidades brinda.
4. Una combinación correcta entre un sistema antiguo y uno nuevo solo se puede obtener mediante un diseño adecuado y un análisis detallado de los procesos y su funcionamiento.
5. Un sistema de capacitación y adiestramiento a los empleados se debe basar en las necesidades a solventar de conocimiento del proceso al personal que será orientado.

RECOMENDACIONES

1. Instalar un proceso capaz de ser ampliado en el futuro debido al aumento en los requerimientos que espera la empresa para los años posteriores, además de un aumento en la automatización de la planta de producción.
2. Dar una revisión periódica a los equipos así como un mantenimiento adecuado, esto para evitar fallos sobre el proceso.
3. El operador a cargo del proceso instalado debe ser el operador encargado en la actualidad del proceso de molienda.
4. Dar una capacitación y adiestramiento correctamente orientado a todo el personal operativo de la planta de producción, para así poder contar con un sustituto en caso de ausencia del operador principal y no detener las operaciones de la planta.
5. Asignar a un ingeniero conocedor del tema para evaluaciones de rendimiento y operación del proceso para así evitar fallos o errores inesperados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alimentación Sana. *¿Qué son los aminoácidos?* [en línea]. <<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/aminoacidos.htm>> [Consulta: 30 de octubre de 2013.]
2. ISO, *ISO Standards* [en línea]. <<http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>> [Consulta: 30 de septiembre de 2013.]
3. LAUGHTON, M. A. *Electrical engineer's reference book*. D. J. Warne (ed), 16th edition, Newnes, 2003. Chapter 16 Programmable controller.
4. NORTHROP, Robert B. *Introducción a instrumentación y las medidas*. CRC Press. 1997.
5. Oficina de Tratados Comerciales Agrícolas. *Medidas sanitarias y fitosanitarias* [en línea]. <<http://otcasea.gob.do/?p=2060>> [Consulta: 24 de agosto de 2013.]
6. RODRÍGUEZ CORTEZO, Jesús. *Tecnología e industria: dos realidades alcanzables*. ESIC. 1997. 29 p.

7. ROMERA, J. P.; LORITE, J. A.; MONTOR, S. *Automatización, problemas resueltos con autómatas programables* [en línea]. Editorial Paraninfo. 1994. <<http://es.scribd.com/doc/36324032/Automatizacion-Problemas-Resueltos-con-Automatas-Programables-J-P-Romera-J-A-Lorite-y-S-Montor>> [Consulta: 10 de agosto de 2013.]
8. SHANNON, Robert; JOHANNES, James D. *Systems simulation: The art and science*. IEEE Transactions on systems. 1976. 724 p.
9. VILDÓSOLA, Eugenio C. *Actuadores* [en línea]. Soltex Chile S. A. <<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>> [Consulta: 22 de septiembre de 2013.]
10. Weg. *Arrancadores suaves SSW 07 Soft Starter* [en línea], <<http://www.aptus-hmi.com/archivos/WEG/Catalogos/Arrancadores%20estaticos/SSW07%20Catalogo.pdf>> [Consulta: 30 de agosto de 2013.]
11. WERTHER, B.; DAVIS, H. *Capacitación y adiestramiento* [en línea]. México. 2000. <<http://www.monografias.com/trabajos82/proceso-capacitacion-adiestramiento/proceso-capacitacion-adiestramiento.shtml#ixzz2aOK2pstq>> [Consulta: 16 de octubre de 2013.] <<http://www.monografias.com/trabajos82/proceso-capacitacion-adiestramiento/proceso-capacitacion-adiestramiento2.shtml#ixzz2aOKHIQkv>> [Consulta: 16 de octubre de 2013.]

ANEXOS

Descripción del proceso de adiestramiento

Presentación y descripción del equipo: se dará una introducción a los empleados del tipo de equipo que se utilizará en el proceso, especificando que es un proceso automático muy diferente a los empleados hasta el momento en ese proceso, además, se describirá de manera explícita cada uno de los equipos instalados en el nuevo proceso, su uso general, sus funciones tanto generales como específicas para la empresa y sus capacidades específicas, así como también el fin que tendrá cada uno de ellos y su utilidad por lo que están siendo instalados.

Presentación y descripción del proceso completo: se describirá de manera explícita la función y el uso de cada equipo involucrado en el proceso completo, realizando una analogía a su equivalente en el funcionamiento antiguo del proceso para comprender de una mejor manera el uso en su funcionamiento nuevo y poder realizar una comparación y una familiarización del personal con la maquinaria del sistema. La utilidad principal de realizar una analogía con el funcionamiento antiguo se encuentra en poder describir con modelos conocidos para los empleados los nuevos equipos y que su funcionamiento a pesar de ser digital no se encuentra muy apartado al que ellos conocen.

Presentación del controlador lógico: siendo el controlador lógico el equipo más reciente y más complejo entre los que se van a adquirir se dedicará una parte del adiestramiento únicamente al conocimiento y funcionamiento del mismo. Se realizará comenzando por una explicación de las capacidades de control que tiene el PLC y sus limitaciones en proceso industriales, así como una descripción teórica breve del funcionamiento estándar. Para realizar una ejemplificación del funcionamiento en un proceso se realizará con un sistema de simulación a manera de demostración de sus capacidades.

Descripción del proceso de capacitación

Descripción del proceso: la mayor parte de los empleados de la empresa ya conocen el funcionamiento del proceso de molido de maíz, una parte del personal no lo conoce de manera detallada pero por lo menos a lo conoce a grandes rasgos, por lo cual en este punto se describirá de manera explícita el funcionamiento antiguo del proceso para luego solo generar la analogía del proceso antiguo contra el funcionamiento del proceso nuevo para que observen que el funcionamiento en sí sigue siendo el mismo y que lo único que cambia son pocos detalles de funcionamiento y más que todo el proceso y la forma de control al variarlo de un panel totalmente analógico a un control digital por parte de un equipo nuevo, en este caso una computadora.

Manejo del proceso: ya una vez se ha presentado el uso de la maquinaria en el proceso y sus funciones en el adiestramiento, se procede a enseñar el manejo y control de toda la maquinaria en funciones en el proceso desde el panel gráfico a instalar. Para dicho proceso se realizará por medio de la simulación diseñada para el proceso de pruebas descrita anteriormente de manera que los empleados puedan observar y familiarizarse con el panel gráfico. Este proceso tiene como fin que los trabajadores y operarios desarrollen un análisis propio de las distintas situaciones que pueden presentarse. Para fines didácticos se pasará a cada uno de los empleados a trabajar en la simulación para que se familiaricen con el proceso de control y los posibles errores que pueden existir en el proceso.

Posibles problemas: a lo largo del proceso no siempre se contará con condiciones ideales al momento de trabajar por lo que los trabajadores deben estar preparados y atentos a los distintos inconvenientes que puedan surgir.

Para este punto se diseñará una simulación que presente fallas en su funcionamiento, principalmente sensores que generan una señal errónea o bien algún guarda nivel dañado que no genere la señal que debe al momento de detener sus funciones por el maíz, de manera que los trabajadores deben observar y analizar que deben hacer en dichos casos y generar una mentalidad adecuada para el control del proceso.

Manual de usuario

Dado que el proceso aún no ha sido instalado se propone un manual de usuario el cual será empleado posteriormente en la capacitación a los empleados y al personal operativo del proceso, así como también al público que quiera conocer más sobre el proceso. El manual debe abarcar:

Funcionamiento del proceso: en esta parte se debe dar a conocer todo el funcionamiento de los distintos equipos y aplicaciones a utilizar dentro del proceso. No se debe hacer una descripción teórica de los equipos, se debe hacer una descripción de la aplicación que se le da en el proceso que se esta trabajando, dado que es un manual de usuario y no un manual técnico.

Así mismo se debe realizar una descripción completa del proceso y su funcionamiento, dando a conocer que el proceso consta de 5 partes principales las cuales se exponen en este apartado para que el usuario conozca de manera explícita el funcionamiento del proceso completo, sus funciones y equipos.

Panel de control digital: dado que esta será la parte con la que más interacción tendrán los usuarios debe exponerse cada uno de los casos que pueden aparecer en el panel de control, es decir, todas las posibles indicaciones que puede dar el panel de control.

Se debe mostrar la señal que dirá en qué momento los silos están vacíos o llenos y como lo expone el panel, de que manera se selecciona un silo tanto de almacenaje como de materia prima, como se selecciona un motor y de qué forma se realiza un seguimiento del maíz en el proceso.

Todos estos casos se deben exponer con imágenes e indicadores de donde están ubicadas las señales y los botones que nos ayudarán a seleccionar los silos o motores deseados, de modo que sea accesible y de fácil entendimiento para cualquier usuario que use el manual.

Control del proceso: en esta sección se debe indicar como se realiza el control del proceso de molido de maíz en su totalidad. Ya que se conoce como hacer las selecciones o revisar los datos expuestos en el panel de control y también se ha dado a conocer de manera explícita el funcionamiento del proceso, se realiza una explicación de cómo se debe llevar el proceso de manera correcta con el panel de control. Esto solo se logra indicando paso a paso como debe funcionar el proceso con imágenes e indicadores de que se debe hacer en cada uno de los pasos que lleva el proceso.

El uso de imágenes en esta parte del manual es primordial debido a que presentan facilidad de entendimiento y por lo tanto una mejor aplicación para la enseñanza a quienes hagan uso del manual.

Posibles problemas: en esta sección se presentan los posibles problemas que se pueden presentar en el proceso, tales como una selección incorrecta de silo para la extracción o el almacenaje, una selección incorrecta del molino que se quiere utilizar, un motor de extracción que no detecta la señal para su arranque o un transportador que no funciona para llevar el maíz o la materia prima.