



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

**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE
UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**

Juan Manuel Medrano Padilla

Asesorado por el Ing. Hugo Eduardo Silvestre Rustrián

Guatemala, enero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE
UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN MANUEL MEDRANO PADILLA

ASESORADO POR EL ING. HUGO EDUARDO SILVESTRE RUSTRIÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

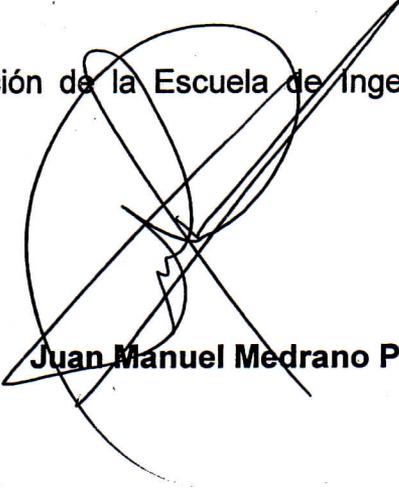
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2014.



Juan Manuel Medrano Padilla

Guatemala 30 de abril 2014

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

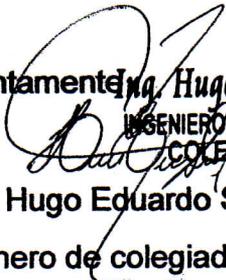
Director Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Es un gusto saludarle, como asesor del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**, desarrollado por el estudiante Juan Manuel Medrano Padilla y que se da por satisfactorio en su contenido y resultados, por lo tanto me permito dar aprobación al mismo.

Sin otro particular me suscribo.

Atentamente  **Ing. Hugo Eduardo Silvestre**

**INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No 9236**

Ing. Hugo Eduardo Silvestre Rustrián

Número de colegiado 9236

Asesor



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**, presentado por el estudiante universitario **Juan Manuel Medrano Padilla**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Renaldo Giron Alvarado
COLIGIADO 5977

Ing. Renaldo Giron Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

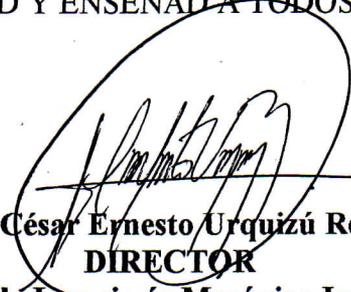
Guatemala, octubre de 2014.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**, presentado por el estudiante universitario **Juan Manuel Medrano Padilla**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2015.

/mgp



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 Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE UNA PLANTA QUE PRODUCE CEREALES**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Manuel Medrano Padilla**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos
Decano



Guatemala, enero de 2015

/cc

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Política.....	1
1.1.2. Misión/Visión.....	1
1.1.3. Esquema organizacional	2
1.1.4. Productos y/o servicios.....	3
1.2. El proceso.....	3
1.2.1. Entradas del proceso.....	4
1.2.2. Proceso de producción	4
1.2.3. Salidas del proceso	5
1.3. Análisis del proceso.....	5
1.3.1. Técnicas para la solución de problemas.....	6
1.3.2. Análisis de la operación.....	7
1.3.3. Estudio de tiempos	7
1.4. Producción más Limpia	8
1.4.1. ¿Qué es Producción más Limpia?.....	8
1.4.2. Reseña histórica	9
1.4.3. Aplicaciones en la industria	10

1.4.4.	Cómo aplicar la Producción más Limpia	10
2.	SITUACIÓN ACTUAL	13
2.1.	Descripción del proceso	13
2.2.	Tiempo muerto	17
2.3.	Eficiencia del proceso	18
2.4.	Diagramas	18
2.4.1.	Flujo	19
2.4.2.	Recorrido	22
2.5.	Factor humano	26
2.5.1.	Prácticas del personal	26
2.5.2.	Áreas de mejora	29
2.5.3.	Grupo de trabajo	30
2.6.	Factor maquinaria y equipos	31
2.6.1.	Maquinaria	31
2.6.2.	Equipos	32
2.7.	Costo de oportunidad	33
2.7.1.	Análisis de precios en el mercado	34
2.7.2.	Costo de oportunidad generado por tiempos muertos	36
3.	SITUACIÓN PROPUESTA	39
3.1.	Rediseño del proceso	39
3.2.	Reducción del tiempo muerto	40
3.3.	Incrementar eficiencia del proceso	43
3.4.	Diagrama del proceso rediseñado	43
3.4.1.	Flujo	44
3.4.2.	Recorrido	48
3.5.	Factor humano	49

3.5.1.	Nuevas técnicas de operación.....	53
3.5.2.	Medición de la calidad del producto.....	53
3.5.3.	Buenas Prácticas de Manufactura	54
3.6.	Factor maquinaria y equipo	55
3.6.1.	Herramientas y equipo.....	55
3.6.2.	Químicos de limpieza	57
3.6.3.	Equipo de protección personal	58
3.7.	Análisis financiero.....	59
3.7.1.	Cálculo de la inversión necesaria	59
3.7.2.	Valor presente	61
4.	IMPLEMENTACIÓN	65
4.1.	Plan de capacitación para el personal.....	65
4.1.1.	Configuración de equipos	68
4.1.2.	Métodos y técnicas de limpieza.....	69
4.1.3.	Manejo de materias primas.....	70
4.1.4.	Seguridad ocupacional	71
4.2.	Maquinaria y equipo	72
4.2.1.	Modificaciones propuestas	73
4.2.2.	Compra de nuevo equipo	75
5.	SEGUIMIENTO	77
5.1.	Monitoreo de tiempos muertos con el software implementado .	77
5.1.1.	Gráficos de control.....	79
5.1.2.	Planes de acción	79
5.2.	Plan de mantenimiento para los equipos.....	80
5.2.1.	Trabajos de mantenimiento semestral.....	82
5.2.2.	Trabajos de mantenimiento anual.....	83

6.	MEDIO AMBIENTE	85
6.1.	Aspecto legal aplicable.....	85
6.2.	Política ambiental de la organización	87
6.3.	Subproductos generados en los procesos	89
6.3.1.	Datos históricos	90
6.3.2.	Gráfico de control	91
6.4.	Reducción de subproductos.....	93
6.4.1.	Corridas largas de producción.....	94
6.4.2.	Medición de rendimientos.....	95
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	APÉNDICES.....	103
	ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema organizacional	2
2.	Diagrama de proceso operativo	16
3.	Diagrama de flujo del proceso.....	20
4.	Diagrama recorrido, vista de planta.....	24
5.	Diagrama recorrido, vista de perfil.....	25
6.	Diagrama hombre-máquina Extrusión.....	27
7.	Diagrama hombre-máquina Recubrimiento.....	28
8.	Equipo para mover piezas grandes.....	32
9.	Hidrolavadora	33
10.	Porcentaje de tiempo perdido por cada variable del OEE	39
11.	Diagrama de flujo del proceso.....	45
12.	Diagrama recorrido, situación propuesta.....	49
13.	Diagrama hombre-máquina situación propuesta, Extrusión.....	51
14.	Diagrama hombre-máquina situación propuesta, Cobertura	52
15.	Equipos y herramientas para operación de la línea	56
16.	Equipos para limpieza de la línea.....	57
17.	Equipo de protección personal	58
18.	Cálculo del valor presente y valor futuro	63
19.	Etapas de la capacitación.....	66
20.	Gráficos para monitorear tiempos muertos	78
21.	Grafico de control meses de mayo 2012 y junio 2012.....	79
22.	Componentes del ecosistema	85
23.	Gráficos de control, kilogramos de subproducto	92

24.	Ilustración simplificada del proceso.....	96
25.	Gráfico de control rendimientos materia prima	96

TABLAS

I.	Efectos del tiempo muerto en la producción	18
II.	Tiempo muerto del personal operativo, método actual	29
III.	Precio por kilogramo en el mercado de cereales	35
IV.	Costo de oportunidad por parar línea una hora	37
V.	Tiempo perdido por variable	40
VI.	Turnos en los que se registraron tiempos muertos	42
VII.	Tiempo muerto del personal operativo, método propuesto	50
VIII.	Costos de equipo y herramientas para operar línea	59
IX.	Costos de equipo para la limpieza del equipo.....	60
X.	Costos de equipo para protección personal.....	60
XI.	Costo de implementación.....	62
XII.	Costo de oportunidad acumulado en un año	62
XIII.	Plan de capacitación anual, para operarios	67
XIV.	Módulo de capacitación: configuración de equipos.....	69
XV.	Módulo de capacitación: métodos y técnicas de limpieza.....	69
XVI.	Módulo de capacitación: manejo de materias primas	70
XVII.	Módulo de capacitación: seguridad ocupacional.....	72
XVIII.	Maquinaria de la línea de producción de cereales.....	73
XIX.	Estado de la inversión en herramienta y equipo	75
XX.	Plan de mantenimiento semestral.....	82
XXI.	Plan de mantenimiento anual.....	83
XXII.	Registro de subproducto en 11 turnos	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
▽	Almacenar
D	Demora en el proceso
h	Horas
□	Inspección
kg	Kilogramos
m	Minutos
Q	Moneda Quetzal
○	Operación
◻	Operación e inspección combinadas
%	Porcentaje
s	Segundos
⇨	Transporte

GLOSARIO

<i>Batch</i>	En procesos industriales, este término se utiliza para referirse a una combinación de materias primas que deben abastecerse en la maquinaria. Para crear una <i>batch</i> el fabricante se basa en una receta.
Calidad	Representa las condiciones de un bien o servicio; este valor puede ser conforme y no conforme. Esto depende de qué se ofrezca al cliente.
Cereal expandido	Variedad de cereal que se somete a altas presiones en un extrusor y que al salir de unos moldes se dilata, debido a que la presión atmosférica es menor que la presión manométrica.
Cereal hojuelado	En una variedad de cereal listo para servir, que consiste en aplastar el pellet con unos rodillos.
Dosificación volumétrica	Es una forma de cuantificar y de medir masa, utilizando un volumen específico; este método es confiable siempre y cuando la densidad de la materia que se mide sea constante.
Eficacia	Es obtener resultados deseados, es decir es el grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares.

Eficiencia	Es obtener resultados deseados minimizando la cantidad de recursos invertidos. Esto depende de la forma en que se utilizan los recursos de la organización.
Estiba	Es una técnica de almacenaje para cargas, de una forma más segura y ordenada.
Grados brix	Unidad de medición que se utiliza para cuantificar el cociente total de azúcar disuelta en agua. Esta medición se hace con un refractómetro.
Indicadores	Datos o información que se generan en cada etapa del proceso.
Ingredientes secos	Se utiliza esta frase para nombrar harinas, vitaminas y otros ingredientes; generalmente son mezclados con agua en las siguientes fases del proceso.
Inocuidad	Son condiciones de higiene para la preparación de alimentos, para que no provoquen daños a la salud del consumidor final.
Jarabe	También se le llama “sirope”, es una mezcla de agua, azúcar, vitaminas y colorantes.
Marmita	Contenedor que se utiliza para la cocción; tiene la función de la cocción y mezclado del jarabe.

Pallet	También se le conoce con el nombre de tarima, esta es una plataforma plana que se utilizar para apilar materias primas como el azúcar para que no tenga contacto directo con el suelo. Pueden ser de madera o de plástico.
Pellet	En proceso de fabricación de cereales, se conoce como pellet al cereal que no ha completado el proceso de fabricación. Es decir es el producto en las fases intermedias del proceso.
Producción limpia	En el ambiente de la industria se dice que es producir con el mínimo de desperdicios.
Productividad	Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles, para alcanzar los objetivos planteados.
Sistema de gestión	Es una serie de procesos y procedimientos diseñados e instalados para la mejora continua en aspectos como calidad, inocuidad, medio ambiente, salud y seguridad ocupacional, etc.
Tiempo muerto	En la industria se le conoce como un tiempo no productivo; este tiempo suele medirse directamente en la maquinaria.
Tornillo sin fin	Parte de la maquinaria cuya función es transportar materia.

Versátil

En los procesos industriales suele llamarse así a cualquier recurso disponible que sea capaz de adaptarse fácilmente a distintos tipos de condiciones.

RESUMEN

Este es un estudio enfocado en encontrar formas, técnicas y equipos para elevar la productividad de una planta que fabrica cereales, utilizando conceptos de Producción más Limpia, eficiencia global de equipos y técnicas de la ingeniería de métodos.

Se lleva a cabo un diagnóstico de la situación actual, utilizando indicadores de la eficiencia global de los equipos; se hace un análisis de la relación hombre-máquina y se esbozan los diagramas de proceso y recorrido, para detectar recursos mal aprovechados.

Específicamente en el proceso de transformación de la materia prima no se hacen recomendaciones, ya que cada fase del proceso es necesaria para hacer un producto de buena calidad, pero sí se detectaron oportunidades de mejora.

Dentro las oportunidades de mejora se propone la adquisición de nuevo equipo y herramienta y el rediseño de los puestos de trabajo del personal operativo responsable de la línea de producción, ya que se detectó tiempo improductivo.

OBJETIVOS

General

Reducir los tiempos muertos en las líneas de proceso, aplicando técnicas de ingeniería de métodos en una fábrica de cereales

Específicos

1. Establecer tiempo estándar para preparar las líneas de producción.
2. Reducir el tiempo actual de preparación de las líneas de cereal.
3. Calcular un número óptimo de operarios para llevar a cabo dichas actividades, en las líneas de producción.
4. Identificar qué equipos representan cuellos de botella en sus respectivas líneas, durante la etapa de preparación, y cuánto tiempo representa.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación es una aplicación de algunas técnicas básicas de la ingeniería que son útiles en la gestión de toda planta de producción. En este caso se trata de implementar una mejora que podrá verse reflejada en la reducción de tiempos perdidos. El entorno donde se lleva a cabo la investigación es una planta productora de cereales.

La variedad de productos implica utilizar el mismo equipo para dos o más tipos de cereales; esto requiere que al terminar un producto y después producir otro es necesario limpiar y configurar el equipo para siguiente producto. A la transición de un producto a otro se le llamará simplemente preparación y entiéndase que encierra todas las actividades involucradas en la transición de productos. A simple vista, la mayor parte del tiempo invertido en la etapa de preparación se consume en la limpieza del equipo; pero en ocasiones las actividades de configurar el equipo han invertido un tiempo mayor del estimado, ya sea por fallas o errores operativos.

Otras pérdidas de tiempo son provocadas por fallas del equipo, corte en los servicios y por limpiezas. En caso que sean fallas estas, sean mecánicas o eléctricas y muchas veces es importante repararlas de inmediato para no sacrificar la vida útil de la maquinaria o también puede verse afectada la calidad del producto. En ocasiones puede haber una suspensión de los servicios como suministro de agua, energía eléctrica, vapor y aire comprimido.

Unos tiempos muertos muy recurrentes son provocados cuando se altera la calidad del producto.

Se sabe que las corridas largas minimizan costos, pero en ocasiones es necesario parar y reajustar el equipo, ya que puede ser sacrificada la calidad del producto. Se sabe que al afectarse la calidad puede incurrirse en otros costos. Las actividades que el operario realiza en un paro de estos son limpiezas, y ajustar algunas partes mecánicas del equipo, ya que durante el funcionamiento de la línea se acumula producto en algunas partes y otras piezas se aflojan.

Por medio de la aplicación de técnicas básicas para el análisis de proceso, se hará un análisis del desempeño de la línea de producción de cereal; gran parte de esto depende de la habilidad del recurso humano en la preparación de su respectivo equipo. Analizar estas actividades es muy importante, ya que conociendo los tiempos muertos puede hacerse una planificación más apegada a la realidad. La planta cuenta con un software que se encarga de medir los tiempos muertos; lo que debe hacerse ahora es tratar de minimizar estos tiempos improductivos; la investigación se hará directamente en el área de trabajo. Se tomarán datos del software y otros datos serán seleccionados directamente.

El análisis parte en principio con el personal “fijo” que trabaja directamente en la línea de producción, se identificarán los tiempos perdidos durante la operación del equipo. Con los datos obtenidos se esbozarán diagramas y con estos se procederá a llevar a cabo un análisis, para evaluar cuáles son los paros más recurrentes; conociendo esto, se tratará de proponer e implementar mejoras. Como información complementaria, que será útil para ilustrar el contexto de lo que se investiga, se presentan datos relevantes de la organización de una forma concisa, donde se mencionan los productos que la organización produce. Esta organización tiene un sistema de gestión enfocado a la calidad y a la inocuidad.

1. ANTECEDENTES

1.1. La empresa

Específicamente la empresa se dedica a producir y vender productos alimenticios. Dichos productos son conocidos en el mercado nacional, como nutritivos y saludables, en su mayoría. Los procesos de fabricación, maquinaria y sistema de gestión están concentrados en producir con estándares altos de calidad e inocuidad, donde la seguridad ocupacional es prioridad y constantemente se investigan nuevos procedimientos y materiales para que la producción sea amigable con el medio ambiente.

1.1.1. Política

“Somos productores de alimentos. Mejoramos continuamente nuestros procesos por medio de un sistema eficaz de gestión de calidad e inocuidad, recurso humano competente, comunicación eficiente con nuestros socios comerciales y colaboradores, para lograr su satisfacción, cumpliendo compromisos y respetando regulaciones legales.” (Archivos empresa, 2012).

1.1.2. Misión/Visión

“Alimentamos, hoy y siempre, bienestar y satisfacción; mediante innovación y mejora continua de nuestros productos y servicios. Creemos en la importancia de brindar un excelente servicio al cliente, produciendo y comercializando alimentos de calidad y valor, que superen las expectativas de los consumidores. Confiamos el éxito y crecimiento, en el desarrollo de nuestro

recurso humano, el apoyo a nuestras marcas y en la incursión a nuevos mercados. Invertimos para entregar a nuestros colaboradores, socios comerciales, accionistas y a la comunidad en general, excelentes beneficios.” (Archivos empresa, 2012).

1.1.3. Esquema organizacional

La organización es una empresa guatemalteca, parte de una corporación que fabrica distintos productos, entre los que se mencionan bebidas, alimentos, refrescos, comida instantánea, etc.

Específicamente esta planta fabrica atoles, boquitas, agua pura, cereales. El organigrama es convencional, se divide en tres grandes áreas: administrativa, operaciones y ventas.

Figura 1. **Esquema organizacional**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Productos y/o servicios

El negocio principal de la organización es transformar cereales en su estado natural, a productos alimenticios como cereales listos para servir, atoles y boquitas; en sí la organización no vende ningún servicio, únicamente la distribución de los productos que se fabrican.

1.2. El proceso

El área de producción en estudio se dedica a la extrusión y empaque de cereales listos para comer. En sus inicios se fabricaba un cereal expandido con forma de bolita, muy famoso en el mercado; el proceso de extrusión se llevaba a cabo en la planta de atoles, y luego se horneaba. El proceso de empaque en ese entonces se llevaba a cabo con una empacadora gravimétrica, pero solo contaba con dos balanzas y la velocidad de empaque era muy baja, si se le compara con la que actualmente se cuenta.

Más adelante se adquiere la primera línea de cereales hojuelados; con el transcurso de los años fue modificándose y mejorándose esta línea de extrusión, ya se fabricaban cereales recubiertos de azúcar, y también de chocolate. Respecto de los cereales expandidos, se adquiere también una línea para este tipo de cereales.

Esta línea es muy versátil, ya que permite extruir cereales con distintas formas, como esferas, aros, estrellas, y otras formas. Esta línea también fabrica pellet a una capacidad equivalente a la línea nueva de la planta. La adquisición de las líneas de extrusión mencionadas, obligó a la fábrica a adquirir equipos de empaque que fueran precisos y que trabajaran a una mayor velocidad.

Se adquirió por esto un equipo gravimétrico multibalanzas. La demanda de estos cereales fue creciendo y por lo tanto se hizo necesario adquirir una línea moderna para fabricar cereales, y así tener una mayor productividad; también fue necesario adquirir una nueva línea de empaque, la cual es gravimétrica multibalanzas, pero con un margen de error menor que el equipo de empaque antes mencionado.

1.2.1. Entradas del proceso

Para que la fabricación pueda llevarse a cabo, los recursos que ingresan al proceso son: recurso humano, maquinaria, materias primas y servicios.

1.2.2. Proceso de producción

El proceso en estudio está delimitado exclusivamente a la transformación de la materia prima a cereal "listo para comer".

El proceso inicia con el cálculo de la materia prima necesaria, se solicita a las bodegas, después se transporta a la planta, en donde se arman las combinaciones de materias primas que se abastecerán al equipo. Se abastece el equipo con harina, vitaminas y azúcar.

Estos ingredientes se mezclan en seco. Esta mezcla se hace circular en el equipo donde se añade agua, y algunos colorantes, todo se mezcla y se procede a calentar la mezcla con vapor, para luego hacerla pasar por unos moldes que tendrán la forma del cereal.

Después, este pellet se baña con jarabe, para luego pasar por un proceso de secado, el siguiente listado enumera a grandes rasgos nueve etapas importantes:

- Mezclado en seco
- Dosificado
- Extrusión
- Corte
- Cocción del jarabe
- Baño con jarabe
- Secado
- Enfriado
- Empaque

1.2.3. Salidas del proceso

La transformación de la materia prima en cereal da como resultado final producto conforme, producto no conforme y producto que es resultado de pruebas controladas para su mejora los cuales se distribuyen actualmente.

1.3. Análisis del proceso

La planta de producción en estudio visualmente se divide en dos grandes áreas que se nombran como: proceso y empaque. Internamente la planta llama “Área de proceso” donde se transforma la materia prima en “cereal” y lógicamente se define como “Área de empaque” donde se empaca el “cereal”.

Desde un inicio se delimita esta investigación al “Área de proceso” y por eso todo girará en función de mejorar esta área y hacerla más productiva.

Los indicadores que serán de utilidad son los de eficiencia global de los equipos OEE por sus siglas tiempo muerto del personal operativo; para este último indicador será de ayuda el diagrama hombre-máquina.

1.3.1. Técnicas para la solución de problemas

La ingeniería industrial tiene varias opciones para analizar problemas de una forma “estructurada”, dependiendo del caso y de los datos obtenidos, debe buscarse la técnica que facilite el análisis y llegar a conclusiones acordes con los objetivos que se persiguen, existen técnicas de exploración, de registro y análisis; a continuación se listan algunas de las opciones aplicables:

- Análisis de Pareto
- Diagramas de pescado
- Gráfica de Gantt
- Gráfica PERT
- Guía de análisis del trabajo y/o lugar de trabajo
- Diagrama de flujo del proceso
- Diagrama de recorrido

Estos son solo algunas de las técnicas de gran utilidad; todos los datos y conclusiones que puedan obtenerse al aplicarlas son de gran valor, al final de cuentas el criterio del analista del proceso será quien elija qué técnica o técnicas utilizar.

1.3.2. Análisis de la operación

El análisis de la operación puede llevarse a cabo tomando como guía lo que se conoce como los nueve enfoques principales del análisis de la operación. Se enumeran a continuación:

- Propósito de la operación
- Diseño de partes
- Tolerancias y especificaciones
- Material
- Secuencia y procesos de manufactura
- Preparaciones y herramientas
- Manejo de materiales
- Distribución de planta
- Diseño del trabajo

1.3.3. Estudio de tiempos

El propósito de hacer un estudio de tiempos es establecer una medida del trabajo, expresada en unidades de tiempo. Cuando se realice el estudio de tiempos debe tomarse en cuenta que no todos los operarios trabajan al mismo ritmo, y el investigador debe tener el criterio de saber elegir el resultado que se apegue a la realidad y que sea representativo, para sacar conclusiones acertadas. Se recomienda contar con las siguientes herramientas:

- Cronómetro
- Computadora portátil, para que la recopilación de datos sea más dinámica.

- En algunos casos es necesario contar con una cámara, para documentar con fotos y vídeos de eventos clave en el proceso.
- Es necesario preparar formularios y de ser posible contar con un software para tal propósito. De no contar con un software, una hoja de cálculo puede ser de utilidad.

1.4. Producción más Limpia

Es el enfoque de gestión que va a permitir avanzar a las empresas de forma ordenada. Con este enfoque es posible obtener los productos y servicios de una forma rápida y a un bajo costo. El principal objetivo de este enfoque es evitar lo innecesario en todo proceso, ya sean tiempos, actividades, insumos, etc.

La forma tradicional de gestionar la producción se enfoca en una forma casi total en maximizar la productividad. Sin embargo la forma de gestionar la producción de una forma limpia, en resumen, tiene como objetivo no solo elevar la productividad, sino también reducir costos y tiempo, mejorar la calidad y la flexibilidad.

1.4.1. ¿Qué es Producción más Limpia?

Esta filosofía de gestionar la producción busca en particular eliminar: todo aspecto que no agrega valor, tiempos muertos y desperdicios. Este sistema de producción se fundamenta en dos características bien marcadas:

- Versatilidad en productos, procesos, puestos de trabajo y trabajador
- Eliminación de desperdicios

Eliminando del proceso todo lo que no agrega valor al producto, se espera alcanzar varios objetivos como:

- Elevar la productividad
- Rapidez en la entrega de productos y servicios al cliente
- Minimizar costos
- Flexibilidad para cubrir la demanda

1.4.2. Reseña histórica

Poco después de la Segunda Guerra Mundial, esto es alrededor de los años 50, en Japón, las fábricas tenían el problema de la escasez de recursos de todo tipo: humanos, financieros, insumos, maquinaria, etc. Algunas plantas se enfrentaban a problemas como:

- Un mercado interior relativamente pequeño
- Mano de obra exigente en lo referente a las condiciones laborales
- Poco capital y/o divisas por lo tanto; esto representaba una dificultad para adquirir tecnología
- Mercado exterior dispuesto incluso a instalar sus operaciones en Japón

Con todas estas dificultades el Gobierno de Japón impuso ciertas medidas para proteger las fábricas locales, pero estas medidas no serían suficientes para competir especialmente con Estados Unidos. Particularmente estaba la situación de la industria de los automóviles, Japón tenía competencia con las tres empresas de Detroit; entonces el Gobierno japonés propuso que doce compañías japonesas, se fusionaran para formar tres; de esta forma podrían obtener los beneficios que da la producción a gran escala.

En las últimas décadas del siglo XX, ha habido cambios importantes en la forma de gestionar la producción a nivel mundial. De acuerdo con los principios del sistema Toyota. Estos principios dan lugar a lo que se conoce como *Lean Production*, o Producción más Ajustada; otra traducción puede ser Producción más Limpia.

1.4.3. Aplicaciones en la industria

La Producción más Limpia basa su eficiencia gestionando el proceso como un todo. Además de la productividad tiene otros objetivos como plazo de entrega, calidad y flexibilidad. El incremento de la productividad depende de varios aspectos que si se ven por separados es posible que su peso porcentual no sea representativo, pero que analizados en conjunto, la sumatoria de estos represente un resultado satisfactorio. En palabras sencillas producir de una forma limpia es:

- Reducir desperdicios en el uso de los recursos
- Eliminar actividades innecesarias
- Reducir tiempos muertos
- Motivar la fuerza laboral, creando un mejor ambiente de trabajo

1.4.4. Cómo aplicar la Producción más Limpia

En sí la Producción más Limpia es producir sin desperdicios; pero para alcanzar este objetivo de una forma sistemática hay que partir de los siguientes puntos:

- Analizar cada parte del proceso y eliminar y/o mejorar dichas actividades, siempre que sea posible y factible.

- Aplicar técnicas para analizar el entorno de trabajo
- Identificar efectos negativos y buscar la causa raíz.
- Analizar todas las entradas y salidas del proceso, para identificar desperdicios de recursos.
- Implementar indicadores, se dice que todo lo que se puede medir puede ser mejorado y establecer objetivos con base en estos indicadores.
- Hacer un mapa o diagrama del proceso o procesos. En este mapa se debe mostrar el proceso en sí, las entradas y salidas del mismo.

El cálculo del OEE es un indicador muy útil para medir la productividad de una planta y basta con utilizar la siguiente ecuación:

$$OEE = dovc$$

Donde sus variables se traducen como:

d = disponibilidad del equipo

o = eficiencia operativa

v = velocidad del proceso

c = razón de calidad

En resumen, para estas variables hay que estimar los tiempos perdidos por paros de origen externo a la operación de la planta, la velocidad de los equipos, el tiempo perdido originado por el factor humano y la calidad de lo que se produce.

En pocas palabras para, mantener un satisfactorio OEE, debe mantenerse un alto volumen de producción y una buena calidad.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del proceso

El proceso para la fabricación de cereales consiste en mezclar una serie de ingredientes como azúcar, harina, vitaminas, colorantes, sabores artificiales, agua, etc. En pocas palabras esa gran mezcla y una serie de procesos transforman todos estos ingredientes en un cereal listo para comer. Este es el listado de actividades involucradas en el proceso:

- Cálculo y solicitud de materia prima a almacén;
- Transporte de materia prima a planta;
- Preparar espacio físico y almacenamiento temporal de la materia prima;
- Seleccionar ingredientes con base en receta y armar *batch* en tarimas;
- Movilizar tarimas a línea de producción;
- Una tarima contiene los ingredientes para el pellet y la otra los ingredientes para el jarabe;
- Abastecer los ingredientes para el jarabe en las marmitas;
- Mezclado de los ingredientes con agua;

- Proceder a hervir el jarabe;
- Medir grados brix;
- Si los grados brix están de acuerdo con las especificaciones, mantener temperatura del jarabe y revisarla constantemente para que el aplicarla al pellet, el baño con jarabe sea uniforme. Si los grados brix no son los de la especificación, añadir más agua o cocer más;
- Abastecer ingredientes secos dentro de mezcladora;
- Accionar mezcladora y esperar;
- Cuando termina el ciclo de mezclado el equipo succiona la mezcla y la almacena de forma temporal en un silo;
- Cernido (para separar grumos);
- Dosificación de forma volumétrica (la dosificación no es con base en masa, el equipo tiene un conducto con un volumen específico y por donde un tornillo sin fin libera el producto a una velocidad constante);
- Se añade agua a la mezcla seca y se mezcla;
- La mezcla húmeda es descargada al extrusor y se procede a cocer;
- Aplicación de colores artificiales y otros ingredientes líquidos;

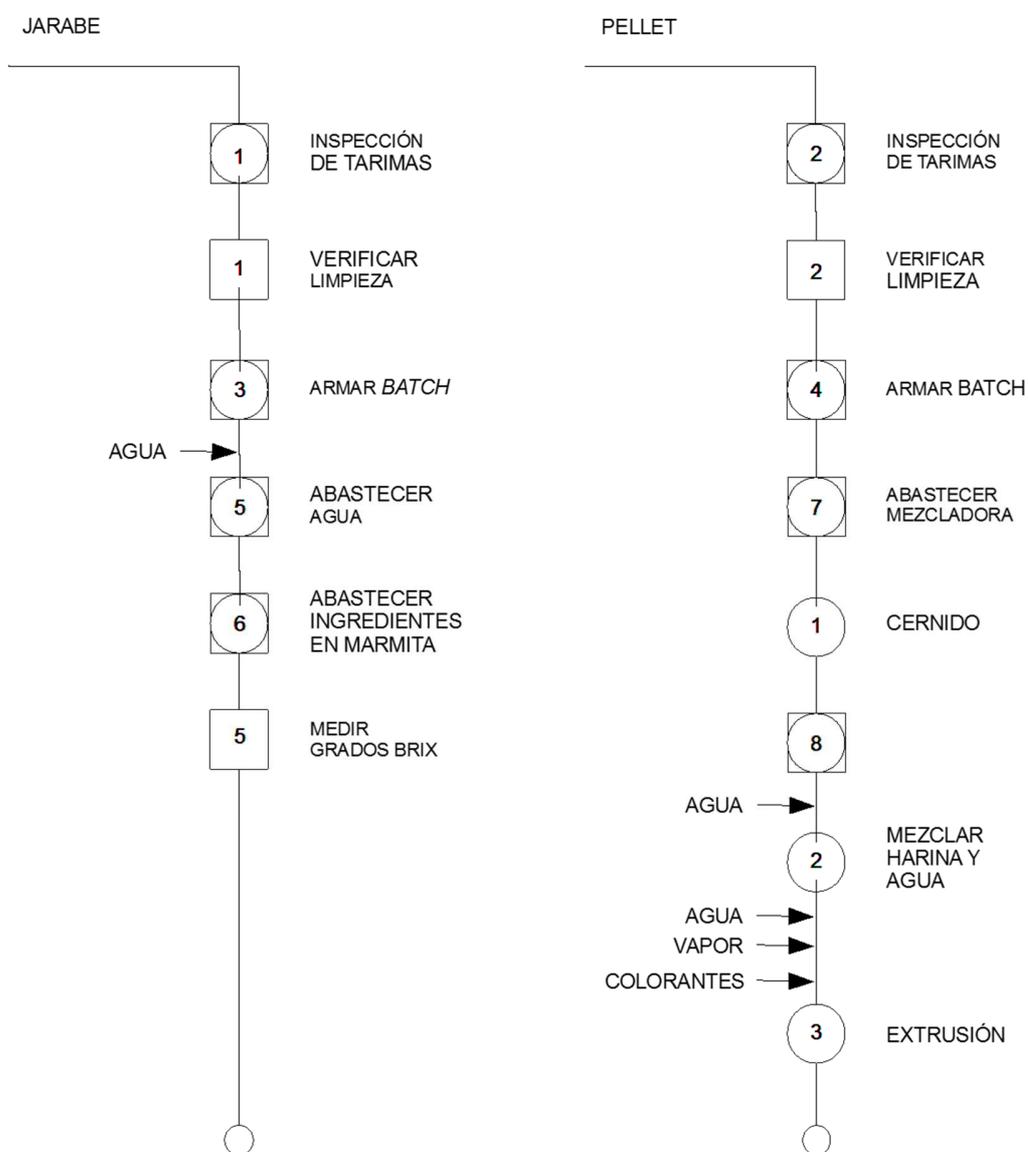
- La mezcla sale por los moldes de una forma alargada, donde la sección tiene la forma que se quiere dar producto y se procede al corte en secciones;
- El pellet es succionado para ser bañado con jarabe;
- Bañar pellet con jarabe y descargarlo a secadora;
- Secar el producto y luego enfriarlo;
- Separar grumos;
- Mandar directamente el producto a empaque con transportadores;
- Dosificado pero en esta ocasión si es de forma gravimétrica;
- Empacar unidades del producto;
- Embalar producto terminado en cajas corrugadas;
- Entarimar las cajas corrugadas;
- Transportarlas al área de producto terminado;
- Disponer de almacén temporal para cuadrar producción;
- Transporte a bodega de producto terminado y almacenarlo.

Figura 2. Diagrama de proceso operativo

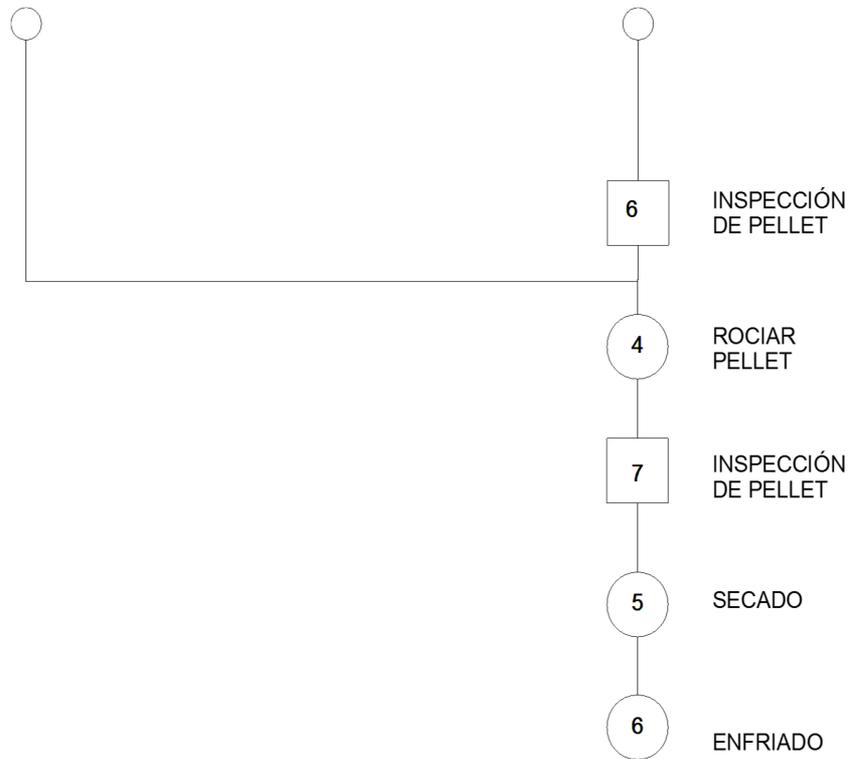
DIAGRAMA DE PROCESO OPERATIVO / MÉTODO ACTUAL

PRODUCTOS PARA CONSUMO MASIVO / PLANTA DE CEREALES

ANALISTA / JUAN MANUEL MEDRANO



Continuación de la figura 2.



Fuente: elaboración propia.

2.2. Tiempo muerto

En promedio el tiempo muerto en la línea de producción representa una caída del 100 % al 90.15 % en su productividad.

Este resultado se expone en la siguiente tabla:

Tabla I. **Efectos del tiempo muerto en la producción**

Dato	Valor	Dimensión	Cálculo	Explicación
d1	24.00	h	plan	Horas disponibles por día para producir (la planta trabaja las 24h)
d2	300.00	kg/h	equipo	Capacidad de producción hora (velocidad del proceso)
d3	7,200.00	kg/día	d1xd2	Capacidad de producción diaria
d4	51.00	días	tabla	Cantidad de días que se tomaron de muestra
d5	2.36473	horas	tabla	Horas promedio perdidas por día (tiempo muerto promedio)
d6	709.42	kg/día	d1xd2	Cantidad no producida promedio a causa del tiempo muerto
d7	6,490.58	kg/día	d3-d6	Cantidad producida en un día promedio
d8	90.15	%	(d7/d3)x100	% no producido
d9	9.85	%	100-d8	% no producido

Fuente: elaboración propia.

2.3. Eficiencia del proceso

Para calcular la eficiencia del proceso es necesario hacer un cálculo del OEE obtenido en los días del estudio; solo se hará este cálculo con base en los días que se obtuvieron datos. En los anexos hay tablas con datos de tiempos muertos de mayo y junio 2012, según estos datos la eficiencia global de los equipos fue de 88.3 %. Para obtener esta eficiencia se utilizó la siguiente ecuación:

$$OEE = dovc = 0.883$$

2.4. Diagramas

Se esbozarán los diagramas de flujo de proceso y diagrama de recorrido para área de proceso; para área de empaque únicamente se esbozó el diagrama de flujo solo para ilustrar las etapas posteriores del proceso.

Al ver la forma de trabajar de la maquinaria se concluye que no es posible hacer cambios directamente en el proceso de fabricación. No es posible hacer cambios en el proceso de fabricación especialmente en la maquinaria, ya que cada demora, transporte y almacenaje es requerida por la receta de fabricación del producto.

Hay que tomar en cuenta que la fabricación de un cereal algunas veces requiere de tiempos de reposo y transportes para obtener la consistencia ideal de los ingredientes secos al ser mezclados con agua.

2.4.1. Flujo

Tomar en cuenta que es necesario preparar el área donde será almacenada de manera temporal la materia prima.

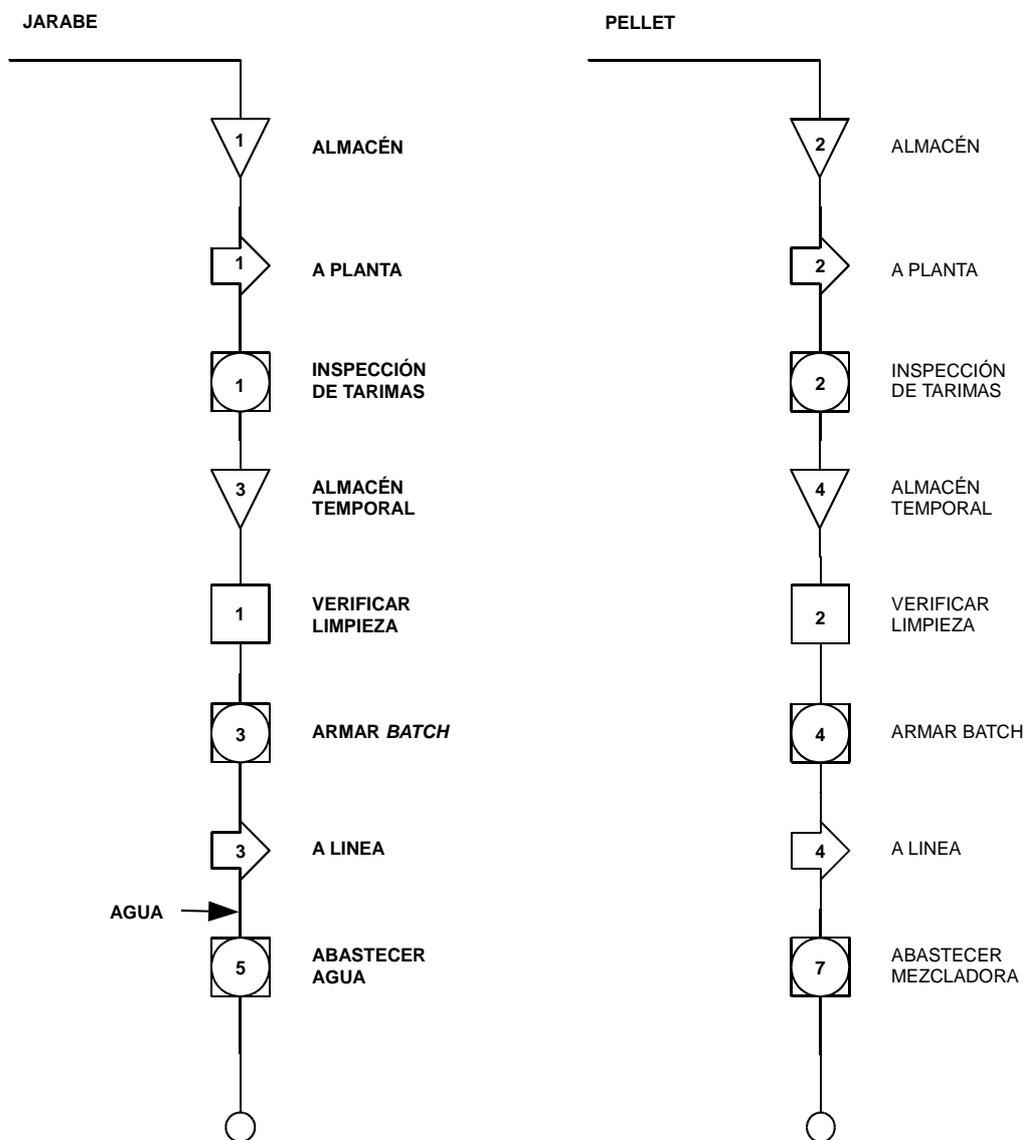
La preparación del área significa que debe mantenerse limpia, seca y sin obstáculos, ya que la materia prima viene en tarimas directamente del almacén.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso

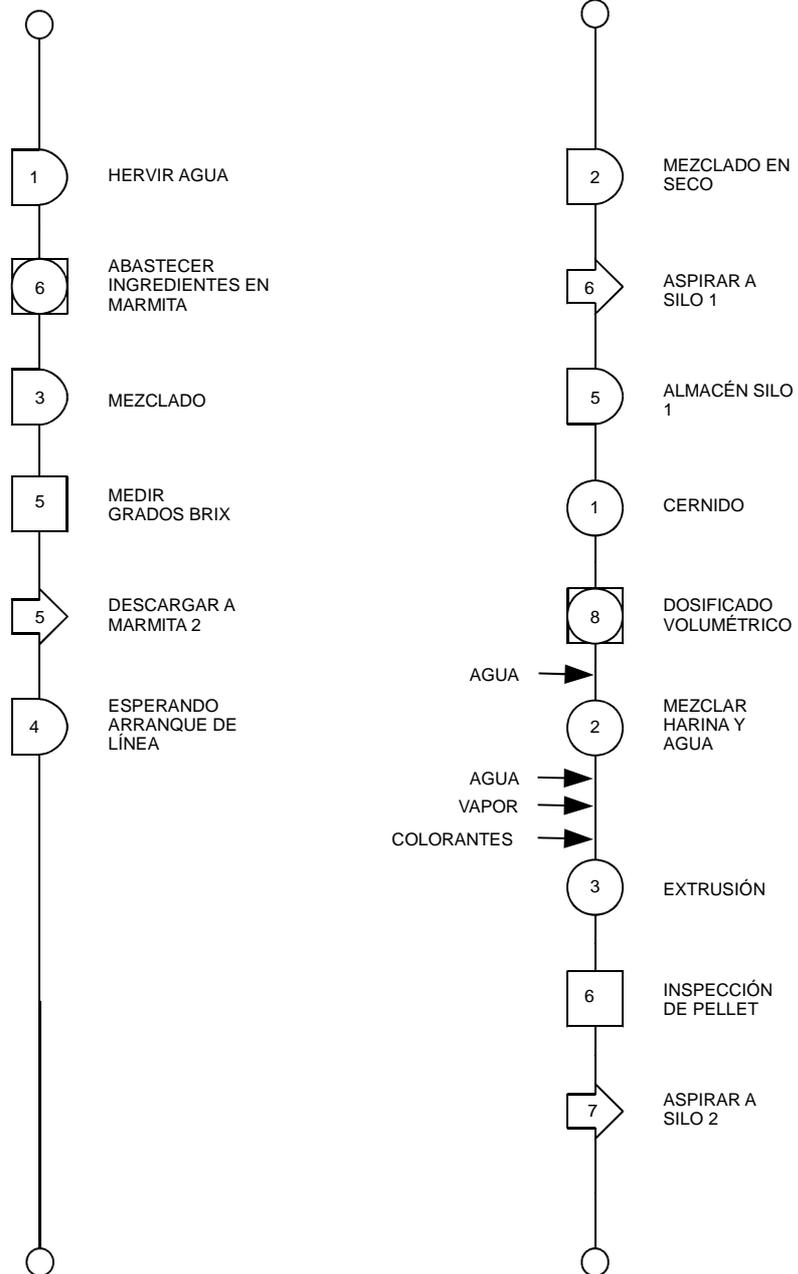
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO / MÉTODO ACTUAL

PRODUCTOS PARA CONSUMO MASIVO / PLANTA DE CEREALES

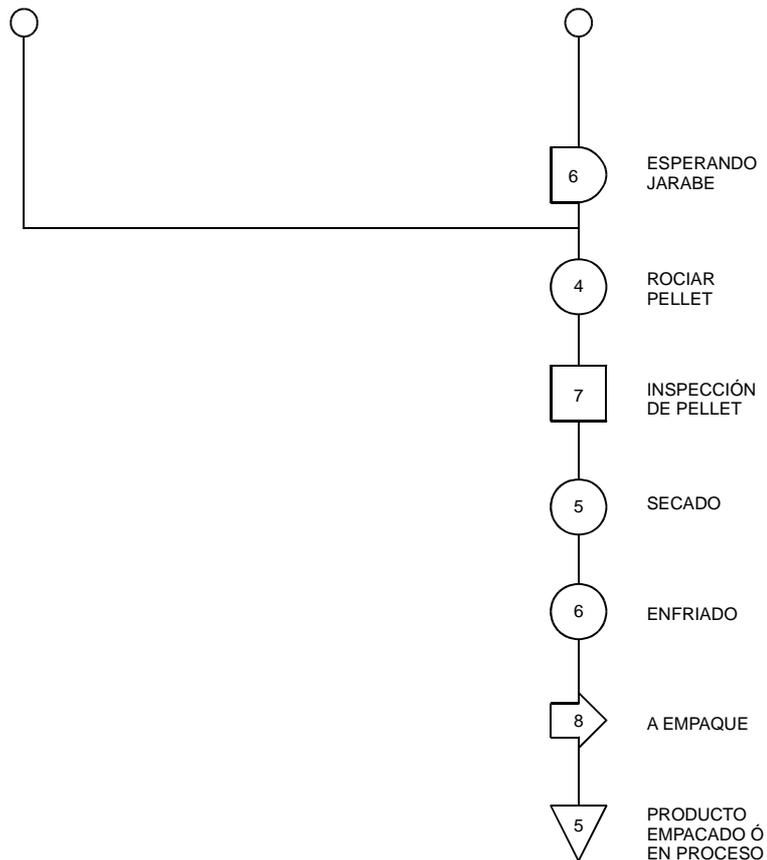
ANALISTA / JUAN MANUEL MEDRANO



Continuación de la figura 3.



Continuación de la figura 3.



Fuente: elaboración propia.

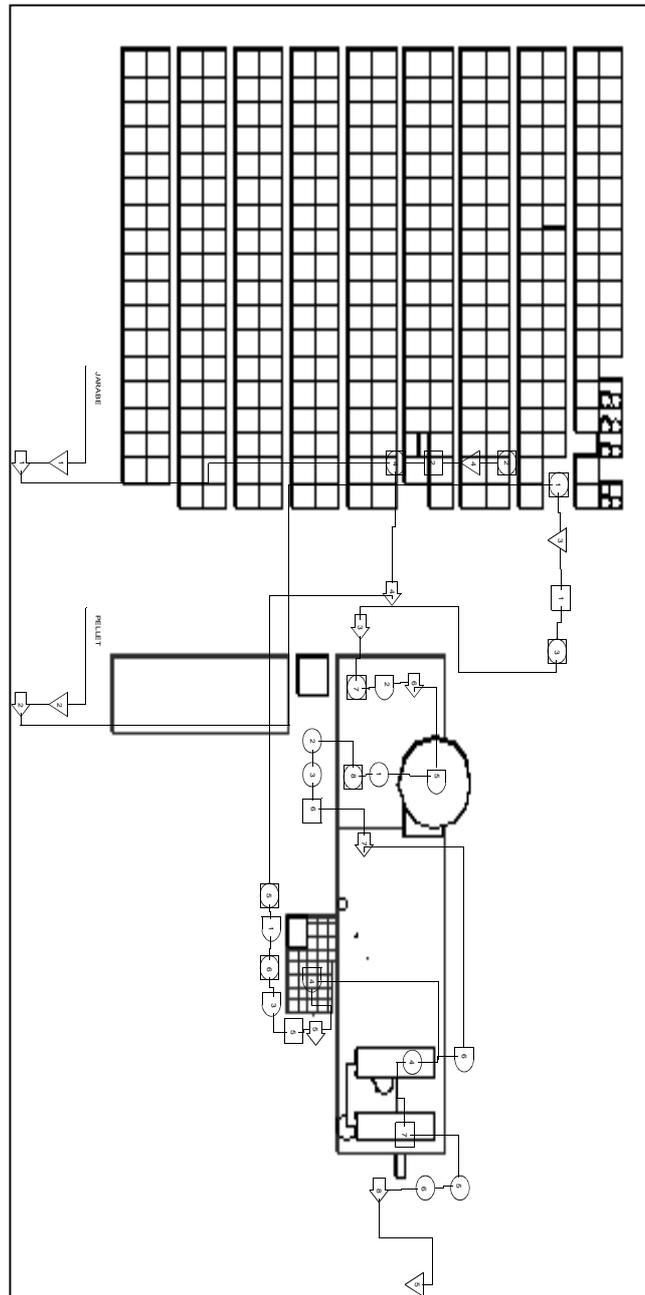
2.4.2. Recorrido

Para ilustrar de una mejor manera el proceso de fabricación de cereales fue necesario esbozar dos versiones del diagrama de recorrido; un diagrama representa una vista aérea de la línea de producción, mientras que el siguiente es la representación gráfica del proceso que vería una persona parada frente a la línea de producción.

El flujo de los insumos necesarios para el proceso es en sentido horizontal y vertical, pero por el diseño y la instalación de la maquinaria es más fácil visualizar y entender el proceso con dos vistas de un mismo proceso. En ambos diagramas se pueden observar las siguientes oportunidades de mejora para el proceso:

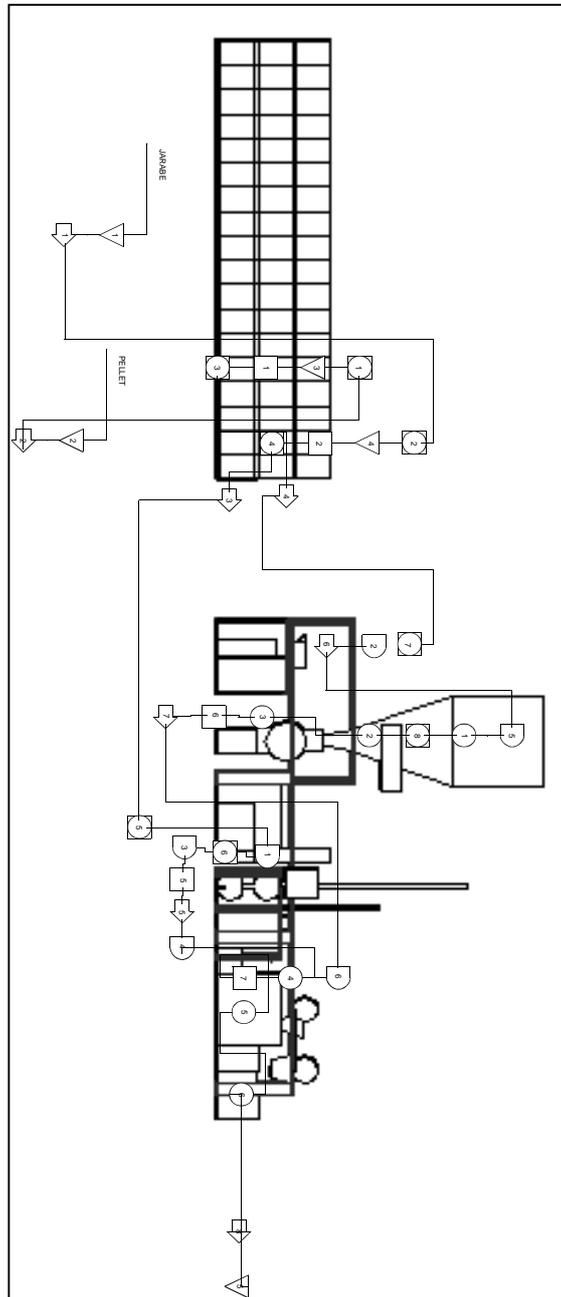
- Reducir tiempo improductivo del personal: se observó la forma de trabajar de dos personas responsables de abastecer ingredientes para pellet y para el jarabe, y se llegó a la conclusión de que para el proceso en sí solo se necesita de una persona para hacer ambas actividades; la persona adicional sí es necesaria cuando el equipo está parado. Esta observación puede corroborarse en el diagrama hombre-máquina.
- Maximizar velocidad del equipo: el conjunto de diagramas elaborados, claramente dan a conocer que en el flujo del proceso no es posible quitar actividades ni reducir tiempo en otras. Lo que sí puede hacerse es trabajar a una mayor velocidad la línea de proceso.
- Reducir el producto a granel: sucede que el producto que no se puede empacar, sino se almacena en bolsas de alta densidad; ambos diagramas de recorrido muestran la gran superficie que el producto a granel ocupa.

Figura 4. Diagrama recorrido, vista de planta



Fuente: elaboración propia, con programa QCad.

Figura 5. Diagrama recorrido, vista de perfil



Fuente: elaboración propia, con programa QCad.

2.5. Factor humano

La herramienta gráfica que será de utilidad para encontrar oportunidades de mejora en la productividad de las personas que intervienen en el proceso será el diagrama hombre-máquina. Este facilitó el encontrar tiempos muertos, ya que durante un turno de producción, asumiendo que no hay paros, la maquinaria tiene un ciclo constante para solicitar materia prima a los operadores; por lo tanto estos tiempos son fijos.

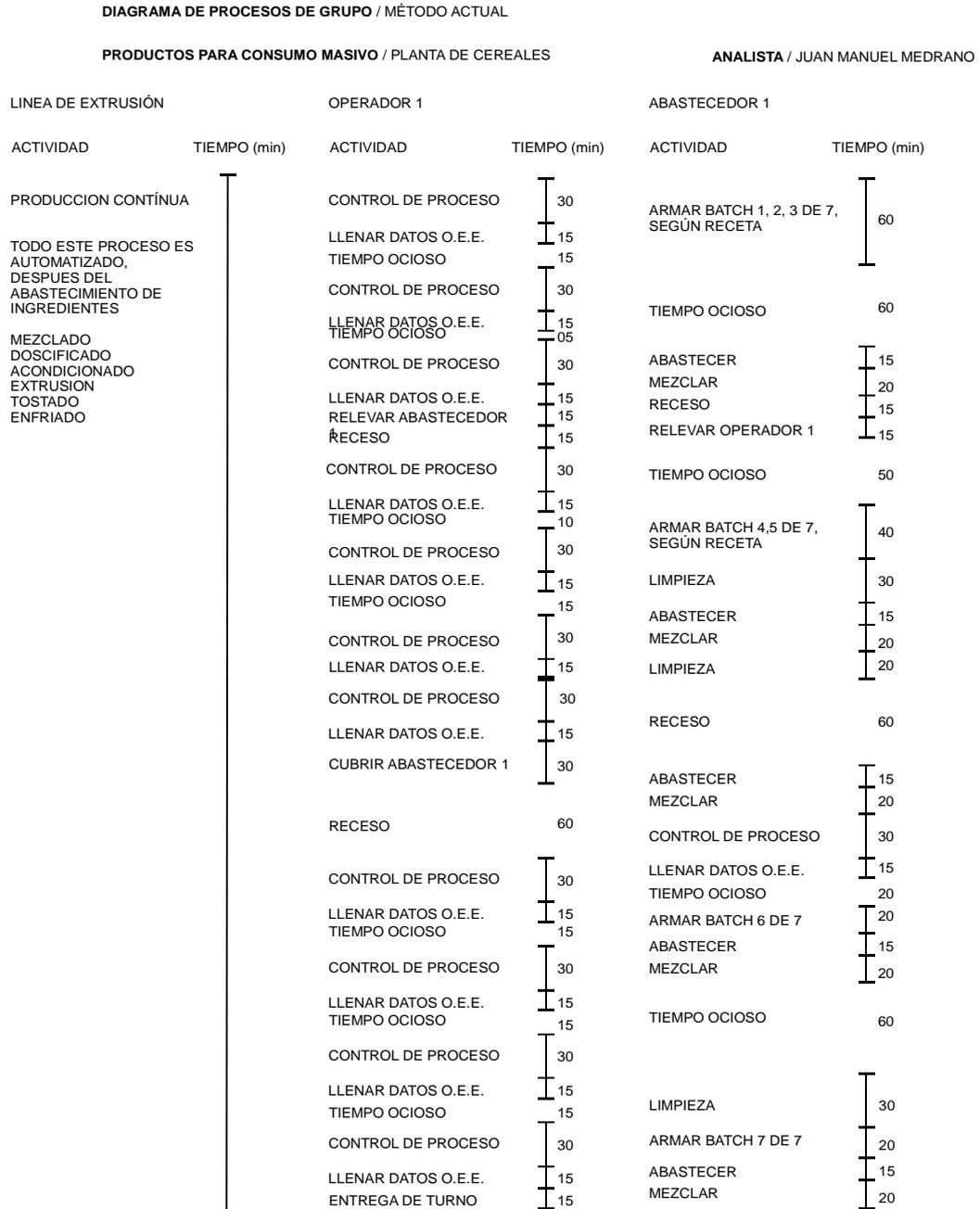
También hay que tomar en cuenta que si un operario tiene un retardo mínimo al momento de atender el equipo, el ciclo de producción automáticamente se detiene. Observar en el diagrama hombre-máquina que durante 12 horas de producción el equipo requiere de siete *batch* de materia prima, pero lógicamente todos los *batch* requeridos durante el turno, deben ser abastecidos cada vez que el equipo lo solicite, es por esto que sí es necesario el personal fijo en dichas líneas de producción.

2.5.1. Prácticas del personal

Para analizar las prácticas del personal es necesario revisar la jornada de trabajo con el diagrama hombre máquina. Según el diagrama se tienen 9.8 horas de tiempo ocioso; el detalle está en el diagrama hombre-máquina.

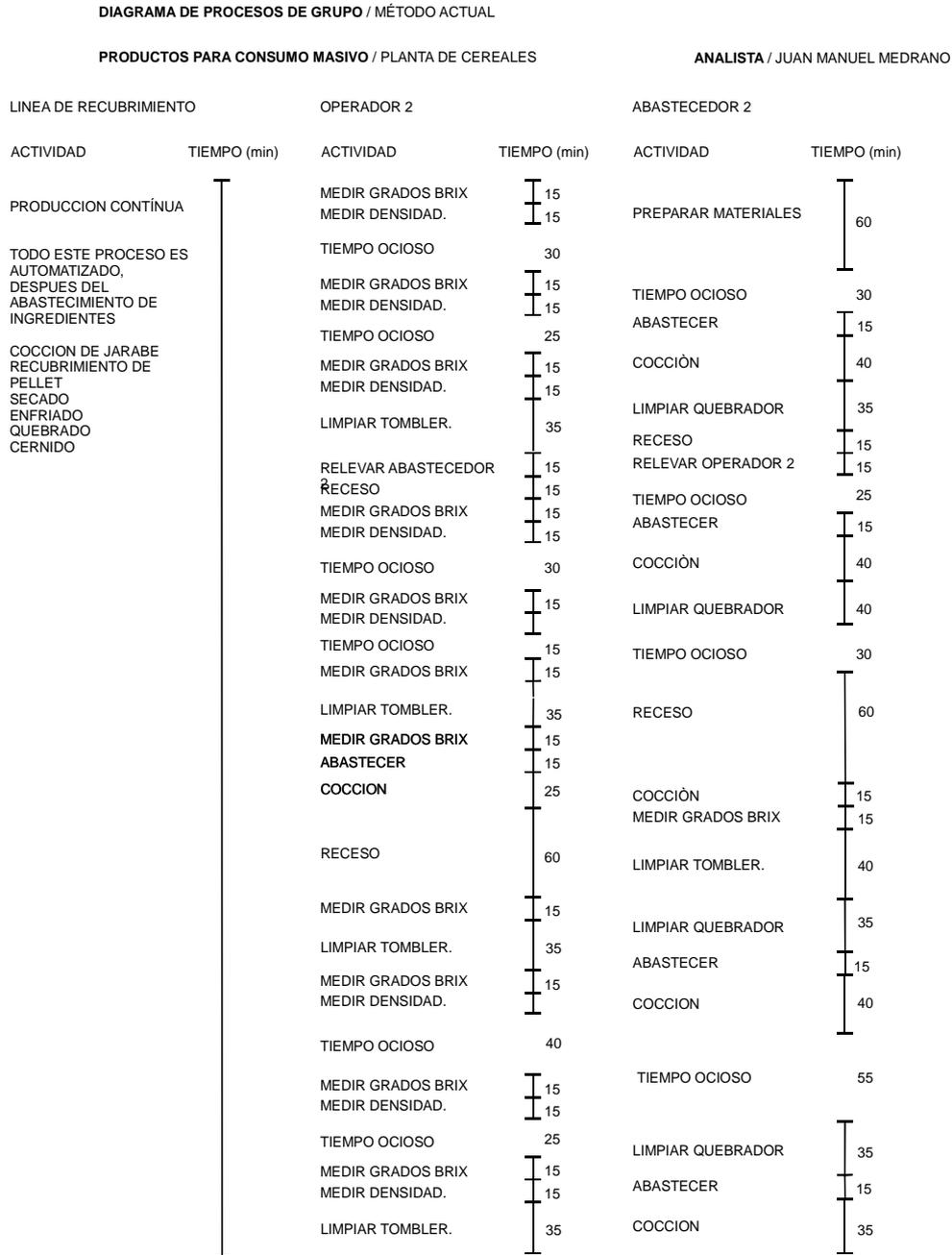
Una fácil solución para reducir el tiempo ocioso, sería quitar a una persona de esta línea y trasladarla a empaque, pero al hacerse auditorías de Buenas Prácticas de Manufactura se ha concluido en varias veces que pueden mejorarse las calificaciones del sistema de gestión.

Figura 6. Diagrama hombre-máquina Extrusión



Fuente: elaboración propia, con programa OpenOffice Draw.

Figura 7. Diagrama hombre-máquina Recubrimiento



Fuente: elaboración propia, con programa OpenOffice Draw.

Tabla II. **Tiempo muerto del personal operativo, método actual**

Variable	op 1	ab 1	op 2	ab 2
TIEMPO DISPONIBLE	720	720	720	720
TIEMPO MUERTO	90	190	165	140
TIEMPO EFECTIVO	630	530	555	580
<i>Datos en minutos (min)</i>				
HORAS NO PRODUCTIVAS	1.5	3.2	2.8	2.3
HORAS PRODUCTIVAS	10.5	8.8	9.3	9.7
TIEMPO NO PRODUCTIVO %	13 %	26 %	23 %	19 %
TIEMPO PRODUCTIVO %	88 %	74 %	77 %	81 %

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Áreas de mejora

Muchas prácticas del personal influyen directamente en la productividad; sabiendo manejar esto pueden obtenerse muchos resultados satisfactorios y mejorar a la productividad. El grupo de operarios asignados a las líneas de producción es un conjunto de personal con experiencia y personal en formación. No necesariamente todas las prácticas del personal son “no productivas”, el personal experimentado es quien hace funcionar los equipos. Según los datos del diagrama hombre-máquina, se identificaron las siguientes áreas de mejora en las prácticas del personal:

- Delimitar el control de proceso: densidad, forma y humedad del cereal son parámetros que se están registrando por aseguramiento de calidad en la planta, lo que significa varias horas al día no productivas en tomar estos datos, ya que solo el cálculo de la humedad representa 10 minutos en cada hora. Estos datos son cargados a la intranet por aseguramiento de calidad

- Reducir tiempo no productivo: en promedio tres de las cuatro personas responsables de la operación del equipo tienen acumuladas por día un promedio de 2 horas no productivas. Las personas que abastecen la línea acumulan una alta cantidad en horas no productivas, tiempo que podría invertirse en mantener el área limpia y ordenada, y en controlar el producto a granel (producto en proceso).
- Reasignar responsabilidades al personal: entre todo el personal de la línea suman aproximadamente once horas no productivas; en este caso se puede hacer una reasignación de actividades, por ejemplo puede mejorarse la trazabilidad si se implementa un control por turno del producto a granel.
- Programa para formar operadores: no hay una estructura formal para capacitar nuevos operadores; los ayudantes conocen y aprenden a manipular las variables del equipo con base en la observación, pero formalmente no se cuenta con un plan de adiestramiento para operar los equipos.

2.5.3. Grupo de trabajo

En el diagrama hombre-máquina, método actual, claramente se visualiza que intervienen directamente en el proceso cuatro personas, los nombres de los cargos son:

- Un jefe de línea
- Un operador I
- Un operador II
- Dos ayudantes

De momento debe definirse de una forma clara la función de cada persona, para hacer más productivas las tareas que llevan a cabo. Cuando el equipo tiene algún paro no hay evidencia de una secuencia clara y ordenada de trabajo, “todos trabajan” y “todos hacen de todo”, al mismo tiempo.

2.6. Factor maquinaria y equipos

Para producir cereales no basta solo con maquinaria y operarios; para que la labor sea productiva es necesario que se proporcionen también equipos, herramienta y equipo de protección personal como apoyo. La empresa proporciona lo necesario y se preocupa por renovarlo, pero se identificaron oportunidades de mejora.

Se detectó que algunas herramientas como el *ratch* que se utiliza para desarmar el cabezal del extrusor no está en buenas condiciones; de momento es improvisado, ya que el maneral mide aproximadamente un metro de largo; esto causa fatiga al operario. De modo que es necesario que se proporcione un *ratch* nuevo para no tener que sacar la herramienta que haga girar los tornillos de seguridad.

Otros equipos que están en malas condiciones son los *pallet truck* y uno de los equipos para extraer tornillos sinfín del extrusor; en ambos hay fallas en el sistema hidráulico.

2.6.1. Maquinaria

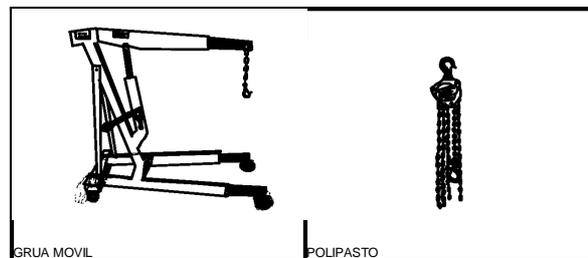
El proceso es continuo, la maquinaria necesaria para la fabricación de cereales se divide en dos grandes estaciones, en una se fabrica el *pellet* y en la otra se recubre este con jarabe.

El diagrama hombre-máquina ilustra la cantidad de *batch* por día en la línea de proceso y cuánto tiempo tarda en consumirse cada *batch*. Respecto de la operación del equipo, la programación se encarga de que la operación sea más sencilla y estable.

2.6.2. Equipos

La maquinaria que interviene en la fabricación de cereales es enorme; al decir enorme se pone de ejemplo que cada línea de producción es como un edificio de dos, tres o cuatro niveles. Y algunas máquinas tienen un tamaño semejante al de un autobús. Para la configuración de estos equipos es necesario el equipo de apoyo, ya sea para mover piezas de gran tamaño o para la limpieza; en este caso un polipasto o una grúa móvil.

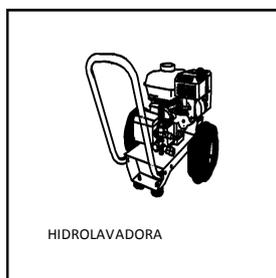
Figura 8. **Equipo para mover piezas grandes**



Fuente: elaboración propia, con programa GIMP 2.

Actualmente ya se ha adquirido una hidrolavadora móvil para la limpieza de las otras líneas. Este equipo ha ayudado a ahorrarle al proceso de limpieza una persona y el tiempo de lavado de algunas bandas transportadoras se ha podido reducir en algunos minutos.

Figura 9. **Hidrolavadora**



Fuente: elaboración propia, con programa GIMP 2.

2.7. Costo de oportunidad

Como costo de oportunidad se define a la cantidad en unidades monetarias por kilogramo de cereal que no se vendió debido a que no se fabricó, ya sea por paros en el equipo o por no conformidades en lo referente a calidad.

Directamente el costo de fabricación es un dato que la empresa se reserva, pero para poder cuantificarlo y explicarlo de una forma clara, se visitaron supermercados y algunas tiendas locales, con el objeto de hacer un sondeo de precios de varios tipos de cereal en la mayor cantidad de marcas disponibles en el mercado, para al final, obtener un precio en unidades monetarias por cada kilogramo de cereal. Los datos que necesitaban eran los siguientes:

- Precio por unidad de cereal (Q/unidad)
- Gramos contenidos en la unidad (g/unidad)
- Sabor y apariencia del cereal (hojuelas, aritos, arroz inflado, etc.)
- Tipo de material de empaque (caja de cartón, bolsa celofán, etc.)

Todos estos datos se filtraron y no se publican las marcas ni nombres comerciales de cereales, únicamente sabor y la apariencia del cereal; al final con estos datos se calculó el precio promedio. En este caso se utilizó la moda, la media aritmética y la mediana.

El valor más representativo fue la mediana ya que la media aritmética tiende a ser alterada por los valores extremos y la moda se vio alterada por la cantidad de muestras de un tipo de cereal en particular.

2.7.1. Análisis de precios en el mercado

Se visitaron algunos supermercados para ver el precio final de varios cereales, ya que los costos reales de producción es un dato confidencial, pero se tomará como base los precios de venta, solo para hacer un estimado de lo que se “deja de vender” con base en los precios de colocación del producto en supermercados y tiendas.

De acuerdo con los precios por kilogramo en quetzales de distintos tipos de cereal, se obtuvieron los siguientes resultados, donde el valor más representativo en precio lo representa la mediana.

Se registraron precios de varias marcas y de distintas calidades; por ese motivo el valor de la media aritmética no es representativo.

Tabla III. Precio por kilogramo en el mercado de cereales

Precios de venta por kilogramo de cereales en supermercados y tiendas							
Datos en Q/kg							
Fecha de la muestra	Aritos de sabores	Arroz chocolate	Otros expandidos	Hojuelas azucar	Hojuelas chocolate	Hojuelas multicereal	Hojuelas naturales
12/03/2012	21,00						
24/04/2012							14,00
18/05/2012		26,80					
28/05/2012		26,80					
12/06/2012		26,80					
13/07/2012							21,97
31/07/2012							14,00
20/08/2012	21,00						
07/11/2012				41,52		57,80	
21/11/2012	30,00	33,33					34,04
25/11/2012	74,51	68,05	70,45	23,23	26,13	75,05	32,01
05/12/2012	95,53	49,63	94,98	62,53	57,36	75,28	35,62
22/12/2012	68,79		83,94	35,89	42,30	88,09	33,54
Promedio	51,80	38,57	83,12	40,79	41,93	74,06	26,45

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en los anaqueles de los supermercados.

- Media: Q 47.33 / kilogramo
- Mediana: Q 35.89 / kilogramo
- Moda: Q 26.80 / kilogramo

Los precios de algunos cereales fluctúan entre valores cercanos a Q 20.00 y mayores a Q 50.00; en este caso se sabe que la media aritmética está influenciada por los valores extremos de los datos.

Para esta investigación se observa que es más representativo el valor que da el cálculo de la mediana y este será el “precio en quetzales por kilogramo” base. A partir de este valor se harán los cálculos referentes a costos.

La explicación es que la fluctuación de precios en los cereales está bajo la influencia de varios factores, como por ejemplo:

- Azúcar (puede ser refinada, sin refinar, edulcorantes artificiales)
- El cereal con el que se fabrica la harina que interviene en el proceso (puede ser maíz, arroz, avena, trigo, etc.)
- El material de empaque

Para este análisis se hizo evidente una correlación entre el precio de venta por cada kilogramo y la calidad del material de empaque; por ejemplo hay cereales que tienen entre 800 g y 1500 g (0.8 kg y 1.5 kg), y el material de empaque es simplemente la bolsa y una etiqueta que identifica el producto.

El caso opuesto es el de los famosos cereales en su respectiva caja de cartón, que tiene ventajas de proteger el producto y hacerlo más agradable a la vista pero encarece el proceso, ya que se retiene por más tiempo el producto en la planta, interviene más personal, etc.

Por esas razones el valor que se obtuvo con la mediana es el más representativo para este estudio, se están quitando factores como la “reducción de costos” por un lado y por el otro lado el factor “valor agregado”.

2.7.2. Costo de oportunidad generado por tiempos muertos

El costo de oportunidad se calculará con base en lo que la empresa no puede vender; en este caso ya se explicó que el precio por kilogramo de cereal será tomado del precio del producto colocado en las estanterías del supermercado. El valor base para calcular el costo de oportunidad se expresa en la tabla siguiente:

Con estos datos se concluye que por cada hora que la línea de producción está parada, se deja de colocar en los supermercados para la venta el monto de Q 10,767.00.

Tabla IV. **Costo de oportunidad por parar línea una hora**

Valor	Dimensión	Explicación
2.36	horas	Horas promedio pérdidas por día (tiempo muerto promedio)
709.42	kg/día	Cantidad no producida promedio a causa del tiempo muerto
35.89	Q/kg	Precio por kilogramo
25,461.10	Q/día	Costo de oportunidad al producir un día X
10,767.00	Q/hora	Costo de oportunidad al no producir 1 hora

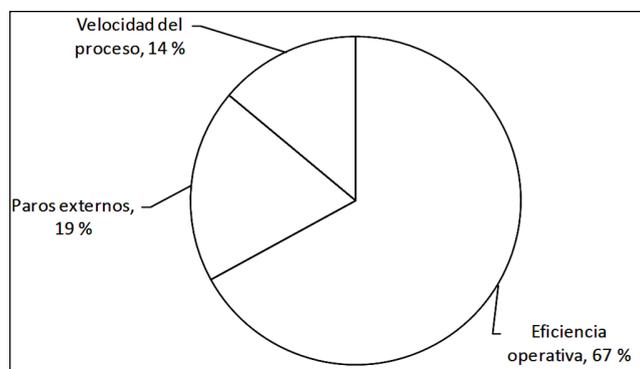
Fuente: elaboración propia.

3. SITUACIÓN PROPUESTA

3.1. Rediseño del proceso

La maquinaria que se utiliza ya está diseñada y a medida para fabricar cereales, por lo tanto hacer modificaciones directamente al equipo significa hacer una inversión muy elevada y debe analizarse muy bien si las mejoras maximizarán de una manera significativa la eficiencia del proceso.

Figura 10. **Porcentaje de tiempo perdido por cada variable del OEE**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Según los datos recopilados, el factor humano representó el 67 % del tiempo perdido, que para el cálculo del OEE a esta variable se llama eficiencia operativa; las otras variables referentes a paros externos representaron el 19 % del tiempo perdido y la velocidad del proceso fue de 14 % del tiempo perdido.

3.2. Reducción del tiempo muerto

Del registro de paros se omiten en la muestra datos de turnos con el 100 % del tiempo productivo y turnos sin datos, porque lo que se necesita es identificar cuáles son las causas de los paros; se obtuvieron los siguientes valores promedio:

- Media aritmética: 25.97 %
- Desviación estándar: 21.81 %

Tabla V. **Tiempo perdido por variable**

Variable	Horas perdidas	%
Eficiencia operativa	100.2	67
Paros externos	28.6	19
Velocidad del proceso	20.8	14

Fuente: elaboración propia.

No es necesario elaborar un gráfico de Pareto para identificar las causas que mayor efecto tienen en los tiempos perdidos; según los datos se refleja claramente que el factor humano es el que mayor peso tiene.

El diagrama hombre-máquina, hace evidente que entre las 4 personas responsables de operar el equipo están perdiendo 9.8 horas por turno, básicamente por una inadecuada asignación de sus funciones.

Los tiempos muertos pueden reducirse siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Prescindir de una persona: a pesar de que son bastantes horas no productivas por turno, no es recomendable quitar a una persona del proceso, más bien hay que redefinir funciones.
- Ahorrar horas extra: puede optarse porque dos de las cuatro personas no trabajen horas extra, ya está probado y es práctica común que dos personas operen el equipo en horas de receso.
- Redefinir funciones de cada puesto: si la planta considera necesario conservar cuatro personas en la línea, entonces para evitar el tiempo de ocio en el personal, se recomienda agregar más valor a cada puesto de trabajo, creando nuevas funciones.

Tabla VI. **Turnos en los que se registraron tiempos muertos**

Fecha	TURNO DIURNO			TURNO NOCTURNO		
	Fallas	Operativo	Velocidad	Fallas	Operativo	Velocidad
02/05/2012				0,996	-	-
03/05/2012	3,996	-	0,432	-	-	0,372
04/05/2012	2,568	1,632	-	0,996	2,184	0,408
05/05/2012				-	-	0,192
06/05/2012	-	-	0,372	-	-	0,144
07/05/2012				-	-	0,048
08/05/2012	-	7,500	-			
09/05/2012	-	1,380	-			
10/05/2012	-	6,000	-	6,000	3,996	-
11/05/2012	-	3,132	-	-	1,200	-
16/05/2012	-	6,996	-			
17/05/2012	-	1,092	0,048	-	6,996	0,552
18/05/2012	-	0,996	0,084	-	3,144	0,372
21/05/2012	3,000	3,336	-	-	0,996	-
22/05/2012	-	1,836	-	0,912	1,176	0,312
24/05/2012	-	2,748	-	-	2,004	-
25/05/2012	-	7,500	-	-	5,004	-
28/05/2012	-	5,004	-			
02/06/2012				-	-	0,060
03/06/2012				-	0,996	-
04/06/2012	-	3,000	1,176			
05/06/2012	5,400	1,092	-	-	0,336	0,072
06/06/2012	1,092	1,200	-			
07/06/2012				-	-	0,012
08/06/2012				3,600	-	0,252
09/06/2012				-	-	2,808
11/06/2012	-	0,072	7,632			
12/06/2012				-	3,996	-
14/06/2012	-	-	0,024	-	0,996	0,396
15/06/2012	-	0,996	-	-	2,004	-
16/06/2012	-	0,996	-	-	6,132	0,372
20/06/2012	-	-	4,656	-	2,568	-

Fuente: elaboración propia.

3.3. Incrementar eficiencia del proceso

Para que un proceso sea más eficiente hay que hacer más productiva la maquinaria, el personal operativo, calidad de materiales, etc. Se recomienda poner atención a estos puntos:

- Reducir el tiempo muerto del personal operativo: que según el diagrama-máquina, entre los cuatro operarios pierden once horas por turno (9.8 h/turno). Las alternativas para optimizar este recurso es quitar una persona, subir la velocidad del proceso o ver la forma de reducirles horas extra.
- Incrementar velocidad del proceso: es decir producir más kilogramos/hora. Si se puede incrementar esta variable, no es necesario quitar a una persona de la línea.
- Control del producto a granel: delegar a uno de los cuatro operarios de la línea de proceso; llevar por cada turno el control del producto a granel, para agilizar el cálculo de producto disponible y hacer los cambios de producto de una forma exacta, para reducir el exceso de inventario o evitar producir menos de lo planificado.

3.4. Diagrama del proceso rediseñado

No es eficiente modificar el proceso, especialmente con lo relacionado con la maquinaria, ya que la planta fue diseñada así desde un principio, aunque sí puede hacerse el estudio para implementar algunas mejoras. Lo que es evidente en el diagrama de recorrido es la gran superficie física que abarca el producto en proceso.

El producto en proceso es cereal listo para empaque que se acumula, ya que la capacidad en empaque para algunos productos no es suficiente para el flujo de cereal que se produce. Es más, la planta se dio cuenta de esto desde mucho antes y ya se instaló nuevo equipo de empaque para garantizar que todo el flujo de cereal se empaque de inmediato. Adquirir nuevo equipo de empaque fue el origen de las siguientes mejoras:

- Ahorro de espacio físico en la planta
- Ahorro de combustible del montacargas
- Ahorro de una persona en línea de empaque, ya que esta tenía que involucrarse directamente en el abastecimiento del producto en las empacadoras
- Facilita la labor de limpieza
- El cereal corre menos riesgo de golpes

3.4.1. Flujo

Para hacer eficiente un proceso utilizando como herramienta un diagrama de flujo se deben reducir las demoras, transportes, almacenajes e incluso algunas inspecciones. Pero para el caso de este proceso en particular, no pueden hacerse modificaciones debido a que el equipo está diseñado por el fabricante para funcionar así. Por ejemplo, las actividades de transporte son llevar la materia prima a la planta y luego al equipo. El resto de actividades de transporte son bandas transportadoras y transportadores neumáticos que ya son parte del equipo.

El caso de las demoras y almacenajes son tiempos para preparar *batch*, tiempos de cocción y tiempos de mezclado para los ingredientes del producto; estos pasos son necesarios y no es posible saltarlos.

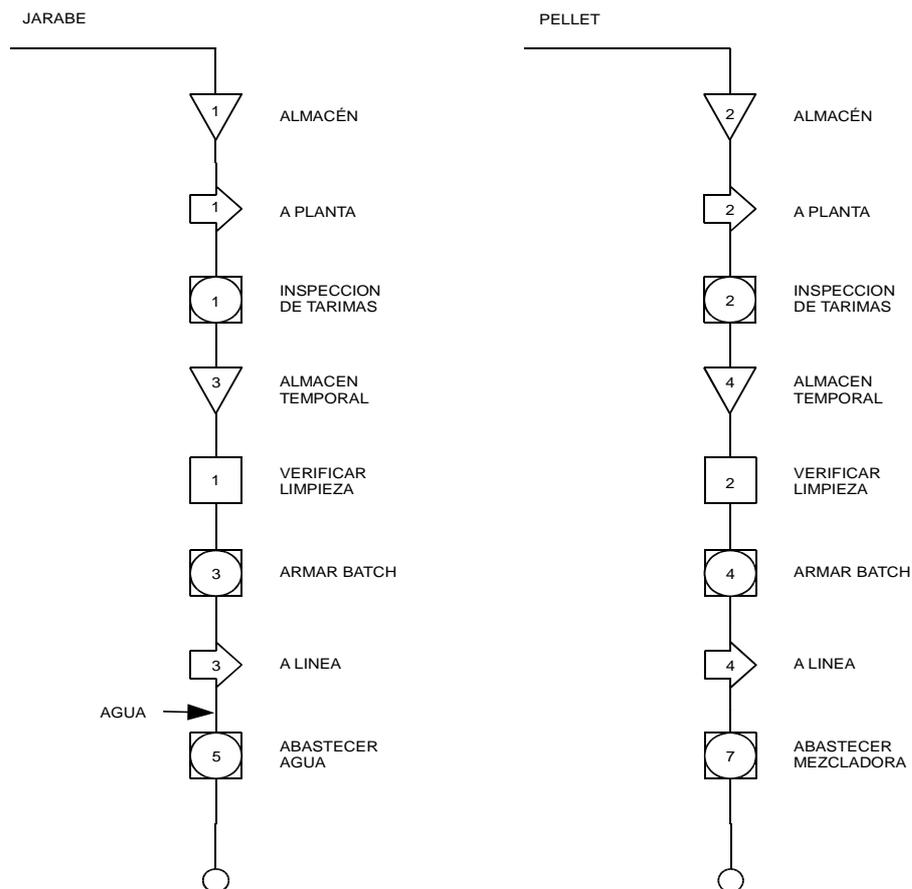
En el caso de las inspecciones, estas son necesarias para el aseguramiento de la calidad del producto. En este caso lo que ayudaría al proceso es subir la velocidad del proceso y reducir el tiempo muerto del personal.

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso

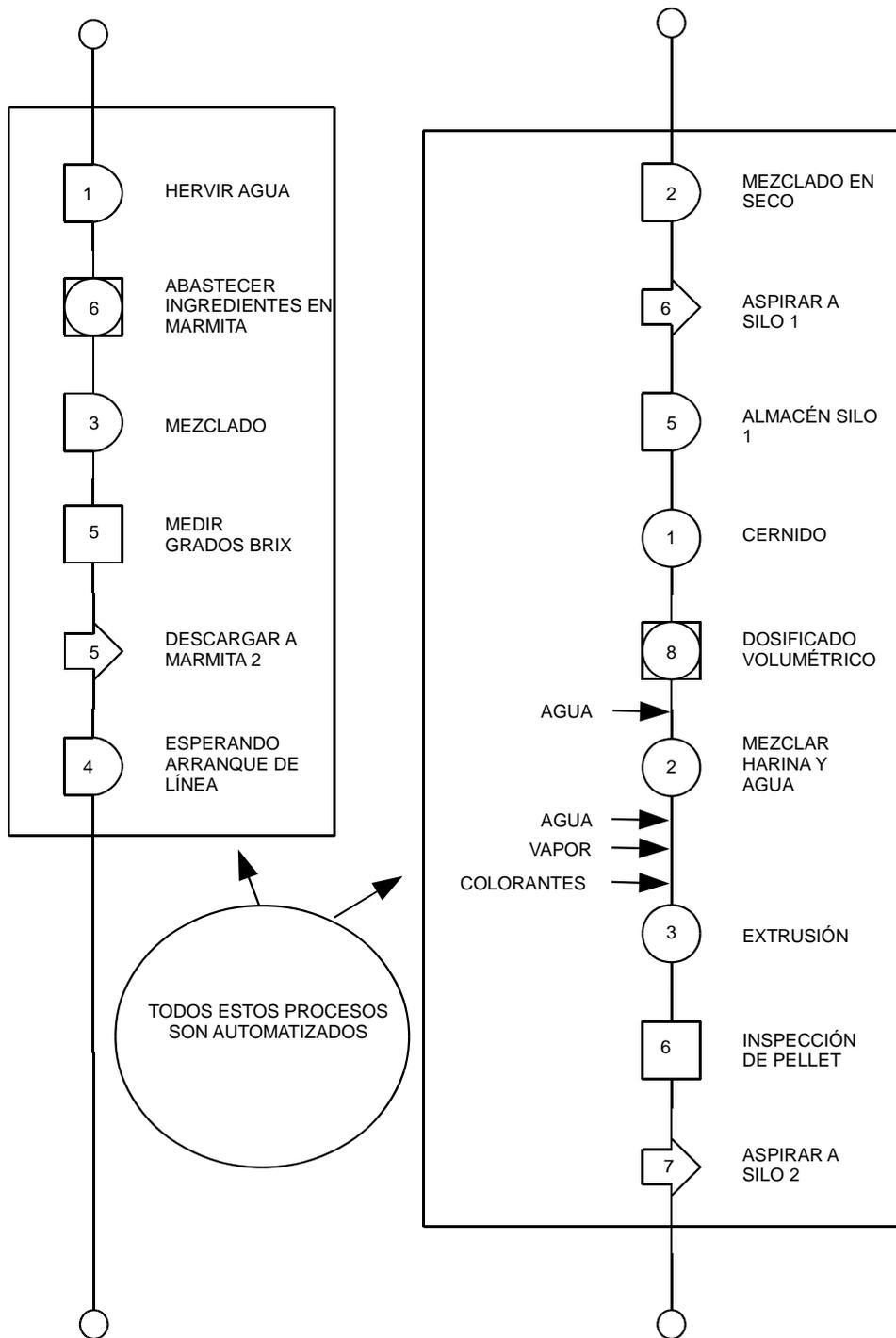
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO / MÉTODO ACTUAL

PRODUCTOS PARA CONSUMO MASIVO / PLANTA DE CEREALES

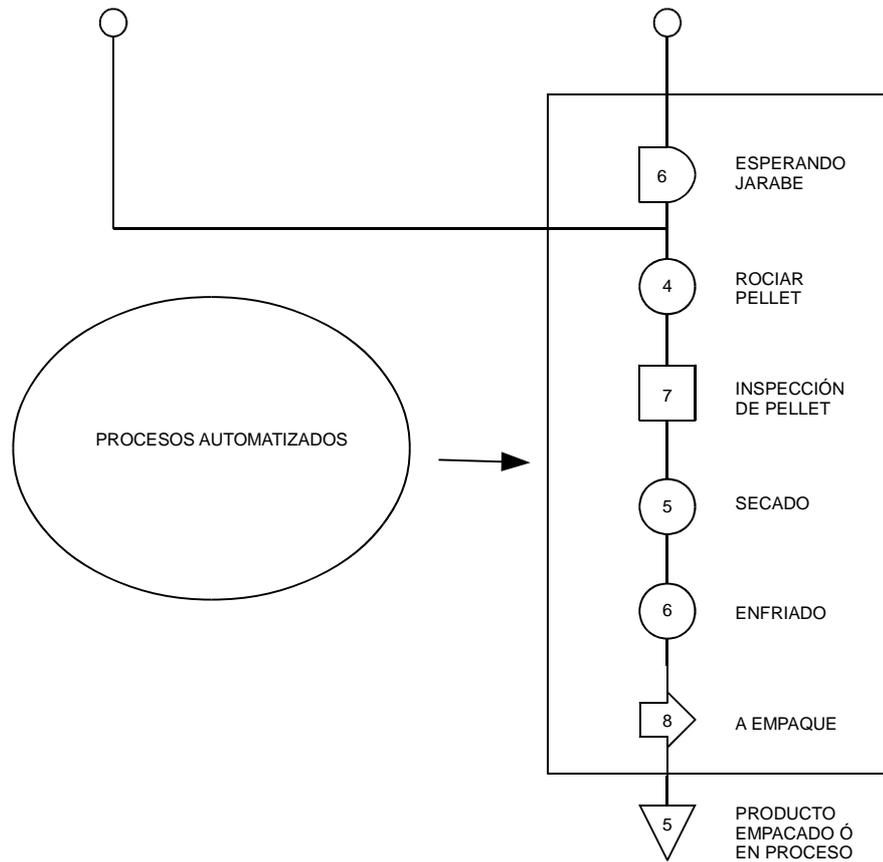
ANALISTA / JUAN MANUEL MEDRANO



Continuación de la figura 11.



Continuación de la figura 11.



DESDE EL INSTANTE EN QUE LOS ABASTECEDORES CARGAN CON INGREDIENTES LOS EQUIPOS TODO EL PROCESO ES AUTOMATIZADO

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Recorrido

Según el diagrama de recorrido, lo único que puede mejorarse en el proceso es reducir el producto a granel (producto en proceso, no empacado), y esto se puede lograr incrementando la velocidad de empaque del producto.

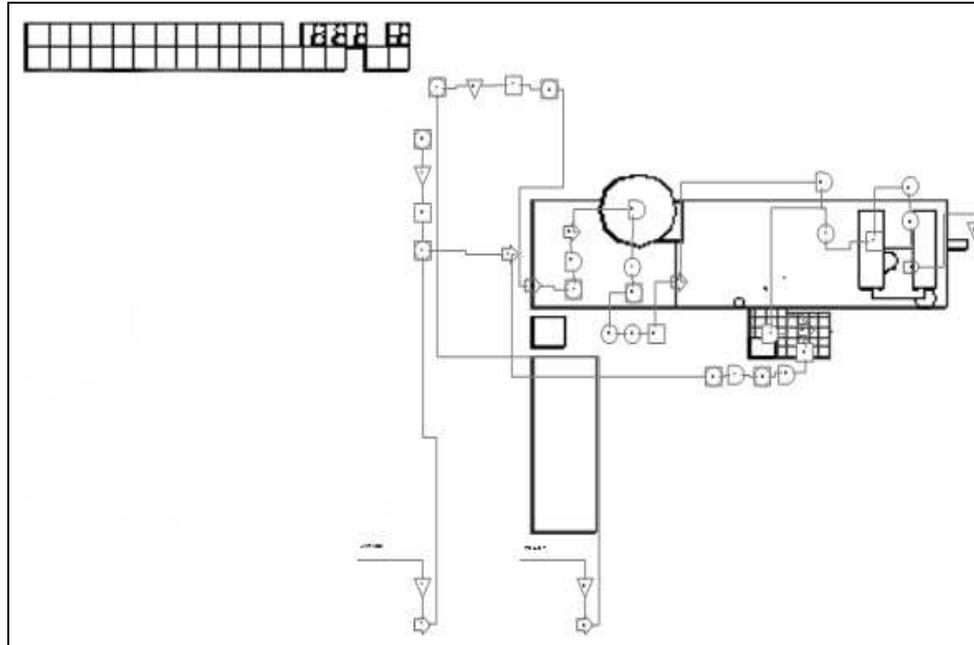
Más cambios no es posible hacer ya que son equipos enormes y no es rentable pretender mover equipos o tuberías, debido a que el equipo es así por diseño de fábrica.

Es necesario implementar un control por turno del producto a granel que la planta acumula, para planificar de una forma precisa la hora a la que deben llevarse a cabo los cambios de producto.

Según diagrama hombre-máquina los operadores y abastecedores de la línea están acumulando tiempo ocioso; este tiempo bien puede ser aprovechado en llevar un registro con el control del producto a granel.

No se recomienda reducir la velocidad de la línea de proceso, ya que se debe procesar cierta cantidad de toneladas mensuales de cereal para abastecer el mercado.

Figura 12. **Diagrama recorrido, situación propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa QCad.

3.5. Factor humano

Con el diagrama hombre-máquina, se detecta tiempo muerto acumulado de alrededor de once horas por cada turno. Claro que estas once horas son tiempo acumulado entre el grupo de personas que intervienen directamente en la operación del equipo. Estas horas puede aprovecharlas la planificación de la planta en las siguientes actividades:

- Limpieza superficial de algunos equipos y piso de los alrededores del equipo; esto podrá reflejarse en las calificaciones de las auditorías internas del sistema de gestión.

- Un mejor control de subproductos y determinar las causas.
- Mejor control de producto en proceso, en caso se acumule.

Según los nuevos diagramas hombre-máquina es posible reducir el tiempo ocioso del personal en un 64 %.

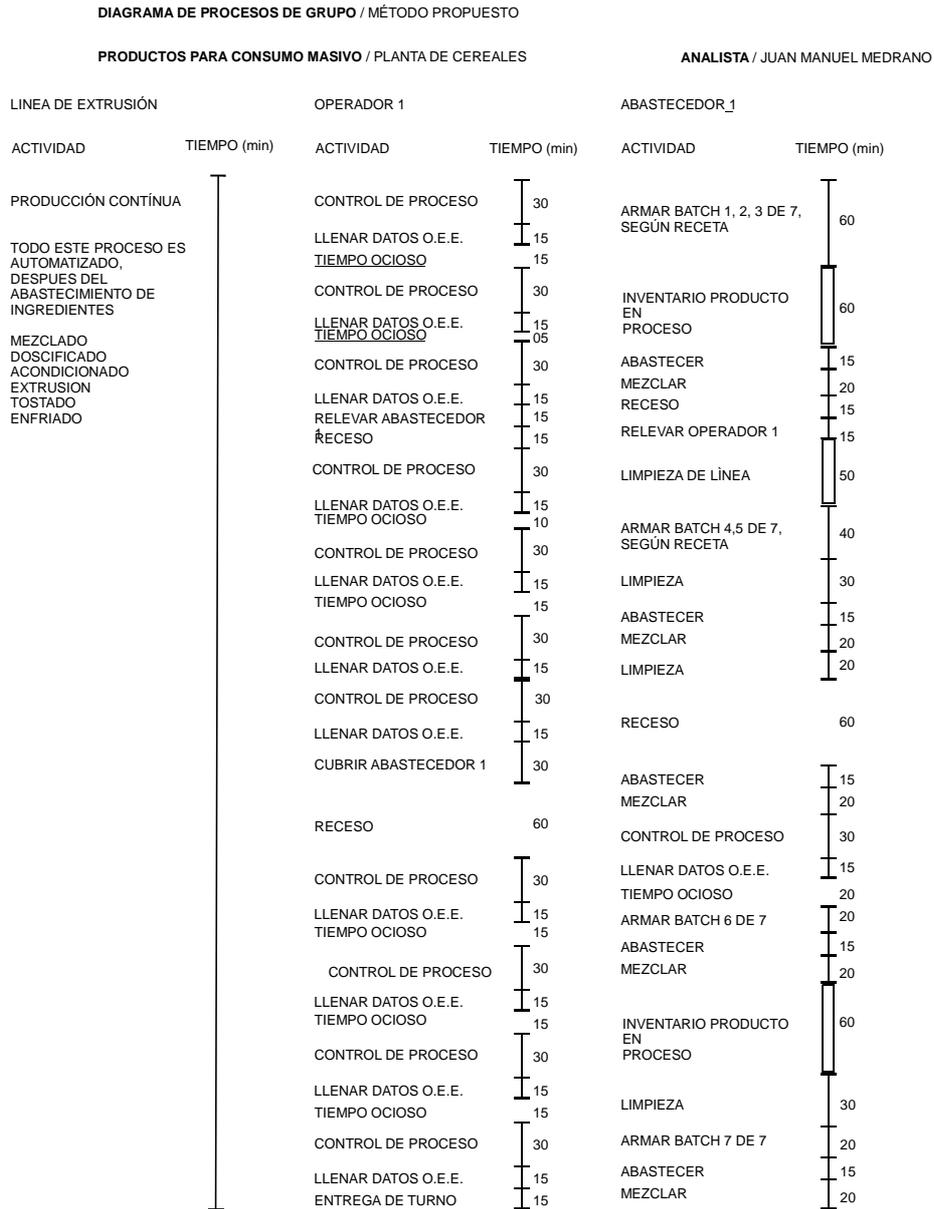
Lo ideal sería prescindir de una persona en esta línea y reubicarla en otra área como empaque, pero entre los objetivos internos de la planta está el obtener altas calificaciones en las auditorías de buenas prácticas de manufactura y HACCP, y si se observan tuberías, motores, etc., algunas partes pueden mantenerse limpias sin detener la operación de la línea.

Tabla VII. **Tiempo muerto del personal operativo, método propuesto**

Variable	Op 1	Ab 1	Op 2	Ab 2
TIEMPO DISPONIBLE	720	720	720	720
TIEMPO MUERTO	90	20	70	30
TIEMPO EFECTIVO	630	700	650	690
Datos en minutos (min)				
HORAS NO PRODUCTIVAS	1,5	0,3	1,2	0,5
HORAS PRODUCTIVAS	10,5	11,7	10,8	11,5
TIEMPO NO PRODUCTIVO %	13 %	3 %	10 %	4 %
TIEMPO PRODUCTIVO %	88 %	97 %	90 %	96 %

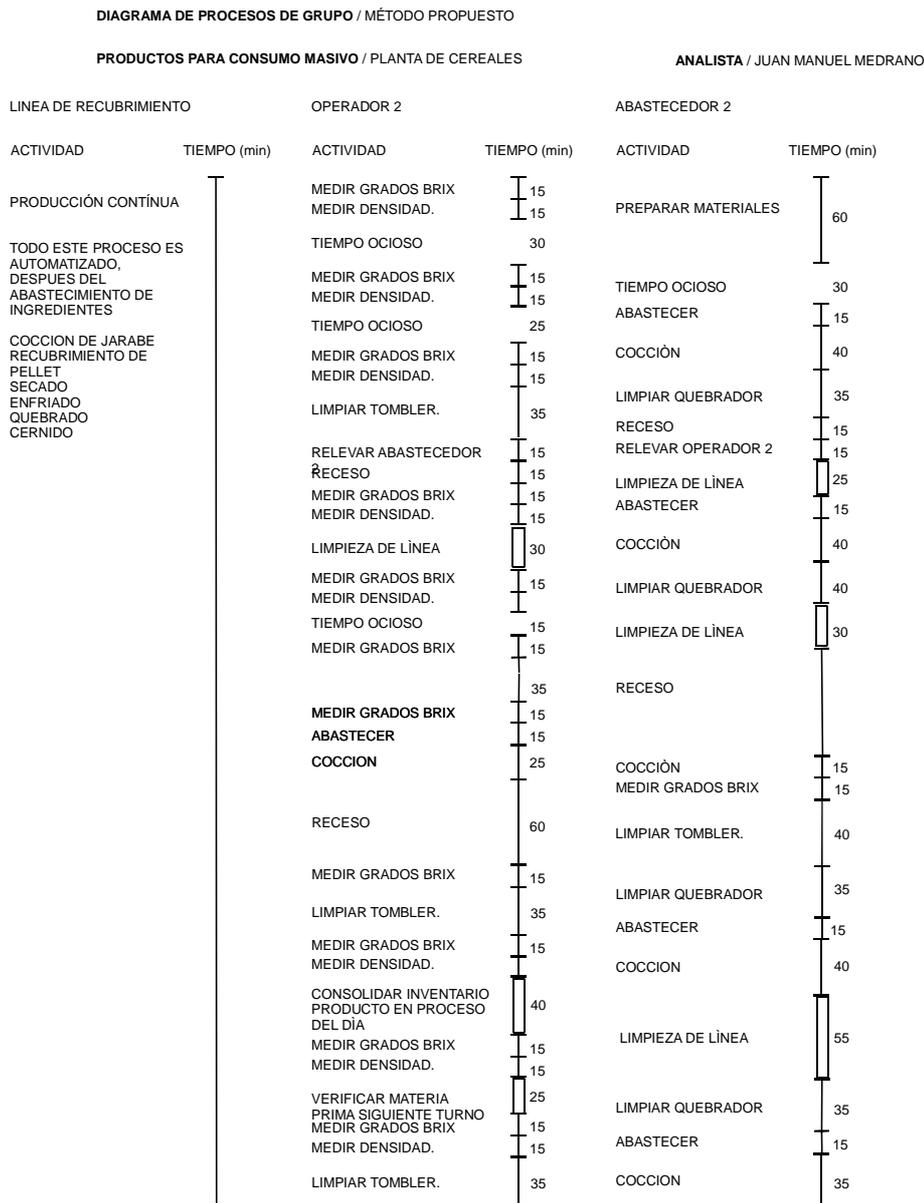
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Diagrama hombre-máquina situación propuesta, Extrusión



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama hombre-máquina situación propuesta, Cobertura



Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Nuevas técnicas de operación

Actualmente hay unos manuales que son parte del sistema de gestión, pero estos deben ser revisados y mejorados para que en realidad sean una guía para operar los equipos. Se propone que deben tener en su contenido la siguiente información:

- Procedimientos de prearranque, proceso estabilizado y finalización del proceso paso a paso.
- Tablas con variables para arranque y para el proceso estabilizado por cada producto.
- Instrucciones para corregir la calidad del producto durante el proceso, para que los operadores sepan qué hacer en caso de una contingencia, de esta manera reducir los paros con procedimientos para hacer correcciones durante el proceso estabilizado.
- Procedimientos paso a paso para configurar los equipos por producto.

3.5.2. Medición de la calidad del producto

El sistema de gestión ya tiene implementados procedimientos y variables establecidas para monitorear una calidad constante en la producción; el departamento responsable de esta actividad es el de aseguramiento de calidad, pero es importante diseñar una capacitación específicamente para instruir a todo el personal, respecto de cómo medir la calidad de lo que están produciendo.

Actualmente la calidad se monitorea cada hora; los responsables de esta actividad son los analistas de aseguramiento de calidad y operadores de la línea de producción, las variables que se revisan son:

- Densidad del pellet (gramos / litro)
- Apariencia, color, porosidad (comparar producto con un estándar)
- Ancho y grosor de unidades de cereal (pulgadas)
- Viscosidad del jarabe (grados brix)
- Humedad del pellet y producto terminado (porcentaje de humedad)
- Azúcar (porcentaje de azúcar)

Todas estas variables se miden siguiendo varios pasos del proceso y vale la pena diseñar una capacitación de una hora para adiestrar formalmente a los operadores y ayudantes responsables de la operación de la línea de producción.

3.5.3. Buenas Prácticas de Manufactura

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y HACCP son la base del sistema de gestión de inocuidad de la planta, y el personal, antes de ser confirmado, es capacitado y evaluado específicamente en estos temas, ya que para fabricar alimentos es importante que las condiciones de higiene y limpieza sean extremas.

En este aspecto ya hay todo un sistema montado, se hacen auditorías internas una vez al mes; anualmente se hacen auditorías externas para recertificar a la empresa. Lo importante aquí es mantener el seguimiento en cada auditoría para la mejora continua.

3.6. Factor maquinaria y equipo

El adquirir algunos equipos y maquinaria de apoyo mejoran la ergonomía y esto a su vez ayuda a que el ser humano sea más productivo, ya que se reducen la fatiga física y los riesgos ocupacionales; la planta proporciona lo necesario, pero se identificaron oportunidades de mejora; no existe un control formal de estos equipos, razón por la cual no es posible anticiparse y renovarlos antes de quedar totalmente inservibles.

Es necesario reparar los *pallet truck* o adquirir nuevos; además, la planta debe reemplazar todos los pallet (tarimas) que tiene actualmente por las nuevas. En este caso las nuevas tarimas sí pueden ser transportadas por *pallet truck*; con esto se reducirá el uso del montacargas para transportar algunas cosas internamente. Otro equipo que sería de gran ayuda es la adquisición de polipastos para instalarlos donde están los extrusores; en una de las líneas ya se tiene uno, en otra, hay en el área de secado. Es increíble lo que facilitan la extracción de los tornillos sinfín.

3.6.1. Herramientas y equipos

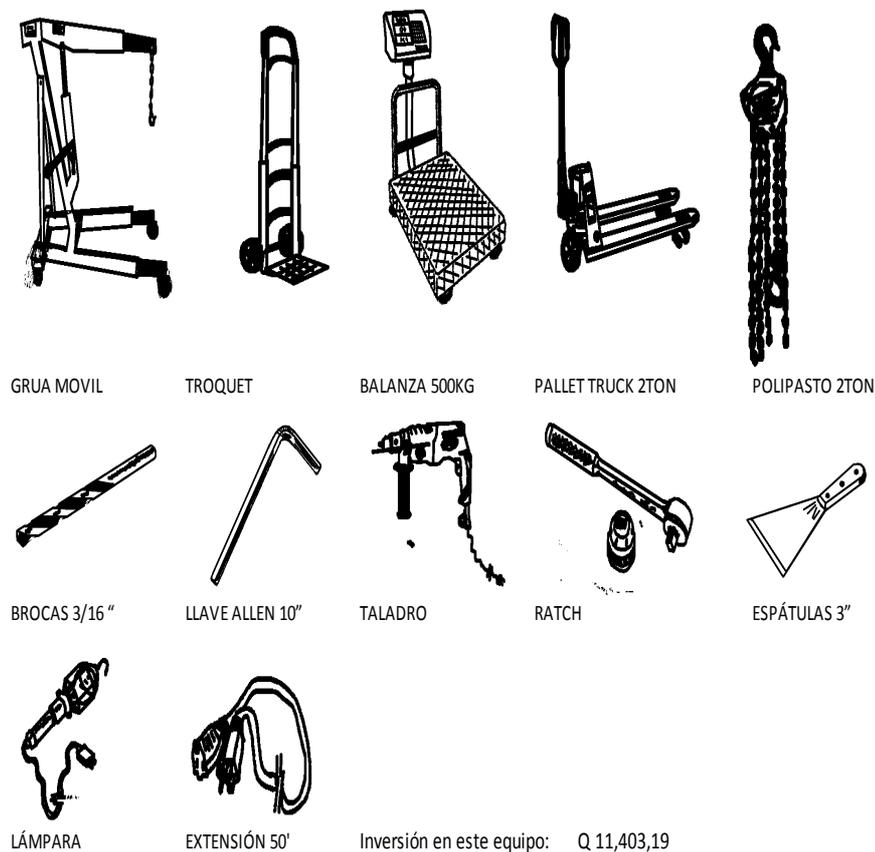
En la línea de producción se manipulan partes de gran tamaño y masa, especialmente en los paros de la línea; para que estas actividades sean más eficientes se recomienda utilizar el siguiente equipo de apoyo:

- Parte de este equipo y herramientas ya fue adquirido para que esté a disposición de la planta.
- En el caso de las herramientas es necesario que cada operador tenga su propia herramienta.

El equipo propuesto da la facilidad a los operarios de pesar subproducto, armar y desarmar el equipo y limpieza mecánica de moldes.

El caso del polipasto es de utilidad para extraer y reinstalar el tornillo sinfín para la limpieza. El taladro es de utilidad para la limpieza de los moldes con forma circular.

Figura 15. Equipos y herramientas para operación de la línea



Fuente: elaboración propia, con programa GIMP 2.

Figura 16. Equipos para limpieza de la línea



Fuente: elaboración propia, con programa GIMP 2.

3.6.2. Químicos de limpieza

La planta cuenta con los químicos de limpieza necesarios; estos ya están controlados y hay procedimientos que claramente hablan del manejo que hay que darles. Entre los químicos que se utilizan están: jabón líquido y desengrasante, alcohol etílico y alcohol gel.

Cada uno de los químicos de limpieza tienen su respectiva hoja de seguridad e internamente la planta tiene una bodega exclusivamente para almacenarlos; también existe un inventario donde se controla su uso y el volumen consumido.

3.6.3. Equipo de protección personal

De momento en la planta está en proceso la certificación de un sistema de gestión referente a la salud y la seguridad ocupacional, pero en lo relacionado al equipo de protección personal, la planta sí tiene implementado un programa serio, para garantizar que cada operador de la línea tenga a su alcance el equipo de protección necesario.

Figura 17. **Equipo de protección personal**



Fuente: elaboración propia, con programa GIMP 2.

Los departamentos responsables de la seguridad y salud ocupacional y recursos humanos, proveen a los colaboradores el equipo de protección adecuado; también se imparten capacitaciones en los primeros meses que los colaboradores son contratados.

3.7. Análisis financiero

Para elevar la productividad debe invertirse en proporcionar herramientas, equipos, EPP y al mismo tiempo capacitar al personal. El hacer inversión en las mejoras que se recomiendan hará más productiva el área de procesos de la planta, ya que se espera que se reduzcan los tiempos muertos y subproductos, debido a que el equipo será operado de forma más eficiente. Otro beneficio que se espera es el tener una planta aún más ordenada y con más espacio disponible, tomar en cuenta que el producto en proceso que se queda almacenado temporalmente representa costos en energía y recurso humano.

3.7.1. Cálculo de la inversión necesaria

Este cálculo representa lo que se propone invertir para las mejoras de solo una línea de producción; gran parte de la inversión ya está implementada, pero el dato es importante, ya que dicha inversión ayuda a que se opere de una forma más eficiente una línea de producción.

Tabla VIII. Costos de equipo y herramientas para operar línea

Cant (unid.)	Rubro	Precio (Q/unid.)	Importe (Q/unid.)	Uso
	1 Grúa móvil 2 ton	2.142,00		Mover tornillos sin fin
	1 Taladro	799,99		Limpieza de moldes
	1 Brocas 3/16"	24,00		Limpieza de moldes
	2 Llave allen 10"	98,00		Desarmar molde
x	1 <i>Pallet truck</i> 2 ton / 42"	2.950,00	2.950,00	Mover batch con su pallet
x	1 Lámpara de trabajo	150,00	150,00	Calibrar sistema corte
x	1 Polipasto 2 ton	1.099,00	1.099,00	Levantar tornillos sin fin
x	8 Espátulas 3"	5,40	43,20	Raspar equipos
x	1 Balanza 500 kg	2.500,00	2.500,00	Pesar subproductos y azúcar
x	1 Troquet	400,00	400,00	Mover piezas y materiales
x	1 Ratch	900,00	900,00	Desarmar molde
x	1 Extensión 50'	199,00	199,00	Lámpara, aspiradora, etc
INVERSIÓN TOTAL			8.241,20	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Costos de equipo para la limpieza del equipo**

Cant (unid.)	Rubro	Precio (Q/unid.)	Importe (Q/unid.)	Uso
	1 Hidrolavadora	4.999,00		Lavar bandas y canchilones
	4 Escoba	149,00		Barrer piso
	4 Escobilla de goma	79,00		Retirar excesos agua piso
	1 Aspiradora	1.099,00		Limpieza en seco
	4 Balde-exprimidor	700,00		Trapear
	4 Conos	149,00		Señalizar piso mojado
	4 Par botas imperm,	129,00		Limpieza de línea
	2 Mangueras 15 m	549,00		Lavar secadora y enfriadora
	2 Dosificadores	49,95		Graduar flujo de agua
x	4 Trapeador indust,	129,00	516,00	Secado del piso
x	4 Ropa impermeable	119,00	476,00	Limpieza húmeda
INVERSIÓN TOTAL			992,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Costos de equipo para protección personal**

Cant (unid.)	Rubro	Precio (Q/unid.)	Importe (Q/unid.)	Uso
	4 Casco	59,94		Trabajos peligrosos
	4 Par tapones	24,00		Protección 98 Db de ruido
	4 Mascarilla	7,00		Protección polvillo harina
	4 Redecilla	3,00		Protección del producto
	4 Par calzado	139,00		Protección para el pie
	1 Arnés	599,00		Trabajo a altura
	4 Cinturón de cuero	1.040,00		Levantar cargas
	4 Uniforme	300,00		Inocuidad
R	4 Par guantes asbesto	89,00	356,00	Tomar piezas calientes
x	4 Chaleco	89,00	356,00	Ir a bodegas
x	2 Overoll asbesto	102,50	205,00	Proteccion de quemaduras
x	4 Gafas	199,00	796,00	Proteger ojos
INVERSIÓN TOTAL			1.713,00	

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Valor presente

Gran parte de la inversión ya se hace actualmente, pero lo que se quiere demostrar en realidad es que si se reducen los tiempos muertos, toda la inversión en equipo de protección personal, herramientas, equipos y capacitaciones es un rubro que se recupera.

Si hay un incremento en la productividad de la línea esa inversión será fácilmente recuperable. Se encontraron unos costos no productivos, que por lo general son gastos ocultos y parte de la mejora continua es minimizarlos.

Según los análisis realizados se obtuvieron los siguientes datos:

- Q 10,767.00 es el costo de oportunidad de tener por una hora la línea parada.
- Actualmente los arranques tardan 218 min (30 % del tiempo disponible en el turno), puede ser reducido en 38 min, lo que es un tiempo de arranque igual a 180 minutos (24.77 % del tiempo del turno) horas-hombre acumuladas que pierden los operarios.
- Los 38 minutos que pueden ahorrarse en los arranques representan el rubro de Q 6,819.10; en lo que se ha definido como el costo de oportunidad.

Tabla XI. **Costo de implementación**

Rubro de capacitaciones	Horas	Q/hora	Importe
Capacitación a 4 operadores (salario mínimo más 25 %)	11	10,09	Q 111,00
Capacitación a 4 ayudantes (salario mínimo)	11	12,35	Q 135,88
Rubro herramientas y equipo			
Inversión en herramientas y equipo	-	-	Q 11 403,19
Inversión en equipo de limpieza	-	-	Q 13 111,90
Inversión en equipo de protección personal	-	-	Q 8 603,76
Inversión total			Q 33 365,73

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Costo de oportunidad acumulado en un año**

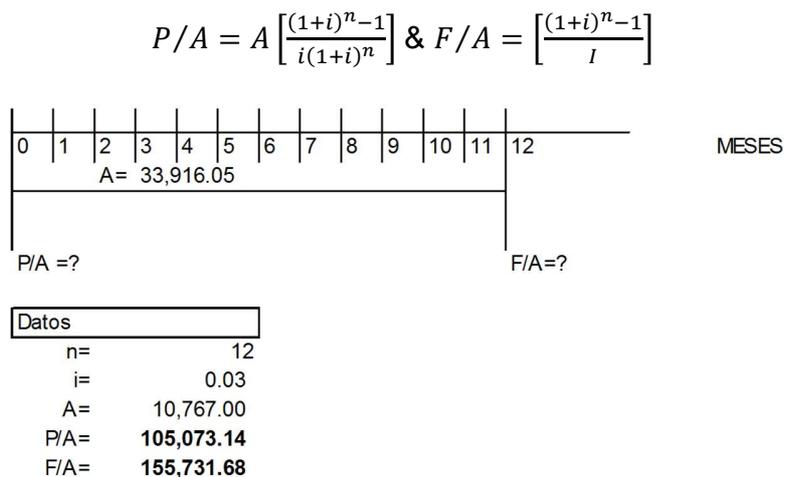
Variable	Cantidad	Explicación
n	5	Número de arranques
T (h)	3,63	Tiempo máximo de arranque
t (h)	3,00	Tiempo mínimo de arranque
d (h)	0,63	Ahorro máximo de tiempo
c (Q/h)	10.767,00	Costo de oportunidad
O (h)	38,00	Horas perdidas en arranques en un año
CT (Q)	409.146,00	Costo de oportunidad acumulado en un año
OBSERVACIÓN		
Con base en las estadísticas de precios se estima el costo de oportunidad		

Fuente: elaboración propia.

Se hará un cálculo del Valor Presente Neto para estimar cuánto puede ahorrarse entre todos los arranques en un mes, tomando como base que se fabricaron cinco productos distintos entre sí en la línea de producción. Tomar en cuenta que fue definido como costo de oportunidad, el precio por kilogramo de cereal colocado en un supermercado. En palabras más simples “se divide el costo de una unidad de cereal entre los gramos de la presentación”. Se tomó en distintos supermercados una muestra de varios cereales.

El cálculo del costo de oportunidad se realizó de esa forma, ya que son datos que maneja exclusivamente el fabricante; por eso la estimación se hizo directamente en el punto de venta al consumidor final. Se hará un estimado de lo que representa en valor presente y valor futuro, dado un dato estimado del valor en quetzales que no se coloca en supermercados como producto para la venta, este valor es de Q 10,767.00.

Figura 18. **Cálculo del valor presente y valor futuro**



Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Plan de capacitación para el personal

Específicamente la planta de producción tiene alrededor de las 100 personas laborando en distintos turnos. Para este caso un plan de capacitación debe preparar a la persona en las siguientes competencias:

- Planeación estratégica de la compañía (misión, visión, política, etc.)
- Aspectos contractuales (horarios, salarios, otros beneficios, etc.)
- Adiestramiento enfocado a la labor que se desempeña
- Seguridad y salud ocupacional

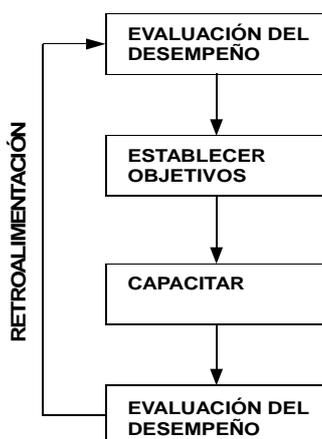
La capacitación del recurso humano es un proceso compuesto por algunas etapas que tienen su razón de ser ya que simplifican este proceso. Gran parte del contenido de las capacitaciones que se recomiendan está basado en los requerimientos del sistema de gestión:

- Evaluar desempeño: la función de esta etapa es identificar en qué tema debe capacitarse al personal. En algunos casos esta evaluación del desempeño puede hacerse por medio de indicadores implementados en la planta.
- Establecer objetivos de la capacitación: deben ser medibles y alcanzables; es decir el nivel de dificultad para alcanzar este objetivo debe ser razonable y coherente con la tecnología con la que cuenta el recurso humano.

- Capacitar: puede ser en el puesto de trabajo directamente, conferencias, manual de puestos, etc. Cómo se va a capacitar al personal depende del puesto, para el caso de esta planta de producción es necesario un balance entre capacitación en el puesto de trabajo y la teoría.
- Evaluar desempeño (de nuevo): los mismos indicadores utilizados para establecer los objetivos se utilizan en esta etapa; simplemente deben compararse los valores alcanzados antes de la capacitación con los de después de la capacitación.
- Retroalimentar: regularmente hay cambios en aspectos técnicos, legales, administrativos, tecnológicos, etc. El objetivo de repetir este ciclo es mejorar constantemente la calidad del proceso.

El siguiente diagrama de bloques ilustra los pasos ordenados que debe seguir el proceso de capacitación, para su efectividad.

Figura 19. **Etapas de la capacitación**



Fuente: elaboración propia.

- Objetivo del plan de capacitación: producir con calidad, de una forma eficiente y segura para los seres humanos responsables de la operación de la línea de cereales.
- Alcance: línea de fabricación de cereales y todo el personal involucrado directamente en el proceso.
- Objetivo del plan de capacitación: producir con calidad, de una forma eficiente y segura para los seres humanos responsables de la operación de la línea de cereales.
- Alcance: línea de fabricación de cereales y todo el personal involucrado directamente en el proceso.

Tabla XIII. **Plan de capacitación anual, para operarios**

Competencia	Horas	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Configuración de equipos	6				x								
Métodos y técnicas de limpieza	1		x										
Manejo de materias primas	2			x									
Seguridad ocupacional	2	x											
Total de horas de capacitación	11												

Fuente: elaboración propia.

La capacitación al personal es parte del sistema de gestión; desde el momento que se contrata un colaborador constantemente se le capacita en distintas áreas.

Los planes de capacitación se están revisando y mejorando como parte de lo que se llama “mejora continua” y se hizo esta propuesta a medida de las necesidades que se observaron en la planta.

4.1.1. Configuración de equipos

El grupo objetivo para esta capacitación está conformado por ayudantes, operadores, jefes de línea y supervisores. Los módulos tratan los siguientes temas:

- Principios básicos para la fabricación de cereales: es la parte teórica; se espera explicar acerca del funcionamiento básico de todos los equipos que intervienen en el proceso de fabricación, entradas y salidas del proceso.
- Control de proceso: es la parte para adiestrar en el monitoreo de variables del equipo, gráficos de control y uso de equipos para medición de la calidad.
- Arranque y paro de extrusor: es la parte práctica; el alumno debe arrancar y/o parar la línea en presencia del capacitador y operador experto de la línea. Está demostrado que con cuatro arranques y/o paros guiados se adquiere práctica.

Tabla XIV. **Módulo de capacitación: configuración de equipos**

Núm. de módulo	Horas
1 Principios básicos para la fabricación de cereales	1:00:00
2 Control de proceso	1:00:00
3 Arranque y paro de extrusor	4:00:00
TIEMPO SUGERIDO	6:00:00

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. **Métodos y técnicas de limpieza**

El grupo objetivo está conformado por ayudantes, operadores, jefes de línea y supervisores. Los módulos tratan los siguientes temas:

- Peligros a la inocuidad de los alimentos: se explican los peligros a la inocuidad de los alimentos (físicos, químicos y biológicos).
- Manejo de químicos para limpieza: se debe explicar qué, cómo, cuándo y dónde aplicar los químicos de limpieza autorizados, rombo de seguridad y hojas de seguridad para los químicos.

Tabla XV. **Módulo de capacitación: métodos y técnicas de limpieza**

Número de módulo	Horas
Peligros a la inocuidad de los alimentos	0:30:00
Manejo de químicos para limpieza	0:30:00
Tiempo sugerido	1:00:00

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Manejo de materias primas

El grupo objetivo para esta capacitación está conformado por ayudantes, operadores, jefes de línea y supervisores. Los módulos tratan los siguientes temas:

- Trazabilidad: etiquetado de productos, estibas, interpretación de lotes y fechas de vencimiento.
- Ergonomía: explicación del concepto ergonomía y los beneficios a la salud, riesgos por malas posturas corporales, equipos y transportes proporcionados para manipular cargas pesadas.
- Preparación y abastecimiento de *batch*: capacitación relacionada con la interpretación de las recetas, como abastecer un *batch*, tiempos de mezclado y alimentación de datos de los registros correspondientes a cada producto.

Tabla XVI. **Módulo de capacitación: manejo de materias primas**

Número de módulo	Horas
Trazabilidad	0:30:00
Ergonomía	0:30:00
Preparación y abastecimiento de <i>batch</i>	1:00:00
Tiempo sugerido	2:00:00

Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Seguridad ocupacional

El grupo objetivo para esta capacitación está conformado por ayudantes, operadores, jefes de línea y supervisores. Los módulos tratan los siguientes temas:

- Equipo de protección personal (30 minutos, salón de capacitaciones): se explica a los operarios los conceptos de condiciones del ambiente de la planta (ruido, temperatura, iluminación, alturas, etc.), se da a conocer a los colaboradores el porqué se proporciona el equipo de protección personal y cómo debe utilizarse para que sea más efectiva la protección.
- Manejo de contingencias (30 minutos, planta de producción): uso de extintores, rutas de evacuación y localización de botones para paros de emergencia de la línea; también se explica qué hacer en cada contingencia (apagones, incendios y terremotos).
- Código de colores y señalización (1 hora, salón de capacitaciones): explicación del significado de los colores en las tuberías, exposición de los lugares y/o equipos donde hay peligros (alto voltaje, alta temperatura, alta presión, altura, etc.). Este módulo incluye un recorrido por la línea de producción y una evaluación al final del recorrido.

Tabla XVII. **Módulo de capacitación: seguridad ocupacional**

Número de módulo	Horas
Equipo de protección personal	0:30:00
Manejo de contingencias	0:30:00
Código de colores y señalización	1:00:00
Tiempo sugerido	2:00:00

Fuente: elaboración propia.

4.2. Maquinaria y equipo

Los diagramas de recorrido y flujo ilustraron el proceso; en realidad cada paso del proceso es una “máquina” y a la conclusión que se llegó es de que no es posible omitir algunas operaciones, que en un análisis de estos deberían evitarse, tal como demoras y transportes.

El proceso de fabricación de cereales requiere maquinaria que haga los procesos de manufactura de cocción, mezclado, extrusión, secado, enfriado, etc. Parte de la maquinaria se describe a continuación.

Tabla XVIII. **Maquinaria de la línea de producción de cereales**

Màquina	Proceso
Tolba de abastecimiento	Punto de abastecimiento de materias primas Tiene tamiz, que separa grupo de gran tamaño
Transporte neumático	Aspirar harinas al silo
Silo	Almacenar temporalmente <i>batch</i> mezclado
Turbocernedor	Tamizar ingredientes secos
Bàscula	Dosificar ingredientes secos que se procesaràn
Acondicionador	Mezclar agua e ingredientes secos Aplicaciòn de vapor
Extrusor	Mezclar, cocer, dar forma y cortar pellet
Aplicador de color	Dar color al pellet
Tostador	Dar consistencia crugiente al pellet
Elevador de canjilones	Transportar pellet, este mecanismo lo protege de golpes
Tambor de recubrimiento	Recubrir pellet con jarabe de azúcar y otros sabores
Marmita	Cocciòn del jarabe de azúcar
Bomba peristáltica	Inyectar el jarabe de azúcar al proceso
Secador	Evaporar la humedad del pellet
Enfriador	Enfriar a temperatura ambiente el pellet
Vibrador	Separar grumos

Fuente: elaboración propia.

4.2.1. **Modificaciones propuestas**

La planta ya hizo una inversión grande en maquinaria e infraestructura para hacer más productiva la planta; en su momento eran proyectos, pero ya fueron ejecutados; se mencionan a continuación los más importantes:

- Aspiración de finos: esta modificación fue mejorar la aspiración de finos. Este proyecto tuvo gran alcance ya que se vio beneficiada el área de empaque, que elevó su productividad; los paros por acumulación de finos se redujeron considerablemente.

- Incrementar capacidad de secado: se instalaron nuevos radiadores y más modernos; también la tubería fue modificada; en algunas secciones se instalaron algunas trampas de vapor adicional y revestimiento para evitar la pérdida de calor por radiación.
- Nueva línea de empaque: la planta ha adquirido e instalado una nueva línea de empaque; lo que quiere decir que se puede subir la capacidad de la extrusión sin tener el problema de acumular producto a granel.

Hacer modificaciones en una planta que opera bajo un estricto sistema de gestión de la calidad e inocuidad implica análisis de laboratorio, para garantizar que la calidad del producto final no se verá alterada; sin embargo en todo proceso industrial siempre hay lugar para la mejora continua. Las mejoras que se proponen se exponen a continuación:

- Hojueladores: algunas veces es necesaria la aplicación de aceite vegetal en los rodillos, se sugiere instalar aplicadores de aceite, en forma de rociador. En el registro de control del proceso no se registran los parámetros de operación de esta máquina.
- Extrusores: “rodear” los extrusores con drenajes, para que en el momento de la limpieza el agua no se disperse a otros lugares. Actualmente hay drenajes pero las personas que operan la línea. Se tiene que barrer el agua con escobillas de goma, ya que el desnivel del suelo no favorece la circulación del agua a los drenajes.
- Aplicador de colorantes: adquirir batidores y bombas para cada contenedor, para garantizar un color estándar en todo el proceso.

- Marmitas: en la línea de cereales para abastecer extracto de malta y azúcar se tiene que utilizar montacargas. Para este caso debe evaluarse la construcción de un *mezanine* fijo para que el montacargas posicione los *batch*, o instalar a nivel de suelo tolvas de abastecimiento para que después se eleven a marmitas el azúcar y el extracto de malta, ya sea con transportes neumáticos o tornillos sin fin.
- Vibrocernedores: algunos de estos tienen la adaptación de la aspiración de finos instalada en la planta; sin embargo en las líneas de cereales expandidos el cereal sale en forma de grumos. Evaluar la posibilidad de adquirir uno de mayor capacidad.

4.2.2. Compra de nuevo equipo

Para que la operación de la línea de producción sea eficaz, debe proveerse a los operadores y abastecedores de herramienta y equipo. Esto es necesario para reconfigurar la línea al cambiar de productos, para arranques, etc.

Todo este equipo puede adquirirse en el mercado local; ya se hizo la observación que algunos de estos equipos están dañados y necesitan reparaciones o adquirirlos nuevos.

Tabla XIX. **Estado de la inversión en herramienta y equipo**

Rubro (Q)	Concepto
3,161.99	Valor de herramienta y equipo adquirido
8,241.20	Valor de herramienta y equipo no adquirido

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Monitoreo de tiempos muertos con el software implementado

La planta ya cuenta con un software específicamente para el cálculo del OEE; con dicho software se tienen las siguientes ventajas:

- En tiempo real ahora la planta tiene datos de cada máquina, y se puede detectar y corregir a tiempo cualquier paro en los equipos.
- La información está al acceso de todos los operadores, supervisores, jefes y gerentes, ya que la información se sube a la intranet.

Mientras se hizo este estudio, el software tenía pocos meses de haber entrado en servicio, pero mes a mes se fue refinando el ingreso de datos. En los primeros meses de la implementación se detectaron las siguientes oportunidades de mejora:

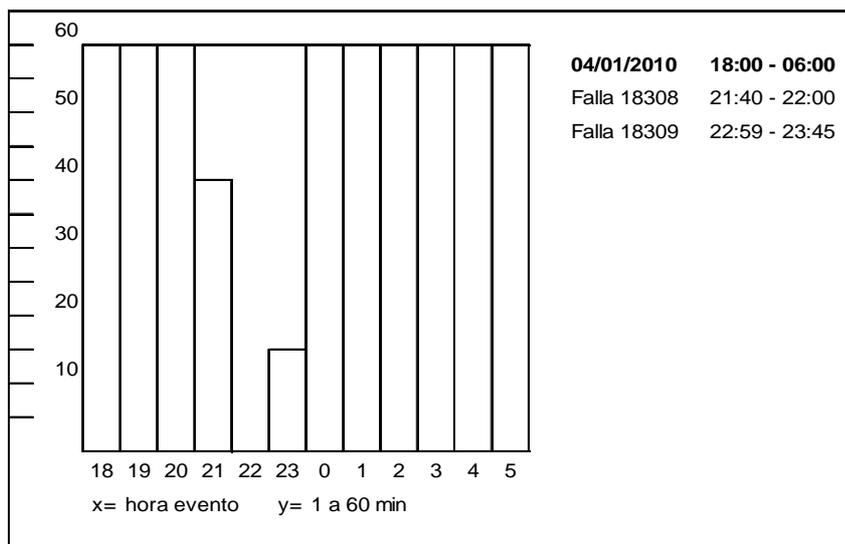
- Bloqueo de usuario por cambio de contraseña: como parte de la seguridad informática cada mes el software pedía cambio de contraseña, pero en ocasiones un operador ejecutaba el cambio de contraseña sin reportárselo al siguiente operario y sucedió que por ingresar varias veces una contraseña incorrecta se bloqueaban algunos usuarios y se perdían turnos enteros de información.
- Registro paralelo de datos para el OEE: no es recomendable crear nuevos registros para el control del OEE si ya se cuenta con un software; pero

para tener un soporte para eventualidades con el software, los supervisores deberían llevar un control paralelo de su turno en una hoja de cálculo, para que posteriormente pueda alimentarse esta información.

- Paros por reparaciones: el software puede ser modificado; por eso recomienda alimentar con los números de órdenes para reparaciones el software, para identificar las fallas que más tiempo muerto representan.

Actualmente el tiempo productivo se monitorea hora por hora, ya que el software tiene la capacidad de reportar la actividad de cada máquina de la planta. Estos datos son alimentados por el operador; a manera de ejemplo se hace una representación gráfica del aprovechamiento del tiempo en un turno de doce horas; la línea de producción tuvo un paro de dos horas con cinco minutos, por una fallas.

Figura 20. **Gráficos para monitorear tiempos muertos**

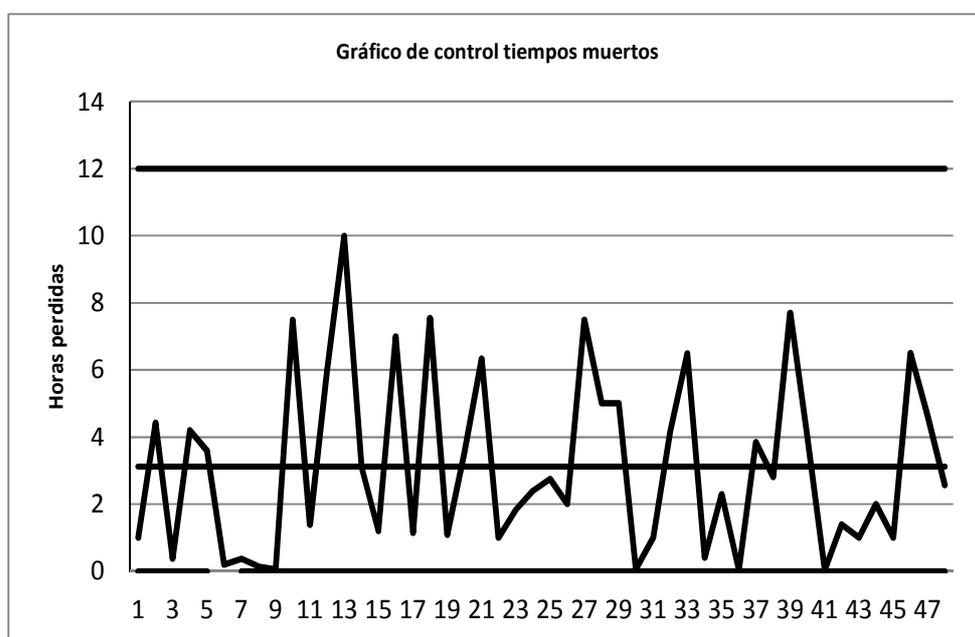


Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Gráficos de control

Se tomó como muestra la actividad de la línea de cereales en 48 turnos entre los meses de mayo y junio del 2012; la jornada es de doce horas efectivas, ya que es tiempo de operación de la maquinaria.

Figura 21. Gráfico de control meses de mayo 2012 y junio 2012



Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Planes de acción

Se detectaron áreas de mejora y con base en estas se deben levantar cinco planes de acción para alcanzar los objetivos.

Respecto de los resultados esperados se obtuvo:

- El tiempo estándar para preparar la línea de producción oscila entre 6 horas y 8 horas.
- La eficiencia de la planta es del 88.30 %; en el cálculo de este valor también se detectó que el factor humano es eficiente solo en un 67.01 %.
- Según el diagrama hombre-máquina se detectó que de 48 horas disponibles 11 son no productivas; por eso es necesario redefinir responsabilidades en los puestos de trabajo en esa línea en particular.
- El tiempo invertido en los arranque del equipo es de 218 minutos (3 horas con 28 minutos). Este valor es el 30.27 % del tiempo disponible que el equipo está parado; este tiempo puede bajarse a un 23.61 %, solo si los operadores ensamblan el extrusor simultáneamente con la preparación de los *batch* de ingredientes en la mezcladora.
- El número óptimo de personas que se necesitan para operar la línea de producción sigue siendo de 4, a pesar de que se detectaron 11 horas no productivas, acumuladas entre el grupo de trabajo.
- Los cuellos de botella durante la preparación de la línea de producción son el extrusor y el equipo de secado.

5.2. Plan de mantenimiento para los equipos

El plan de mantenimiento para la planta incluye mantenimiento correctivo y preventivo, en algunas máquinas.

Actualmente hay un programa formal implementado de acuerdo con el sistema de gestión; pero se detectaron áreas de mejora que el departamento de mantenimiento puede tomar en cuenta para los futuros planes. Las recomendaciones en cuanto a los planes de mantenimiento que se hacen, están basadas en fallas que han provocado que la línea pare por mucho tiempo o han generado niveles de subproducto superiores a los aceptados.

Un mantenimiento bien administrado debe estar enfocado a la eliminación de los resultados indeseables, cuando en la maquinaria hay una falla. En las plantas donde la maquinaria para la producción, y que el conjunto de las mismas sea de gran tamaño, una falla da como resultado que las personas que la operan acumulen tiempo ocioso. Con esto se corre el riesgo de perder clientes, ya que puede ponerse en riesgo el prestigio de la marca que se produce.

El fin de un mantenimiento sistemático y ordenado es la protección del desempeño de la empresa; otro objetivo es el de optimizar los costos en reparaciones y garantizar que la maquinaria trabajará a una capacidad razonable en un período de tiempo planificado. Debe incluir todos los procesos necesarios para tener un buen estado de trabajo maquinaria y equipos. En este caso, tiene que involucrar las siguientes actividades:

- Inspecciones
- Servicios de rutina
- Mantenimiento en instalaciones de servicio

La idea de llevar a cabo estas actividades es crear un sistema de gestión que sea capaz de identificar fallas potenciales y que haga reparaciones para evitar paros no programados, a un costo razonable.

El mantenimiento preventivo deber ser una garantía de que la maquinaria trabajará de una forma confiable, es decir funcionará el tiempo planificado, garantizando que el producto tendrá razonablemente las especificaciones ofrecidas al cliente.

5.2.1. Trabajos de mantenimiento semestral

El mantenimiento semestral se hace debido a que partes de la maquinaria son sometidas a condiciones extremas, entiéndase alta presión, vibración constante, alta temperatura, rotación, etc. Por tanto se debe:

- Revisar trampas de vapor y válvulas de la línea de vapor
- Enderezar patas portacuchillas del sistema de corte
- Revisar condiciones de boquillas para rociado de jarabe

Algunas veces solo se trata de comprar una pieza y cambiarla; por lo tanto no requiere mucho tiempo de paro el equipo; pero si ocurre una falla en plena operación, el tiempo perdido es mayor por no disponer de repuestos de forma oportuna.

Tabla XX. **Plan de mantenimiento semestral**

Mantenimiento	horas	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cambio de tuercas compuerta extrusor	1			x						x			
Cambio de tuercas del molde	1			x						x			
Revisar trampas de vapor y válvulas	12						x						x
Enderazar portacuchillas de sistema de corte	12						x						x
Revisar boquillas de aspersores de jarabe	1			x						x			
Tiempo asignado	27												

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Trabajos de mantenimiento anual

Este apartado es especialmente para daños o desgaste en equipos; usualmente algunas fallas ocurren de forma rara debido a una mala operación o que el operario ha cometido algún error en la operación.

Este listado de actividades para mantenimiento requiere que el equipo no tenga actividad por lo menos una semana, ya que de ocurrir alguna de estas fallas en plena operación, el paro representaría muchas horas.

Tabla XXI. **Plan de mantenimiento anual**

Mantenimiento	horas	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Alineación de compuerta del extrusor	12													x
Revisar sellos de cajas reductoras	12			x										
Alinear motor del mecanismo de corte	12			x										
Revisar tornillos sin fin y elementos de esparrago	12													x
Cambiar visores del transporte neumático de pellet	4			x										
Mantenimiento a radiadores de los sistemas de secado	24													x
Reparar aire acondicionado en cuartos de control	12			x										
Mantenimiento a electroválvulas de las marmitas	12			x										
Calibrar tamices vibradores	12			x										
Desarmar bombas de jarabe, agua, etc.. Y limpiarlas	48													x
Tiempo asignado	160													

Fuente: elaboración propia.

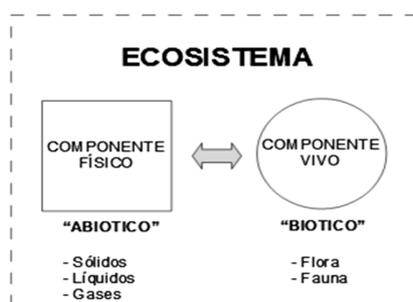
6. MEDIO AMBIENTE

6.1. Aspecto legal aplicable

Con el paso de los años el ser humano ha evolucionado y junto con esta evolución también ha crecido la demanda de recursos para cubrir necesidades de distintos tipos, salud, tecnología, etc. El crecimiento de la población mundial es exponencial, sin embargo algunos de los recursos no son renovables y otros son renovables. Para que la extracción y utilización sea responsable, es necesario legislarla para minimizar el daño al ecosistema.

El ecosistema es el contexto dentro del cual está el medio ambiente donde interactúan los componentes bióticos (reino vegetal y reino animal) con los abióticos (reino mineral). El equilibrio del ecosistema en el que el ser humano vive es frágil y un uso irresponsable de sus recursos altera las condiciones de este. El medio ambiente es renovable siempre que el hombre haga un uso razonable de los recursos.

Figura 22. Componentes del ecosistema



Fuente: elaboración propia.

Estos recursos son suficientes para que el ser humano viva de una forma saludable; sin embargo, no son infinitos o su tasa de renovación es menor a la tasa a la que consumen; entre los recursos se pueden mencionar:

- Agua
- Aire
- Madera y metales preciosos
- Combustibles fósiles

Estos solo son algunos de los recursos de los que hace uso el hombre, pero el mal uso es causa de efectos negativos irreversibles al medio ambiente. En realidad el clima cambia constantemente, gracias al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol, al movimiento de la luna alrededor de la Tierra, etc. Para este caso se utilizará el término cambio climático para hacer referencia a la alteración del patrón a la que el clima cambia. El cambio climático tiene muchas causas en las que se enumeran algunas:

- Emisión de gases invernadero
- Tala de árboles
- Contaminación del océano, por derrames de petróleo.
- Cacería o destrucción del hábitat de algunas especies.

Actualmente la organización no está certificada bajo ningún sistema de gestión ambiental; en este caso podría ser ISO 14000. Sin embargo se han implementado prácticas e infraestructura amigables con el medio ambiente; también hay proyectos para implementar mejoras en el corto, mediano y largo plazo. El marco legal referente al medio ambiente en Guatemala, se basa en la Constitución Política de la República y en tratados y convenios internacionales que Guatemala ha ratificado.

A continuación se presenta un listado de una parte de la legislación que apoya la agenda ambiental de Guatemala:

- Constitución Política de la República de Guatemala
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
- Ley de Áreas Protegidas
- Ley Forestal
- Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Específicamente están regulados todos los aspectos que tienen relación con sistemas hídricos, líticos, edáficos, bióticos, elementos audiovisuales y bienes naturales y culturales. Los propósitos de esta legislación están dirigidos a modificar la situación ambiental actual de Guatemala y no solo es un tema de gobierno, también depende de diversos sectores sociales.

6.2. Política ambiental de la organización

Todo tipo de negocio provoca un cambio en el ecosistema. El uso de los recursos debe ser gestionado de una forma integral, es decir desde que se diseña el producto; sea este un bien o servicio debe tenerse prevista la forma de manejo de los desechos ya sea papel, vapor, agua, etc. El concepto de "producción esbelta" es una filosofía de producir utilizando la menor cantidad posible de recursos y con un proceso simplificado; estas son algunas prácticas que la empresa podría implementar para manejar de una mejor forma los recursos:

- Minimizar inventarios
- Reducir desperdicios

- Reducir la variación en el proceso

La actual política estaba siendo revisada y se modificó su redacción; ahora ya incluye de forma literal la responsabilidad para con el medio ambiente. Desde hace varios años la empresa ha llevado a la práctica acciones amigables con el medio ambiente, sin necesidad de que esto estuviera plasmado de forma literal en la política y sin tener implementada la documentación que implica un sistema de gestión específico al medio ambiente.

De momento se ha llevado a la práctica con éxito la gestión ambiental, aunque como parte de la mejora continua evidentemente es algo que se formalizará en el corto o mediano plazo, entre las prácticas e infraestructura que son parte de la cultura organizacional relacionadas con el medio ambiente, se mencionan entre algunas:

- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Estaciones de reciclaje para no mezclar distintos tipos de desechos.
- Venta de subproductos para fabricar alimentos para animales domésticos.
- No se hacen arranques en las “hora pico” del suministro eléctrico que es entre 06:00 y 22:00 horas.
- Se ha creado un comité de agua.
- En las capacitaciones se hace conciencia del uso responsable del agua.

- Control de subproductos y con base en esto se analizan sus causas para implementar acciones correctivas para minimizarlos.
- Se hace conciencia a los colaboradores para reducir el uso de bolsas plásticas en sus compras y dentro de los procesos de la planta.
- En las plantas existe un código de colores para identificar contenedores del subproducto.

6.3. Subproductos generados en los procesos

La planta en estudio se dedica a la fabricación de cereales y el producto que se genera es una mezcla de harina, azúcar, colorantes, vitaminas, agua, etc. El proceso es muy eficiente y siempre hay un porcentaje de subproducto que es parte del proceso y la gestión de la planta el generarlo; a continuación se explican los tres tipos de subproducto más comunes:

- **Seco:** harina seca, azúcar y restos de pellet que se generan por la vibración que se produce en las distintas fases del proceso; también se incluyen grumos del producto final que se separan en los tamices.
- **Húmedo:** es una pasta que se hace de la mezcla de harina, azúcar, colorantes y vitaminas. También forma parte de este subproducto aquel al cual la secadora no le extrae la humedad.
- **Líquidos:** pueden ser agua, colorantes y jarabe de azúcar; este se genera por errores, ensayos, limpieza de equipos, etc.

Constantemente se hacen investigaciones para mejorar los productos o crear nuevos, en estas pruebas se hacen cambios en los ingredientes o en los valores de operación de los equipos, ya que de momento no se alcanzan estándares de calidad que se ofrecen al cliente, por eso tienen que tomarse como subproducto.

Estos residuos de por sí no son peligrosos, ya que son restos de la producción de alimentos que se generan desde la adquisición y almacenaje de las materias primas durante el proceso de producción, e incluso se generan en las bodegas de producto terminado.

6.3.1. Datos históricos

Para llevar un control del subproducto es importante separar el subproducto seco del húmedo, ya que el separar los datos puede dar una información respecto de qué pasó en el proceso.

El subproducto seco se genera siempre a toda hora, todos los días, por la vibración que se genera en los equipos; pero el subproducto húmedo se origina por causas especiales como arranques y paros del proceso, o también por una mala formulación de los ingredientes, ya sea por error humano o por alguna falla en el equipo.

Como muestra se tomaron datos de once turnos en dos líneas de producción; la cantidad de subproducto también depende mucho de la capacidad de la línea; es por eso que la línea dos genera unos valores mayores de subproducto.

Tabla XXII. Registro de subproducto en 11 turnos

Turno	Jornada	Linea	Producto	Operador	Humedo kg	Seco kg
1 dia		2 D		AL	506.0	272.0
2 noche		1 A		TR	144.0	
3 noche		1 D		GL	22.0	
4 dia		2 D		AL	490.0	180.0
5 noche		2 D		GL	111.0	
6 dia		2 D		AL	166.5	204.0
7 noche		1 B		TR	530.0	155.0
8 noche		2 E		GL	265.0	
9 noche		1 B		TR	500.0	
10 noche		2 E		GL	469.0	204.0
11 noche		1 C		TR	310.0	318.0
Total					3,513.5	1,333.0
Promedio					319.4	222.2
Desviación estándar					187.7	61.0

Fuente: archivo de la planta.

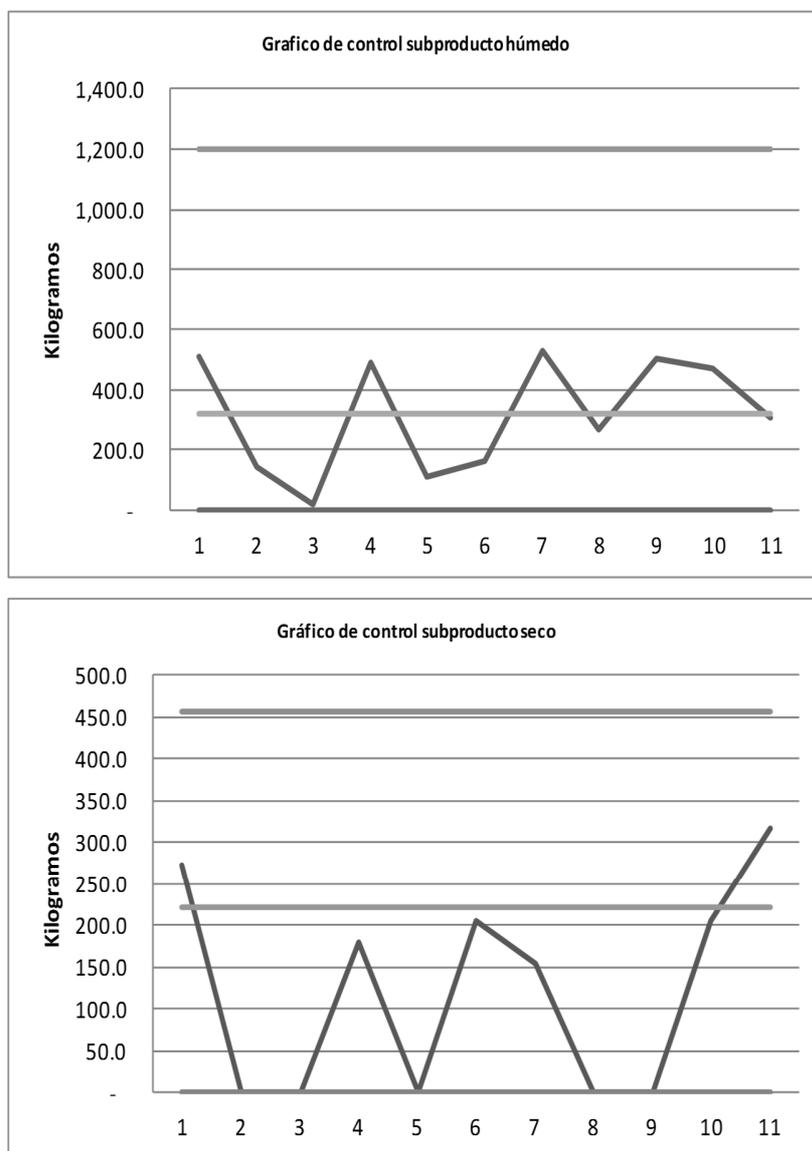
6.3.2. Gráfico de control

Con los datos del registro de subproductos y desperdicios se generan dos gráficos de control para separar el subproducto seco y el húmedo; debe ser así, ya que son distintas las causas que generan cada tipo de subproducto.

- El subproducto tiende a mantenerse cerca de su valor promedio; en su mayor parte este se produce en los arranques, lo que quiere decir que si se reduce el número de paros o si se maximiza la capacidad de los equipos porcentualmente, el valor de este subproducto será menos representativo.
- El subproducto seco se genera en su mayor parte en los paros por cambio de producto, ya que se suma al subproducto que regularmente generan los equipos, mientras se trabaja el subproducto que se acumula en bandas

transportadoras, a las que se les hace limpieza en el instante en que se hace un cambio de producto.

Figura 23. **Gráficos de control, kilogramos de subproducto**



Fuente: archivo histórico de subproducto de la planta.

6.4. Reducción de subproductos

Continuamente se han implementado mejoras en el equipo y en el método para minimizar el porcentaje del subproducto por turno, según lo sugieren los gráficos de control de subproductos, se encontraron las siguientes oportunidades de mejora y algunas recurrentes causas de paro:

- Desgaste de sistema de corte, en parte es por mala alineación del sistema.
- Obstrucción de moldes, por la calidad de harinas.
- Obstrucción de boquillas de rociado de jarabe y acumulación de terrones de azúcar.
- Cortes abruptos o planificados a última hora de la producción; esto no solo genera más subproducto, también implica más tiempo muerto en limpiezas.

Estos puntos corresponden a mantenimiento y al proveedor de los insumos; pero también los operadores pueden llevar a cabo prácticas para minimizar los desperdicios que se generan en el proceso, entre los que se sugiere:

- Maximizar velocidad del proceso, es decir más kilogramos/hora
- Minimizar el tiempo de estabilización del proceso
- Reducir los tiempos de arranque y paro del equipo

Para que el personal operativo pueda llevar con éxito estas prácticas que se sugieren, es necesario cooperar con ellos en la cuestión de los insumos y el mantenimiento del equipo.

6.4.1. Corridas largas de producción

Este tema no depende directamente de la operación de la planta pero sí de la planificación de la producción. Como en toda organización, los esfuerzos se enfocan en la satisfacción del cliente y en ocasiones, pedidos urgentes generan cortes en la continuidad de la producción; estas son algunas ventajas de hacer las corridas largas y continuas:

- Facilidad en los controles de inventario, ya que no quedan saldos para cuadrarlos contablemente.
- Menos tiempo invertido en limpiezas y configuración del equipo.
- Menos horas extra y menos presión en el personal operativo.

Las causas detectadas que generan corridas de producción cortas son por mencionar algunas:

- No hay insumos en bodega.
- Pedidos no planificados.
- Algunas veces los pronósticos de la demanda fallan en la precisión.

- Mala calidad del producto terminado genera producto rechazado que debe reacomodarse.
- Fallas en el equipo; en ocasiones el tiempo de paro es largo por no disponer de repuestos.

6.4.2. Medición de rendimientos

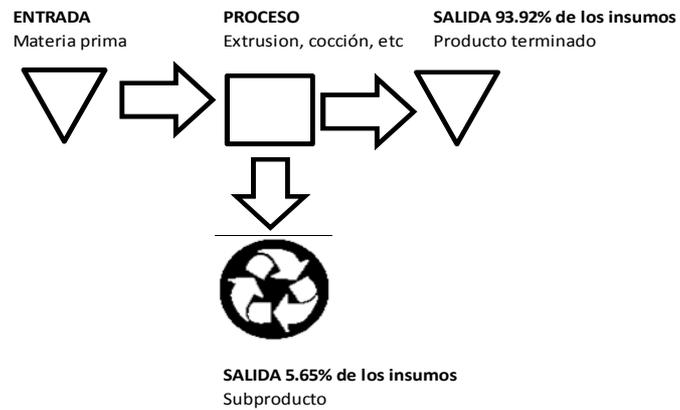
El rendimiento de la materia prima es el cociente entre la cantidad de producto terminado obtenido, dividido entre la cantidad de kilogramos que ingresó al proceso; este dato es del 93.92 % y el porcentaje de subproducto es del 5.65 % que sumados son el 99.57 %.

La información exacta de cuántos kilogramos tiene cada *batch* es información que solo la planta maneja, pero los rendimientos y los datos de subproducto sí son datos que se proporcionaron. El siguiente gráfico de control refleja los rendimientos de algunos turnos.

La interpretación del gráfico de control de subproductos, es que el límite inferior es del 0 % y el límite máximo, 100 %.

El 95.87 % es el rendimiento promedio que se obtuvo en los días que se estudió, superando el rendimiento del 93.92 % que es el valor teórico, es decir el rendimiento esperado.

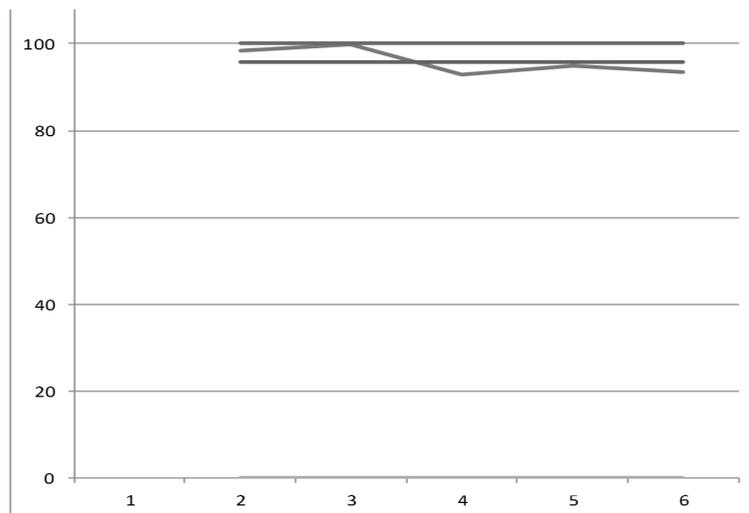
Figura 24. Ilustración simplificada del proceso



Fuente: elaboración propia.

El gráfico refleja una curva con cambios suaves, cualquier cambio abrupto en la curva refleja claramente una situación especial en el proceso.

Figura 25. Gráfico de control rendimientos materia prima



Fuente: archivo histórico de subproducto de la planta y rendimientos de la planta.

CONCLUSIONES

1. El tiempo estándar para preparar la línea de producción oscila entre 6 horas y 8 horas.
2. La eficiencia de la planta es del 88.30 %; en el cálculo de este valor también se detectó que el factor humano es eficiente solo en un 67.01 %.
3. Según el diagrama hombre-máquina se detectó que de 48 horas disponibles, 11 son no productivas; por eso es necesario redefinir responsabilidades en los puestos de trabajo en esa línea en particular.
4. El tiempo invertido en los arranque del equipo es de 218 minutos (3 horas con 28 minutos) este valor es el 30.27 % del tiempo disponible que el equipo está parado; este tiempo puede reducirse a un 23.61 %, solo si los operadores ensamblan el extrusor simultáneamente con la preparación de los *batch* de ingredientes en la mezcladora.
5. El número óptimo de personas que se necesitan para operar la línea de producción sigue siendo de 4; a pesar de que se detectaron 11 horas no productivas, acumuladas entre el grupo de trabajo.
6. Los cuellos de botella durante la preparación de la línea de producción son el extrusor y el equipo de secado.

7. El programa de mantenimiento no debe llevarse a cabo en la totalidad del equipo, ya que hay mecanismos donde es más barato esperar a que un componente falle y repararlo de forma correctiva.
8. El costo del mantenimiento preventivo tiene que ser razonable, para evitar encarecer la operación de la planta.

RECOMENDACIONES

1. Crear un registro paralelo de paros como soporte en eventualidades con el software donde se lleva el control de la eficiencia global de los equipos. Este control pueden llevarlo los supervisores en una hoja de cálculo.
2. Modificar el software donde se lleva el control de la eficiencia global del proceso; la modificación que se recomienda es crear un espacio para anotar el número de solicitud de reparaciones, para llevar un mejor control del tiempo invertido en reparaciones.
3. Crear un registro de la vida útil de las piezas del sistema de corte, ya que son las que tienen más desgaste; para ese control funciona una hoja de cálculo donde se anote fecha, hora de montaje y desmontaje.
4. Integrar los valores de operación del hojelador al registro del control del proceso, ya que actualmente no hay estadísticas formales de los valores óptimos para la operación.
5. Rediseñar la descripción de puesto para el personal operativo responsable de la línea de producción, ya que según el diagrama hombre-máquina hay un valor acumulado de tiempo no productivo de once horas entre las cuatro personas.
6. Asignar a un operario por turno el control del producto a granel; de este modo puede apoyarse la trazabilidad.

7. Gradualmente proveer a la planta de tarimas que pueden arrastrarse con *pallet truck*, para reducir la dependencia del montacargas y al mismo tiempo el consumo de gas GLP.
8. Implementar un programa para formar nuevos operadores para cada tipo de máquina.
9. Implementar un procedimiento formal para suministrar y controlar de mejor forma las herramientas y equipo. Actualmente las herramientas y equipos quedan prácticamente inservibles antes de ser reemplazados.
10. Revisar el contenido del plan de competencias laborales que tiene implementado actualmente el departamento de recursos humanos, ya que de momento no cubre las necesidades de la planta de producción. Las evaluaciones actualmente no reflejan en su totalidad el nivel de competencia de los colaboradores.

BIBLIOGRAFÍA

1. EPPEN, G. D. *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México: Prentice-Hall, 2000. 792 p. ISBN 970-17-0270-0.
2. MUÑOZ AFRE, Laura Cristina. *Mejora de la eficiencia en la evaluación de inspecciones de Buenas Prácticas de Manufactura (limpieza y saneamiento) en una planta de alimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 70 p.
3. NIEBEL, Benjamin. *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. No. 11. México: Alfaomega, 2004. 752 p. ISBN 970-15-0993-5
4. REYNOSA CERVANTES, Luis Estuardo. *Incremento en la eficiencia para los grupos de trabajo con bajo rendimiento en el proceso de tendido de la sala de corte de Koramsa El Naranjo*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 91 p.
5. UCELO LEZANA, Astrid Roxana. *Diseño e implementación del sistema de Eficiencia Global de los Equipo (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,
2008. 138 p.

6. XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 213 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Planes de acción propuestos para el cumplimiento de los objetivos planteados**

- Plan de acción 1: establecer tiempo estándar para preparar las líneas de producción.
 - Objetivo: establecer tiempo estándar para preparar las líneas de producción.
 - Alcance: este plan de acción es aplicable solo a la línea de preparación de cereal, inicia en el área de materia prima y termina en el proceso de secado de pellet.
 - Responsables: ayudantes, operadores, jefes de línea, supervisores, coordinadores, jefe.
 - Procedimiento:
 - Anotar hora a la que se termina corrida de producción actual, esto es la hora 1 (t1).
 - Anotar hora a la que se arranca el siguiente producto; este dato será hora (t2).
 - Calcular el tiempo de preparación de la línea esto es: $t_p = t_2 - t_1$.

distribuyen así: 13.90 % velocidad del proceso; 19.09 % paros externos Y 67.01 %, eficiencia operativa.

- Según el diagrama hombre-máquina, entre las cuatro personas responsables de la operación y abastecimiento de la línea tienen asignado un máximo de 44 horas/día, de las cuales 11 horas/día son improductivas.
- Según estos datos de momento, la planta puede prescindir de una persona y asignarle otra actividad o puede subirse la capacidad para producir más kilogramos/hora; con esto se incrementan los valores de velocidad del proceso y eficiencia operativa y el valor de la eficiencia se incrementaría.
- Documentos relacionados: órdenes de servicio de mantenimiento, registro de control de proceso, registro de preparación de ingredientes, control de subproducto, control de asistencia del personal.
- Plan de acción 3: reducir el tiempo muerto en los arranques de un 30 % a un 25 %.
 - Objetivo: reducir el tiempo muerto en los arranques de un 30 % a un 25 %.
 - Alcance: este plan de acción es aplicable solo a la línea de preparación de cereal, inicia en el área de materia prima y termina en el proceso de secado de pellet. Responsables: ayudantes, operadores, jefes de línea, supervisores, coordinadores, jefe.

- Procedimiento:
 - Actualmente el tiempo de los arranques es de 218 minutos; este se divide en las siguientes actividades:
 - ✓ Revisión de la línea por aseguramiento de calidad (30 min).
 - ✓ Calentamiento de equipos (60 min)
 - ✓ Abastecimiento *batch* 1 de harinas (20 min)
 - ✓ Mezclado *batch* 1 de harinas (20 min)
 - ✓ Abastecimiento *batch* 2 de harinas (20 min)
 - ✓ Mezclado *batch* 2 de harinas (20 min)
 - ✓ Montar molde y cerrar de compuerta (20 min)
 - ✓ Revisar sistema de corte (10 min)
 - ✓ Arranque y estabilización del proceso (18 min)
 - No es posible reducir más el tiempo de arranque, ya que las actividades que deben llevarse a cabo no pueden hacerse en menos tiempo.
- Documentos relacionados: órdenes de servicio de mantenimiento, registro de control de proceso, registro de preparación de ingredientes, registro de limpieza de la línea firmado por aseguramiento de calidad.
- Plan de acción 4: calcular un número óptimo de operarios para llevar a cabo dichas actividades, en las líneas de producción.

- Plan de acción: calcular número óptimo de operarios para llevar a cabo dichas actividades, en las líneas de producción.
- Objetivo: calcular un número óptimo de operarios para llevar a cabo dichas actividades, en las líneas de producción.
- Alcance: este plan de acción es aplicable solo a la línea de preparación de cereal, inicia en el área de materia prima y termina en el proceso de secado de pellet.
- Responsables: supervisores, coordinadores, jefe.
- Procedimiento:
 - Elaborar diagrama hombre-máquina, para registrar las actividades de rutina que debe llevar a cabo cada persona de la línea de producción. Según este gráfico hay 11 horas no productivas.
 - Según diagrama hombre-máquina el número óptimo de personas para operar la línea de producción es de 4; con la capacidad actual hay una pérdida de tiempo de 11 horas, pero si se incrementa la cantidad de kilogramos/hora procesados, el cuarto integrante se compensará, ya que la línea será más productiva.
 - Asignar nuevas responsabilidades al personal de esta línea de producción; se detectó que no hay un control formal del producto a granel; esta actividad puede delegarse a una de las personas.

- Ejecutar plan de capacitaciones
- Documentos relacionados: registro de control de proceso, control de marcajes de ingreso y salida, registro de preparación de ingredientes, control de subproducto, control de asistencia del personal, reportes OEE.

ANEXOS

Anexo 1. Tiempos muertos mayo 2012

Fecha dd/mm/aaaa	TURNO DIURNO				TURNO NOCTURNO			
	Fallas	Operativo	Velocidad	Observaciones	Fallas	Operativo	Velocidad	Observaciones
01/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
02/05/2012	0	0	0	Sin datos	0.996	0	0	
03/05/2012	3.996	0	0.432		0	0	0.372	
04/05/2012	2.568	1.632	0		0.996	2.184	0.408	
05/05/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0.192	
06/05/2012	0	0	0.372		0	0	0.144	
07/05/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0.048	
08/05/2012	0	7.5	0		0	0	0	
09/05/2012	0	1.38	0		0	0	0	
10/05/2012	0	6	0		6	3.996	0	
11/05/2012	0	3.132	0		0	1.2	0	
12/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
13/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
14/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
15/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
16/05/2012	0	6.996	0		0	0	0	
17/05/2012	0	1.092	0.048		0	6.996	0.552	
18/05/2012	0	0.996	0.084		0	3.144	0.372	
19/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
20/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
21/05/2012	3	3.336	0		0	0.996	0	
22/05/2012	0	1.836	0		0.912	1.176	0.312	
23/05/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0	Sin datos
24/05/2012	0	2.748	0		0	2.004	0	
25/05/2012	0	7.5	0		0	5.004	0	
26/05/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
27/05/2012	0	0	0	Domingo	0	0	0	Domingo
28/05/2012	0	5.004	0		0	0	0	Sin tiempo muerto
29/05/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0	Sin tiempo muerto
30/05/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0	Cierre de mes
31/05/2012	0	0	0	Cierre de mes	0	0	0	Cierre de mes

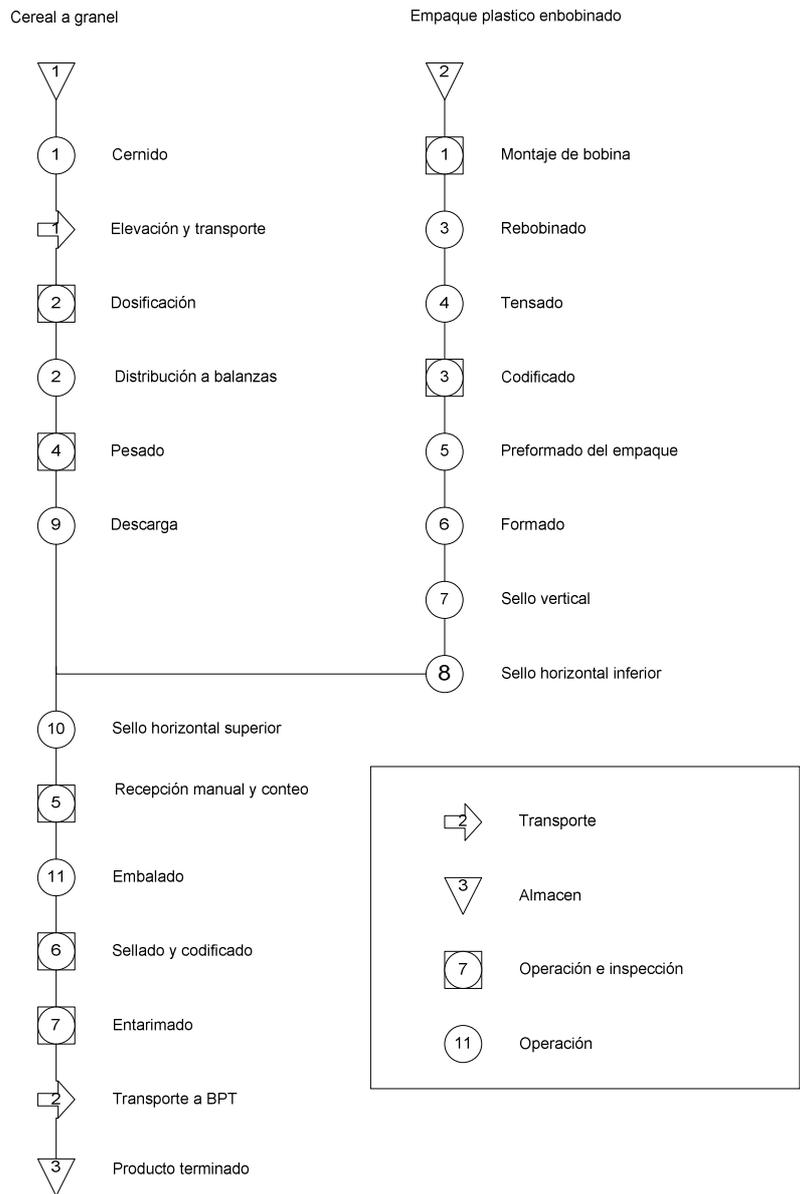
Fuente: elaboración propia, con datos de la empresa en estudio.

Anexo 2. Tiempos muertos junio 2012

Fecha	TURNO DIURNO				TURNO NOCTURNO			
	Fallas	Operativo	Velocidad	Observaciones	Fallas	Operativo	Velocidad	Observaciones
01/06/2012	0	0	0	Inicio de mes	0	0	0	Inicio de mes
02/06/2012	0	0	0		0	0	0.06	
03/06/2012	0.996	0	0		0	0.996	0	
04/06/2012	0	3	1.176		0	0	0	Sin datos
05/06/2012	5.4	1.092	0		0	0.336	0.072	
06/06/2012	1.092	1.2	0		0	0	0	Sin tiempo muerto
07/06/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	0	0.012	
08/06/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	3.6	0	0.252	
09/06/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	2.808	
10/06/2012	0	0	0	Domingo	0	0	0	Domingo
11/06/2012	0	0.072	7.632		0	0	0	Sin tiempo muerto
12/06/2012	0	0	0	Sin tiempo muerto	0	3.996	0	
13/06/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
14/06/2012	0	0	0.024		0	0.996	0.396	
15/06/2012	0	0.996	0		0	2.004	0	
16/06/2012	0	0	0		0	6.132	0.372	
17/06/2012	0	0	0	Domingo	0	0	0	Domingo
18/06/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin tiempo muerto
19/06/2012	0	0	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos
20/06/2012	0	0	4.656		0	2.568	0	

Fuente: elaboración propia, con datos de la empresa en estudio.

Anexo 3. Diagrama del proceso de empaque de cereales



Fuente: elaboración propia, con base en la observación del proceso de empaque.

