



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

**DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA
PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)**

Norman Danilo Salazar Vásquez

Asesorado por el Ing. Renaldo Girón Alvarado

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA
PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

NORMAN DANILO SALAZAR VÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. RENALDO GIRÓN ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de noviembre de 2009.

Norman Danilo Salazar Vásquez

Guatemala 12 de noviembre de 2010

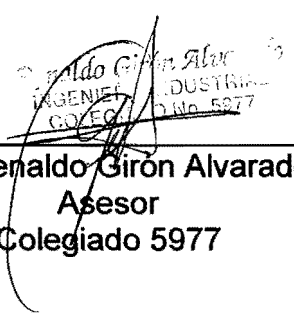
Ingeniero:
Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetable Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante **NORMAN DANILO SALAZAR VÁSQUEZ**, con carné 2005-16102 de la carrera de Ingeniería Industrial cuyo título es: **“DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)”**.

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Salazar Vásquez, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted, muy respetuosamente.



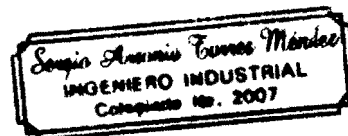
Ing. Renaldo Giron Alvarado
Asesor
Colegiado 5977



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)**, presentado por el estudiante universitario **Norman Danilo Salazar Vásquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala junio de 2011.

/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 **DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S.A. (NIASA)**, presentado por el estudiante universitario **Norman Danilo Salazar Vásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



DTG. 324.2011.

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: **DISEÑO DE PROPUESTA PARA AMPLIACIÓN Y AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA EN INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S. A. (NIASA)**, presentado por el estudiante universitario **Norman Danilo Salazar Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 5 de septiembre de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mí guía, luz y fortaleza; porque ha estado conmigo siempre y me ha guardado de todo mal.
Mis padres	Israel Salazar y Zoila Vásquez, gracias por sus sabios consejos, cariño, motivación, apoyo incondicional y por hacer de mí un hombre de bien.
Mis hermanos	Edgar, Marlon y Leidy, con quienes comparto este logro, gracias por su apoyo.
Mis amigos	Lusvin García, Emilio García, Mónica Rivas, Claudia Rosas, Alicia Alvarado, Beatriz Pineda, Claudia Martínez, Irvin Calderón, Josefina Velásquez, Mario Ramos, Nelson Paredes; por su amistad y apoyo que en su momento me brindaron.
Facultad de Ingeniería	Por darme la formación académica, gracias Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ing. Renaldo Girón
Alvarado**

Por su asesoría en la realización de este trabajo.

**Ing. Rodrigo Pacheco e
Ing. Miguel Ángel Ricci**

Por toda la orientación y apoyo que amablemente me concedieron, durante la elaboración de este trabajo.

**Todo el personal operativo
y administrativo de
Industria Procesadora de
Guatemala S.A.**

Por brindarme todo el apoyo necesario y hacer realidad el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
JUSTIFICACIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Misión	1
1.1.3. Visión	2
1.1.4. Objetivos	2
1.1.5. Política de calidad	2
1.1.6. Jornadas de trabajo	3
1.2. Descripción de productos elaborados en línea de galleta	4
1.2.1. Presentaciones	4
1.2.2. Materia prima	4
1.3. Descripción de maquinaria del proceso de galleta	6
1.3.1. Hornos	6
1.3.2. Turbomezclador	7
1.3.3. Batidora	7
1.3.4. Untadora	8
1.3.5. Túneles de enfriamiento	8

1.3.6.	Cortadora	9
1.3.7.	Enrober o cubridora.....	9
1.3.8.	Cavanna o empacadora	10
1.3.9.	Enfardadora.....	11
1.3.10.	Selladora de bolsas.....	11
1.3.11.	Refinadora.....	12
1.4.	Descripción del proceso de elaboración de galleta	12
1.5.	Productividad.....	15
1.6.	Diagramas de proceso.....	15
1.6.1.	Conceptos generales	16
1.6.2.	Diagrama de operaciones del proceso.....	18
1.6.3.	Diagrama de flujo del proceso.....	19
1.6.4.	Diagrama de recorrido del proceso	19
1.7.	Estudio de tiempos	20
1.7.1.	Método de lectura con regreso a cero.....	20
1.7.2.	Método de lectura continúa de reloj	21
1.8.	Balance de línea.....	22
1.8.1.	Determinación del número de operarios que se requieren para cada operación.....	22
1.8.2.	Capacidad de línea de producción (cuello de botella)	23
1.9.	Análisis financiero.....	23
1.9.1.	Valor presente neto (VPN)	23
1.9.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	25
1.9.3.	<i>Payback</i>	25
1.9.4.	Punto de equilibrio.....	25
1.10.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> (causa y efecto).....	26
1.11.	Diagrama de pareto.....	27
1.12.	Histograma	29

2.	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE GALLETA	31
2.1.	Demanda de producción	31
2.1.1.	Planeación de la producción.....	32
2.2.	Diagramas de procesos actuales.....	35
2.3.	Tiempos improductivos en la línea.....	52
2.4.	Planos actuales del área de galleta	54
2.5.	Capacidad de producción	56
2.6.	Cuello de botella	56
2.7.	Cantidad diaria de materia prima despachada.....	57
2.8.	Cantidad de operarios que laboran en la línea	58
2.9.	Cantidad de desperdicio generado en la línea.....	58
2.10.	Eficiencia de la línea	60
2.11.	Incentivo para el recurso humano.....	62
2.11.1.	Bono variable KGP	62
2.12.	Productividad actual.....	64
3.	PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA.....	65
3.1.	Remodelación de la línea de galleta	67
3.1.1.	Beneficios de remodelación.....	67
3.1.2.	Planos de remodelación en área de galleta.....	68
3.1.2.1.	Plano de distribución de maquinaria ...	68
3.1.2.2.	Plano de acometida eléctrica	69
3.1.2.3.	Plano de tubería de gas y agua	71
3.1.2.1.	Plano de iluminación	72
3.1.3.	Tiempo disponible para remodelación	73
3.2.	Análisis para reducir desperdicio de producto.....	76
3.2.1.	Merma y reciclado	76

3.2.2.	Diagrama causa y efecto.....	76
3.2.3.	Diagrama de Pareto	78
3.2.4.	Histograma	85
3.3.	Diagramas de procesos mejorados	87
3.4.	Balance de línea.....	97
3.4.1.	Capacidad de producción.....	97
3.4.2.	Cuello de botella.....	98
3.4.3.	Cantidad de operarios que se requieren en el proceso.....	98
3.5.	Determinar la cantidad de materia prima necesaria para la producción diaria.....	99
3.6.	Productividad luego de propuesta.....	99
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA.....	101
4.1.	Implementación de remodelación.....	101
4.1.1.	Evaluación de proveedores	105
4.1.2.	Duración de remodelación.....	107
4.1.3.	Análisis de costos.....	107
4.2.	Análisis financiero de la remodelación	108
4.2.1.	Pronóstico de ventas	108
4.2.2.	Valor presente neto (VPN)	111
4.2.3.	Tasa interna de retorno (TIR).....	112
4.2.4.	<i>Payback</i>	113
4.2.5.	Punto de equilibrio.....	114
4.3.	Mejor aprovechamiento de libros.....	115
4.3.1.	Ajustes en cortadora	116
4.4.	Reducir riesgo de calidad de la materia prima.....	116

4.4.1.	Evitar formación de grumos en azúcar refinada	116
4.5.	Análisis semanal para determinar planchas de cocción a calibrar.....	117
5.	SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA PARA MANTENER MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO DE GALLETA	121
5.1.	Análisis de indicadores de la línea.....	121
5.1.1.	Eficiencia	121
5.1.2.	Merma	122
5.1.3.	Reciclado.....	122
5.2.	Análisis en diagrama de <i>Ishikawa</i> (causa y efecto)	122
5.3.	Capacitación a personal operativo.....	123
5.3.1.	Matriz de capacitación	124
5.3.2.	Frecuencia de capacitación	125
5.3.3.	Evaluación de capacitación	125
5.4.	Encuestas a personal operativo para nuevas propuestas de mejora en su operación	125
5.4.1.	Formato de encuesta.....	125
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	131
	ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cuadro de símbolos principales empleados en un diagrama de proceso	16
2.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> (causa y efecto)	27
3.	Estratificación por tipo de defecto de piezas metálicas.....	28
4.	Diagrama de Pareto para defectos en las piezas metálicas.....	28
5.	Histograma de peso en sacos de azúcar	29
6.	Gráfica de historial de pedidos de galleta bandido 13 gramos.....	32
7.	Diagrama de <i>Gantt</i> de programa de producción.	34
8.	Diagrama de flujo del proceso.	42
9.	Diagrama de operaciones del proceso	47
10.	Diagrama de recorrido.	51
11.	Gráfica de porcentaje mensual de tiempo improductivo.	53
12.	Plano de distribución de maquinaria actual.....	54
13.	Plano de distribución de acometida eléctrica, gas y agua actual	55
14.	Gráfica de porcentaje de desperdicio generado en la línea.	60
15.	Gráfica de historial de eficiencia.	61
16.	Plano de distribución de maquinaria	68
17.	Plano de acometida eléctrica.....	69
18.	Plano de tubería de gas y agua	71
19.	Plano de iluminación	72
20.	Diagrama causa y efecto del problema de generación de desperdicio.....	77

21.	Diagrama de pareto del desperdicio generado en el proceso.	80
22.	Posición de libro actual.....	81
23.	Propuesta para cambio de posición de libro.....	82
24.	Histograma de fardos producidos por día.....	86
25.	Diagrama de flujo del proceso mejorada	88
26.	Diagrama de operaciones del proceso	93
27.	Historial de ventas de los últimos 29 meses.....	108
28.	Análisis por medio de la demanda cíclica.....	109
29.	Diagrama de regiones en oblea.....	117
30.	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	123
31.	Matriz de capacitación.....	124
32.	Formado de encuesta.....	126

TABLAS

I.	Horarios de trabajo en Industria Procesadora de Guatemala S.A.....	3
II.	Presentaciones de galleta	4
III.	Especificaciones de hornos.....	6
IV.	Especificaciones de turbomezclador	7
V.	Especificaciones de batidora.....	7
VI.	Especificaciones de untadora.....	8
VII.	Especificaciones de túneles de enfriamiento.....	9
VIII.	Especificaciones de cortadora.....	9
IX.	Especificaciones de enrober o cubridora	10
X.	Especificaciones de cavanna o empacadora	10
XI.	Especificaciones de enfardadora	11
XII.	Especificaciones de selladora de bolsas.....	11
XIII.	Especificaciones de refinadora.....	12
XIV.	Historial de pedidos en fardos de galleta bandido 13 gramos.....	31

XV.	Programa de producción de galleta bandido 13 gramos.....	33
XVI.	Estaciones de trabajo en el proceso de galleta.....	35
XVII.	Toma de tiempos para Bandido 13 gramos.	36
XVIII.	Factor de calificación para operarios.	37
XIX.	Tiempo normal para elementos de toma de tiempos.	38
XX.	Tolerancias de elementos para tiempo estándar.	39
XXI.	Tiempo estándar para elementos de toma de tiempos.	41
XXII.	Historial de porcentaje mensual de tiempo improductivo.....	52
XXIII.	Cantidad de operarios en línea de galleta.....	58
XXIV.	Cantidad de desperdicio generado en la línea.....	59
XXV.	Historial de eficiencia.	61
XXVI.	Cálculo de productividad actual.	64
XXVII.	Análisis para determinar la distancia que se debe prolongar el túnel de enfriamiento II.....	65
XXVIII.	Muestreo de desperdicio generado en el proceso.	78
XXIX.	Muestreo de puntos en proceso donde se genera desperdicio..	79
XXX.	Datos de producción diaria para histograma.....	85
XXXI.	Tabla de frecuencia.	86
XXXII.	Cantidad de operarios en línea de galleta.....	98
XXXIII.	Cálculo de productividad luego de propuesta.	99
XXXIV.	Programa de actividades para remodelación de área de galleta.	101
XXXV.	Ponderación de factores para evaluación de proveedores.	105
XXXVI.	Evaluación de proveedores.....	106
XXXVII.	Costo de remodelación.	107
XXXVIII.	Pronóstico de ventas en fardos.....	110
XXXIX.	Pronóstico de ventas en quetzales.	110
XL.	Pronóstico de utilidades.....	111
XLI.	Flujo de efectivo.....	112

XLII.	Valor presente neto (VPN) para $n = 4$ meses.....	113
XLIII.	Valor presente neto (VPN) para $n = 5$ meses.....	113
XLIV.	Cálculo de <i>payback</i>	114
XLV.	Análisis espesor oblea horno 1.....	118
XLVI.	Análisis espesor oblea horno 2.....	119

GLOSARIO

AMP	Almacén de materia prima. Lugar donde se mantiene la materia prima antes de ser despachada.
APT	Almacén de producto terminado. Lugar donde se guarda y protege el producto antes de enviarlo al cliente.
<i>Batch</i>	Su traducción al español es lote y es la cantidad de materia prima que indica la fórmula; para producir la galleta bandido 13 gramos.
Conchado	Proceso de refinación de la pasta básica de chocolate, por medio del cual se mejora y armoniza su sabor y se hace posible su fluidez.
Demanda	Cantidad de producto que quiere adquirir el mercado.
Desperdicio	Materia prima que no es aprovechada en el proceso.
Estratificación	Estrategia de clasificación de datos, de tal forma que en una situación dada se facilite la identificación de las fuentes de variabilidad.

HP	Unidad de potencia. Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie/minuto, un peso de 33 000 libras y equivale a 745,7 <i>watts</i> .
KGP	Kilogramos producidos.
LPG	Mezcla de hidrocarburos, generalmente contiene propano, butano, isobutano y en menor grado propileno o butileno y se conoce como gas licuado de petróleo.
Lote incremental	Cantidad de fardos que se producen con un <i>batch</i> .
NIASA	Nuevas Industrias Alimenticias S.A.
Poporopo	Exceso de masa en las planchas de cocción.

RESUMEN

En el área de galleta de Industria Procesadora de Guatemala S.A. existe una oportunidad de mejora; para aumentar la productividad en el proceso de galleta, por lo que en este trabajo de graduación se realiza el análisis de las operaciones, por medio de diagramas de operaciones para determinar el cuello de botella que es el túnel de enfriamiento II. Por lo tanto, se propone la ampliación del túnel de enfriamiento II, para aumentar su capacidad de enfriamiento y así incrementar la capacidad de producción de la línea y trasladar el cuello de botella a las cavannas que son las empacadoras de galleta.

Así mismo se realizó un análisis de desperdicio generado en el proceso y por medio del diagrama de pareto; se determinó que el 80% del desperdicio se generaba en la cortadora y las cavannas, por lo que se analizó la cortadora y se propone una nueva posición para la colocación del libro para reducir el desperdicio en esta operación. Además, con la ampliación del túnel de enfriamiento II, se logra también reducir la cantidad de desperdicio en las cavannas que son las empacadoras de galleta.

Para llevar a cabo la remodelación del proceso de galleta, se diseñaron los planos de distribución de maquinaria, acometida eléctrica, tubería de gas y agua e iluminación, luego de los planos, se determinó el tiempo que dura la remodelación y se cotizó con diferentes proveedores; según su especialidad de trabajos que se deben llevar a cabo para la remodelación.

La remodelación tiene un costo, por ello se realizó un análisis financiero; para determinar si es factible realizar la remodelación, considerando el beneficio de incremento de la capacidad de producción. Se hizo un pronóstico de ventas tomando como referencia el historial de ventas de los últimos 29 meses, se proyectaron los ingresos y egresos de 6 meses para realizar el análisis financiero, logrando un panorama positivo en la realización de la remodelación.

Cabe mencionar que se logró determinar la cantidad óptima de materia prima solicitada, siendo despachada al área de galleta, para que esté en el área el menor tiempo posible y así reducir el riesgo de calidad de la materia prima.

OBJETIVOS

General

Incrementar la productividad del proceso de galleta para reducir costos y cumplir con la demanda de los clientes.

Específicos

1. Analizar diagramas de operación del proceso de galleta para determinar el cuello de botella en el proceso.
2. Diseñar planos de remodelación para el área de galleta.
3. Determinar la cantidad óptima de materia prima despachada en el área de galleta para la cumplir con la producción diaria.
4. Disminuir la cantidad de desperdicio del producto en proceso.
5. Establecer el estándar de personal y de capacidad de producción de la línea de galleta, para poder realizar la planeación de producción.
6. Análisis financiero del valor de retorno de la inversión de las mejoras planteadas en el proceso de galleta.

7. Determinar el punto de equilibrio, para conocer la cantidad de unidades que se deben vender para cubrir los costos y gastos del proceso.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas se encuentran en un mundo competitivo y necesitan sobresalir para competir en el mercado, por lo que demandan mejorar sus procesos para incrementar su productividad, para mantener los precios de sus productos y abastecer la demanda de los mismos, por ello, se debe realizar un análisis de los procesos actuales para poder determinar mejoras.

En el proceso de galleta de Industria Procesadora de Guatemala S.A. (NIASA) se pretende realizar un análisis del proceso, para diseñar una propuesta de mejora, aumentando la productividad y así abastecer la demanda del producto. Para ello se examina el proceso estableciendo el cuello de botella, que es el que determina la capacidad de producción de la línea, por lo que para mejorar el proceso, se va a analizar la manera de trasladar el cuello de botella a otra operación mediante una remodelación del área de galleta, esto ayuda a incrementar la capacidad de producción y por ende se aprovecha de una mejor manera el recurso humano debido que la hora hombre tendrá un costo menor.

Así mismo se estará analizando las causas que generan el desperdicio del producto en proceso, con el fin de encontrar la manera de reducir el desperdicio para lograr aprovechar de una mejor manera los insumos que se utilizan para producir la galleta.

Al determinar las mejoras que pueden incrementar la productividad en el proceso de elaboración de la galleta, se está diseñando la propuesta de mejora, en el que se está planteando lo que se requiere para mejorar el proceso, así mismo se hace un análisis financiero para determinar si es viable implementar esta propuesta, en base a la proyección de demanda de la galleta que se produce en Industria Procesadora de Guatemala S.A. (NIASA).

JUSTIFICACIÓN

La demanda de producción de galleta en Industria Procesadora de Guatemala S.A. (NIASA) ha ido aumentando en los últimos meses y la línea actualmente se encuentra operando a su máxima capacidad, pero aún así, no es capaz de cumplir con la gran demanda que tiene la galleta, por lo tanto debe de rechazar o disminuir pedidos de sus clientes, por problemas de su capacidad de producción, esto trae inconformidad por parte de los clientes porque dejan de vender por capacidad de producción de la línea y puede traer como consecuencia que el cliente ya no vuelva a pedir este producto.

Lo que se pretende con esta propuesta de mejoramiento es analizar el proceso de elaboración de galleta, para determinar el cuello de botella de la línea y así buscar la manera de trasladar el cuello a otra operación para poder aumentar la capacidad de producción mediante una remodelación si fuera necesaria. Además, se quiere disminuir la cantidad de desperdicio que se genera en el producto, que está en proceso para poder aprovechar de una mejor manera los insumos que se utilizan en la elaboración de la galleta.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

Industria procesadora de Guatemala S.A. se encuentra ubicada en la 15a calle 21-60 zona 12. Se dedica a la fabricación de productos de confitería, esta empresa es conocida comercialmente como NIASA, cuyas siglas significaban Nuevas Industrias Alimenticias S.A.

1.1.1. Historia

NIASA, fue constituida en 1985 con la idea principal por parte de sus fundadores de ofrecer al mercado guatemalteco golosinas de la más alta calidad, con la mira puesta en los mercados de exportación a través de un proceso productivo eficiente. Iniciaron operaciones en octubre de 1985, fabricaron el Chicle *Bazooka* bajo licencia de *Topps Company* y su exitoso resultado; motivó a la diversificación en otros tipos de chicles, caramelos duros, paletas y galletas.

1.1.2. Misión

NIASA, es una empresa guatemalteca que produce, mercadea, vende y distribuye productos alimenticios, con precio y calidad competitiva para satisfacer las necesidades de sus clientes.

Con el compromiso del mejoramiento continuo, se busca una rentabilidad adecuada para los accionistas y el bienestar de sus empleados.

1.1.3. Visión

Llegar a ser una empresa de las mejores en la rama de la confitería y logrando así ofrecer a los clientes productos de alta calidad.

1.1.4. Objetivos

a. Objetivos relacionados con el cliente

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Alcanzar el cumplimiento en los tiempos de entrega a los clientes

b. Objetivos relacionados con el producto

- Disminuir el porcentaje de rechazo de producto no conforme
- Disminuir el porcentaje de producto para reciclado
- Disminuir el porcentaje de mermas
- Disminuir tiempos improductivos

1.1.5. Política de calidad

Producir y vender productos alimenticios de confitería con la calidad requerida por nuestros clientes a fin de mejorar su satisfacción.

Para el efecto todos los empleados de la empresa están orientados en el cumplimiento de los procesos en los que participan, apoyándose en el sistema de gestión de la calidad de acuerdo a los requerimientos de la Norma ISO 9001, buscando permanentemente la mejora de su eficacia.

1.1.6. Jornadas de trabajo

Los horarios de trabajo para los operarios dentro de la empresa deben ser respetados por todo el personal operativo, sólo pueden ser cambiados con autorización de gerencia general:

Tabla I. **Horarios de trabajo en Industria Procesadora de Guatemala S.A.**

Turno	Horario	Día					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Corto diurno	06:00 - 18:00 y	X					
	06:00 - 13:30		X	X	X	X	
Corto mixto	18:00 - 06:00 y	X					
	13:30 - 20:00 y		X	X	X	X	
	06:00 - 10:00						X
Nocturno	20:00 - 06:00	X	X	X	X	X	
Largo diurno	06:00 - 18:00	X	X	X	X	X	
Largo nocturno	18:00 - 06:00	X	X	X	X	X	

Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, dentro de la empresa se manejan 3 jornadas de trabajo que están establecidos en el Código de Trabajo, las cuales son: jornada diurna, nocturna y mixta.

Los horarios se establecen según requerimiento de la producción, las horas después de cumplir con la jornada de trabajo se consideran como horas extras.

1.2. Descripción de productos elaborados en línea de galleta

1.2.1. Presentaciones

Las presentaciones que la empresa actualmente maneja para los clientes son:

Tabla II. Presentaciones de galleta

Producto	Contenido	Peso neto	Corrugado	Sabores
Galleta bandido	24 unidades	13 gramos	1x24x24	chocolate
Galleta bandido <i>display</i>	36 unidades	24 gramos	1x8x36	chocolate, banano y vainilla
Galleta <i>kilatte</i>	20 unidades	22 gramos	1x12x20	chocolate
Galleta bandido	12 unidades	24 gramos	1x24x12	chocolate y vainilla

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Materia prima

La materia prima que se requiere para la fabricación de la galleta, se divide en 3 partes: batido, crema y chocolate para cobertura. El batido se utiliza para producir las obleas, la crema se aplica en capas sobre la oblea para formar los libros y el chocolate para cobertura, es una capa que recubre la galleta.

A continuación se describe la materia prima que se necesita para cada una de las partes:

a. Batido

- Harina
- Azúcar
- Almidón
- Lecitina de soya
- Aceite vegetal
- Sal
- Agua
- Bicarbonato de sodio

b. Crema

- Manteca vegetal
- Azúcar
- Cocoa
- Sabor vainilla

c. Chocolate para cobertura

- Azúcar
- Cocoa
- Manteca vegetal
- Lecitina de soya
- Sabor vainilla

- Leche
- Sal

1.3. Descripción de maquinaria del proceso de galleta

1.3.1. Hornos

Forma las obleas mediante la cocción del batido. Para el proceso de cocción se emplean 2 hornos. El horno 1, está formado por 30 planchas de cocción y el horno 2, formado por 18 planchas de cocción. Las dimensiones de la plancha de cocción son 26,6 cm x 36,6 cm, el espesor para la oblea debe de ser de 3 mm, los hornos funcionan con aire y gas licuado de petróleo para la formación de la llama.

Tabla III. **Especificaciones de hornos**

Especificaciones					
Horno	Potencia de motor principal	<i>Blower</i>	Extractor	Trabaja con un voltaje	Número de planchas de cocción
1	3 horse power (HP) trifásico	1,75 horse power (HP)	2 horse power (HP)	220 voltios	30
2	3 horse power (HP) trifásico	1,75 horse power (HP)	1 horse power (HP)	220 voltios	18

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Turbomezclador

Mezcla la materia prima que compone el batido y es la masa que se necesita para depositar en las tolvas de los hornos para producir obleas por medio de la cocción del mismo.

Tabla IV. **Especificaciones de turbomezclador**

Especificaciones		
Máquina	Potencia de motor	Trabaja con un voltaje
Turbomezclador	7,5 horse power (HP) trifásico	220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.3. Batidora

Mezcla la materia prima para preparar la crema, el sabor de la misma depende del tipo de producto que se está produciendo. La batidora posee 3 velocidades para realizar la mezcla. La velocidad 1 (lenta) es donde se inicia el proceso de mezclado, luego que la azúcar se mezclo con la manteca, cocoa y el sabor, se cambia a la velocidad 2 (media) para empezar a homogenizar la mezcla y se termina colocando la velocidad 3 (alta) para que la mezcla salga con las propiedades adecuadas para llevar a la untadora.

Tabla V. **Especificaciones de batidora**

Especificaciones		
Máquina	Potencia de motor	Trabaja con un voltaje
Batidora	1 horse power (HP) trifásico	220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.4. Untadora

Unta la oblea con crema para formar los libros. La crema se deposita en tolva de untadora y la oblea se coloca en tolva alimentadora de la misma. Al encender la untadora, la oblea se traslada por medio de una banda desde tolva alimentadora hacia un rodillo que se encuentra debajo de tolva de crema, en donde se unta la oblea para formar una capa de crema, el operario coloca las obleas necesarias con su capa de crema para formar el libro.

Tabla VI. **Especificaciones de untadora**

Especificaciones		
Máquina	Potencia de motor	Trabaja con un voltaje
Untadora	1 horse power (HP) trifásico	220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.5. Túneles de enfriamiento

Disminuye la temperatura de los libros o galletas y así logra las cualidades necesarias para la próxima operación.

Tabla VII. **Especificaciones de túneles de enfriamiento**

Especificaciones				
Túnel de enfriamiento	Motor principal	Compresor I	Compresor II	Trabaja con un voltaje
I	1 <i>horse power (HP)</i> trifásico	5 <i>horse power (HP)</i> trifásico	5 <i>horse power (HP)</i> trifásico	220 voltios
II	1 <i>horse power (HP)</i> trifásico	5 <i>horse power (HP)</i>		220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.6. Cortadora

Corta el libro en pequeñas piezas rectangulares para formar la galleta con las dimensiones requeridas. El libro es colocado sobre la cortadora y se acciona el botón que activa el empujador que transporte el libro por las cuchillas, en donde se corta para dar forma a la galleta.

Tabla VIII. **Especificaciones de cortadora**

Especificaciones			
Máquina	Motor principal	Motor de empujador	Trabaja con un voltaje
Cortadora	1 <i>horse power (HP)</i> trifásico	1 <i>horse power (HP)</i>	220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.7. Enrober o cubridora

El enrober o cubridora, mantiene en circulación el chocolate a una temperatura adecuada y es donde se cubre la galleta con chocolate.

La galleta pasa por una cortina de chocolate, donde es cubierta por una capa de la misma, luego pasa por un *blower* donde se quita el exceso de chocolate.

Tabla IX. **Especificaciones de enrober o cubridora**

Especificaciones					
Máquina	Motor principal	<i>Blower</i>	Bomba de agua	Bomba de chocolate	Trabaja con un voltaje
Enrober o cubridora	1 <i>horse power (HP)</i> trifásico	0,25 <i>horse power (HP)</i> trifásico	0,5 <i>horse power (HP)</i> trifásico	0,5 <i>horse power (HP)</i> trifásico	220 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.8. **Cavanna o empacadora**

Empaca la galleta en su empaque primario. La galleta es transportada por medio de empujadores hacia el papel bobina, luego pasa por los discos selladores y las mordazas, que es donde se une el papel por medio de temperatura y así forma el sello horizontal y vertical del empaque primario.

Tabla X. **Especificaciones de cavanna o empacadora**

Especificaciones			
Máquina	Potencia de motor principal	Trabaja con un voltaje	Resistencias
Cavanna o empacadora	1 <i>horse power (HP)</i> trifásico	220 voltios	1,8 <i>kilowatts</i>

Fuente: elaboración propia.

1.3.9. Enfardadora

Sella el corrugado por medio de *tape*, luego se coloca el fardo en una tarima ya como producto terminado.

Tabla XI. **Especificaciones de enfardadora**

Especificaciones		
Máquina	Potencia de motor	Trabaja con un voltaje
Enfardadora	0,33 horse power (HP) monofásico	110 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.10. Selladora de bolsas

Sella las bolsas que ya tienen la cantidad de galletas requeridas por la presentación del producto. Las bolsas selladas se colocan dentro de un corrugado.

Tabla XII. **Especificaciones de selladora de bolsas**

Especificaciones		
Máquina	Potencia de motor principal	Trabaja con un voltaje
Selladora de bolsas	0,5 horse power (HP) monofásico	110 voltios

Fuente: elaboración propia.

1.3.11. Refinadora

Realiza el proceso de conchado en la elaboración del chocolate para la cobertura. Esta máquina se mantiene con temperatura y sus aspas internas se encargan de moler y mezclar toda la materia prima necesaria para la elaboración del chocolate.

Tabla XIII. **Especificaciones de refinadora**

Especificaciones		
Máquina	Motor principal	Resistencias
Refinadora	15 horse power (HP) trifásico	1,8 <i>kilowatts</i>

Fuente: elaboración propia.

1.4. Descripción del proceso de elaboración de galleta

El operario agrega agua al depósito del turbomezclador hasta el nivel establecido, luego enciende la máquina y agrega los químicos que son: lecitina de soya, aceite vegetal, almidón, azúcar y sal. Después agrega la harina y al final el bicarbonato de sodio.

Mientras se está preparando el batido, el mismo operario inicia con la preparación de la crema, agregando a la batidora manteca, azúcar, cocoa, sabor, luego arranca en la velocidad 1 (lenta) para iniciar el proceso de mezclado; cuando el azúcar, la cocoa y el sabor se hayan mezclado con la manteca vegetal, se prosigue a la velocidad 2 (media) y por último se llega a la velocidad 3 (alta) dejando mezclar hasta que la crema se encuentre homogénea.

Cuando se ha cumplido con el tiempo de mezclado del batido, este se descarga del turbomezclador y se traslada a los depósitos de los hornos, cuando la temperatura del horno llegó a lo requerido según velocidad del horno, se procede a activar la inyección de masa sobre las planchas de cocción, la masa es cocida cuando la plancha de cocción ha recorrido todo el horno, la oblea que produce el horno es expulsada por aire comprimido de la plancha de cocción hacia la banda del apilador, para llevarla hasta donde es agrupada la misma.

Mientras tanto otro operario quita presión de aspas, para agregar la manteca en trozos, azúcar, cocoa, leche, sal y lecitina de soya, al terminar de cargar toda la materia prima, se procede a dar presión a las aspas para iniciar el proceso de conchado para elaborar el chocolate.

El operario del horno retira la oblea del apilador para llevarla a la mesa, el operario de la untadora toma la oblea y la coloca en la tolva dosificadora de la misma que está en la untadora.

La crema cuando está lista se traslada a la untadora donde se agrega a la tolva de la misma, se enciende la máquina, la oblea es trasladada por la banda hacia el rodillo untador, que es donde se agrega la capa de crema a la oblea para luego colocar otra oblea encima hasta que tenga la cantidad de obleas y capas de crema para el libro que se requiere. El libro se traslada por un túnel de enfriamiento hasta llegar a la siguiente operación que es la cortadora.

El siguiente operario retira los libros que llegan del túnel de enfriamiento de libros y los coloca en la cortadora, activa los empujadoras para que el libro pase por las cuchillas, que es donde el libro es convertido en piezas rectangulares más pequeñas que tienen las dimensiones de la galleta que se necesita producir.

La galleta se traslada por bandas hasta el enrober o cubridora en donde pasa por una cortina de chocolate, cubriéndola con una capa de chocolate para luego pasar al *blower*, que quita el exceso de chocolate a la galleta, la galleta con chocolate pasa al siguiente túnel de enfriamiento para iniciar con el proceso de enfriamiento del chocolate.

En la salida del túnel de enfriamiento está el siguiente operario que jala la galleta hacia la banda alimentadora de la cavanna respectiva, al llegar la galleta a la cavanna por medio de la banda alimentadora, esta es jalada por el empujador que la transporta hacia el lugar donde esta el papel bobina, para luego pasar por los discos de sellado longitudinal y mordazas, formando el sello horizontal y vertical que forma el empaque primario.

Al salir de las mordazas llega a una banda donde se encuentran 3 operarias, que colocan la galleta en una bolsa con las cantidades requeridas según la presentación, las bolsas son llevadas por otro operario a la máquina selladora, en la cual se sella la bolsa para luego ser colocada en el corrugado, inmediatamente se sella el corrugado en otra máquina, se levanta de la máquina y se coloca en una tarima, luego se lleva al área de cuarentena para que sea revisada por un inspector de control de calidad, al ser aprobada la tarima es ingresada al almacén de producto terminado.

1.5. Productividad

Es la forma con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos que se plantean.

Existen tres formas de incrementar la productividad, las cuales son:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente

Por lo tanto la productividad se puede medir de la siguiente forma:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

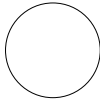

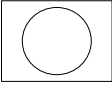
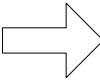
1.6. Diagramas de proceso

Son una representación gráfica en donde se describe la secuencia de actividades de un proceso, desde la llegada de la materia prima hasta el producto terminado. Para clasificar el tipo de actividad que se esta llevando a cabo, se emplean símbolos, los cuales ayudan a interpretar el diagrama para descubrir y eliminar ineficiencias.


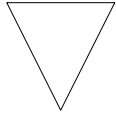
1.6.1. Conceptos generales

Para la representación gráfica de un diagrama de proceso se emplean cinco símbolos principales, estos se conocen como operación, transporte, inspección, retraso o demora y almacenaje. El fin de clasificar las actividades es para ayudar a detectar las ineficiencias en el proceso para poder eliminarlas.

Figura 1. **Cuadro de símbolos principales empleados en un diagrama de proceso**

Símbolo	Actividad	Descripción
	Operación	Se realiza una operación cuando se modifica las características físicas o químicas de un objeto. Por ejemplo: barrenar, cortar, ensamblar, etc.
	Inspección	La inspección se realiza cuando se verifica la conformidad del producto y el cumplimiento de los parámetros de la actividad que se lleva a cabo. Por ejemplo: pesar, medir, contar, temperatura, leer instrumentos de medición, etc.
	Combinada: operación-inspección	Es cuando un objeto está dentro de una operación y al mismo tiempo se está verificando sus dimensiones, peso, etc. Utilizando una herramienta de ajuste o calibración.
	Traslado o transporte	Es cuando un objeto es llevado de un lugar a otro y sobrepasa los 1,5 metros de distancia. Cuando el traslado modifica las características de un objeto, se considera como una operación. Ejemplo: recorrido en un horno, en un túnel de enfriamiento, etc.

Continuación figura 1

Símbolo	Actividad	Descripción
	Demora	Sucede cuando hay una espera por parte del objeto para la siguiente actividad. También se conoce como almacenamiento temporal. Ejemplos: esperar un elevador, tiempo de secado de una pintura, cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada, etc. Se exceptúa cuando el objeto requiere de reposo para modificar las características físicas o químicas.
	Almacenaje	Es cuando un objeto es guardado y protegido.

Fuente: elaboración propia.

Los diagramas se dividen en tres partes básicas:

- a. Identificación: es la parte donde se detalla la información a la que pertenece el diagrama, los datos son los siguientes:
- Nombre del diagrama
 - Nombre de la empresa
 - Departamento
 - Producto
 - Nombre de quien lo elabora (analista)
 - Número de hoja
 - Fecha
 - Método (actual o mejorado)

- b.** Cuerpo: en esta parte es donde se describe la simbología.
- c.** Tabla resumen: describe la simbología utilizada, el número de veces que se repite cada símbolo y la suma de los tiempos o distancias entre símbolos iguales.

1.6.2. Diagrama de operaciones del proceso

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de un proceso, desde la llegada de la materia prima hasta convertirlo en producto terminado. Además señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto o pieza principal. En este diagrama solamente se toman en cuenta las operaciones, las inspecciones y las operaciones combinadas.

Antes de empezar a construir el diagrama de operaciones del proceso, el analista debe identificarlo con un título escrito en la parte superior de la hoja. Se usan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las líneas de flujo verticales para indicar la introducción de material, ya sea proveniente de compras o sobre el que se ha hecho algún trabajo durante el proceso. Los valores de tiempo deben ser asignados a cada operación e inspección.

El diagrama de operaciones de proceso ya terminado ayuda a visualizar en todos sus detalles el método presente, pudiendo así distinguir nuevos y mejores procedimientos. El diagrama indica al analista qué efecto tendría un cambio en una operación dada sobre las operaciones precedentes y subsecuentes.

1.6.3. Diagrama de flujo del proceso

Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos períodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento.

Al igual que para la elaboración del diagrama de operaciones, el de flujo de un proceso debe llevar un título e identificación para brindar la información que pertenece al diagrama.

Es importante indicar en el diagrama todas las demoras, transportes y tiempos de almacenamiento. No basta con indicar que tiene lugar un retraso, un transporte o almacenaje. Cuanto mayor sea el tiempo de almacenamiento, transporte o retraso de una pieza, mayor será el incremento en el costo acumulado y por tanto, es de importancia saber, qué tiempo corresponde a la demora, transporte o al almacenamiento.

Este diagrama se utiliza como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos de un componente. Como el diagrama muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, es conveniente reducir la cantidad y la duración de estos elementos.

1.6.4. Diagrama de recorrido del proceso

El diagrama de recorrido de actividades se efectúa sobre un plano donde se sitúan las máquinas a escala. En él se traza una línea que indique la secuencia que seguirá el producto.

Este diagrama se complementa con el anterior y permite lograr una mejor distribución en planta al ahorrar distancias y tiempo.

1.7. Estudio de tiempos

Es el procedimiento utilizado para establecer el tiempo requerido por un trabajador promedio, calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado.

1.7.1. Método de lectura con regreso a cero

Este método consiste en oprimir y soltar inmediatamente el botón de ignición de un reloj de “un golpe” cuando termina cada elemento, con lo que la aguja o dígito regresa a cero e inicia de inmediato su marcha. La lectura se hace en el mismo momento en que se oprime el botón de ignición.

a. Ventajas de este método

- Proporciona en forma directa el tiempo de duración de cada elemento.
- Es muy flexible, ya que cada lectura comienza siempre en cero.

b. Desventajas de este método

- Es menos exacto, ya que se pierde tiempo durante cada uno de los retrocesos.

- Genera dudas entre los trabajadores y puede crear conflictos de trabajo ya que el sindicato o los empleados pueden alegar que el tomador de tiempo detenía y ponía en marcha el reloj según su propia conveniencia, sin que éste pueda demostrar lo contrario.
- Como cada una de las lecturas se inicia en cero el error que se cometa no tiende a compensarse.

1.7.2. Método de lectura continúa de reloj

Cuando se emplea este método, una vez que el reloj se pone en marcha permanece en funcionamiento durante todo el estudio, las lecturas se hacen de manera progresiva y sólo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente.

a. Beneficios de este método

- Permite demostrar exactamente al trabajador, cómo se empleó el tiempo durante el estudio. De esta manera se evitan las dudas y se puede demostrar la buena fe del estudio.
- No se pierde tiempo en los retrocesos, lo que otorga mayor exactitud a las lecturas.
- Se emplea un solo reloj del tipo más barato.

b. Inconvenientes de este método

- Se necesita mucho trabajo para efectuar las restas y determinar el tiempo de cada elemento.
- Se necesita mucha práctica para hacer correctamente las lecturas.

1.8. Balance de línea

Es un estudio de capacidades en una línea de producción. Consiste en tomar los tiempos respectivos de cada actividad o operación ya considerando las tolerancias correspondientes (tiempo estándar) con la finalidad de obtener el ritmo individual de cada estación de trabajo posible.

Es decir busca que el proceso se mantenga equilibrado y constante para evitar demoras o falta de producto para la siguiente operación o actividad.

1.8.1. Determinación del número de operarios que se requieren para cada operación

Para calcular el número de operadores necesarios para el arranque de la operación, se aplica la siguiente formula:

$$IP = \frac{\text{Unidades a producir}}{\text{Tiempo disponible del operador}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

Donde:

NO = número de operadores para la línea

TE = tiempo estándar de la pieza

IP = índice de producción

E = eficiencia planeada

1.8.2. Capacidad de línea de producción (cuello de botella)

Para determinar la capacidad con la que cuenta una línea de producción, es necesario llevar a cabo el estudio de tiempos respectivo y llevar todos las mediciones del proceso a una misma unidad, con el fin de compararlas y determinar cuál es la menos rápida, es decir qué estación se está desempeñando con mayor lentitud, siendo el ritmo de ésta última, la capacidad de producción de la línea de manufactura, que está siendo examinada, también conocida como el cuello de botella.

El objetivo de determinar el cuello de botella es identificar el proceso que está afectando y reduciendo el tiempo de producción, con el fin de proponer mejoras a la estación en cuestión y procurar mantener la mejora continua.

1.9. Análisis financiero

1.9.1. Valor presente neto (VPN)

Es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. Se debe aceptar si su valor actual neto es igual o superior a cero, ya que con un valor igual o mayor de cero se obtiene una utilidad igual a la tasa de descuento.

La tasa de descuento es la que se pone en el proyecto que se evalúa, se denomina tasa activa si es un préstamo y tasa pasiva si es capital propio.

La fórmula para calcular el VPN es:

$$VPN = -P + \sum_1^n \frac{FNE_n}{(1 + TMAR)^n} + \frac{VS}{(1 + TMAR)^n}$$

Donde:

P = inversión inicial,

FNE = flujo neto de efectivo del período n,

VS = valor de salvamento al final del período n.

TMAR = tasa mínima atractiva de retorno.

La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) debe considerar los efectos inflacionarios y un premio al riesgo por realizar la inversión. Por lo tanto, la TMAR puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$TMAR = i + f + if$$

Donde:

i = tasa de interés premio al riesgo determinado por el inversionista.

f = tasa de inflación.

1.9.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento anual, en donde la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual, es decir, que es la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero. Si la TIR es igual o mayor que la tasa de descuento, se debe de aceptar.

$$0 = -I + \sum_1^n \frac{C_t}{(1 + TIR)^t}$$

Donde:

I = inversión inicial

C_t = flujo de efectivo en el tiempo t

TIR = tasa interna de retorno

t = tiempo (años)

1.9.3. *Payback*

Es el período que debe transcurrir para recuperar la inversión del proyecto y empezar a obtener ganancias.

1.9.4. Punto de equilibrio

Es donde los ingresos por el volumen de ventas es igual a los costos, es decir, que los ingresos menos los egresos es igual a cero, por lo tanto no existe ganancias ni pérdidas.

Fórmula para obtener el volumen de ventas para obtener el punto de equilibrio:

$$PE = \frac{GF}{V - GV}$$

Fórmula para obtener el punto de equilibrio en dinero:

$$PE = \frac{GF}{1 - \frac{GV}{V}}$$

Donde:

GF = gastos fijos

GV = gastos variables

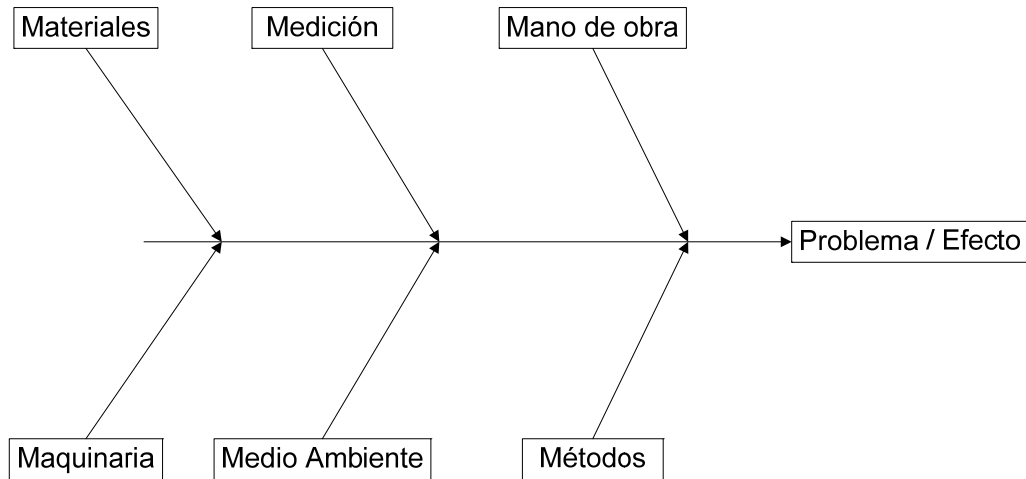
V = ventas

PE = punto de equilibrio

1.10. Diagrama de *Ishikawa* (causa y efecto)

Es un método gráfico que permite analizar un problema considerando los siguientes factores: mano de obra, métodos, materiales, maquinaria, medio ambiente y medición. En base a los factores antes mencionados, se logra determinar que causas dieron origen al problema para iniciar a tomar acciones para la solución del problema.

Figura 2. Diagrama de *Ishikawa* (causa y efecto)



Fuente: Humberto Pulido Gutiérrez. Calidad total y productividad. p. 166.

1.11. Diagrama de Pareto

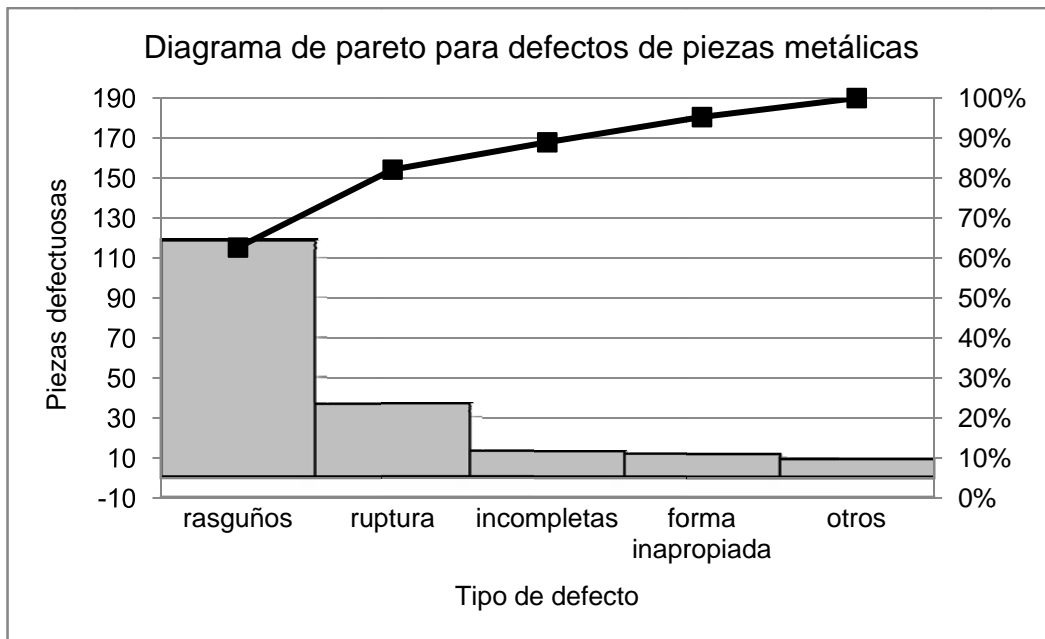
Es una herramienta de análisis que sirve para determinar que causas se deben atacar inicialmente para disminuir un problema, esto se logra determinar mediante una representación gráfica que suele denominarse 80-20 (80% de los efectos se dan por el 20% de las causas).

Figura 3. **Estratificación por tipo de defecto de piezas metálicas**

Tipo de defecto	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
rasguños	119	62,63%	119	62,63%
ruptura	37	19,47%	156	82,11%
incompletas	13	6,84%	169	88,95%
forma inapropiada	12	6,32%	181	95,26%
otros	9	4,74%	190	100,00%

Fuente: Humberto Pulido Gutiérrez. Calidad total y productividad. p. 151.

Figura 4. **Diagrama de pareto para defectos en las piezas metálicas**

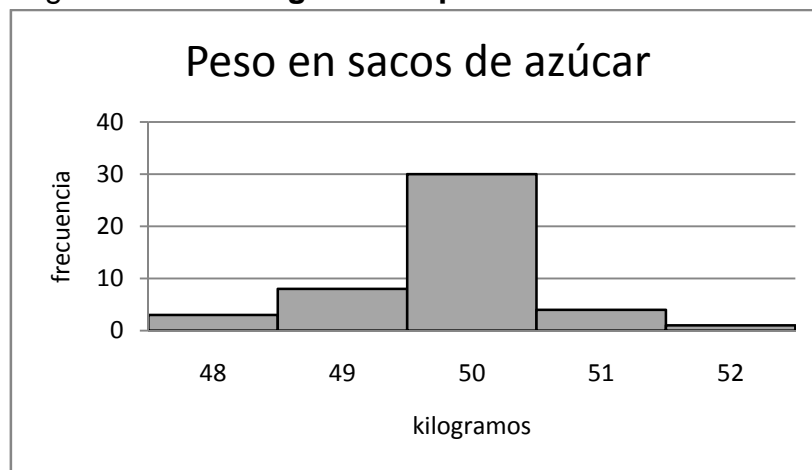


Fuente: elaboración propia.

1.12. Histograma

Es una gráfica de barras que detalla el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión para la toma de decisiones.

Figura 5. **Histograma de peso en sacos de azúcar**



Fuente: elaboración propia.

2. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE GALLETA

2.1. Demanda de producción

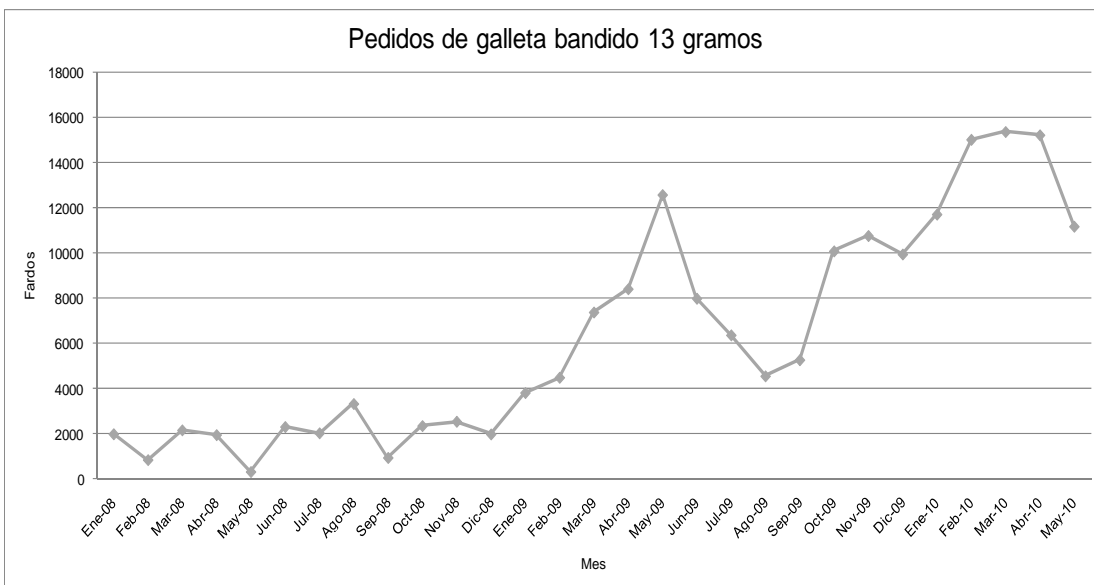
El programa de producción que se diseña cada mes, se elabora en base a lo que el cliente solicita, se emiten ordenes de compra para proceder a la elaboración del producto que el cliente a solicitado, es decir, se trabaja contra pedidos para producir el producto que se necesita para abastecer la demanda.

Tabla XIV. **Historial de pedidos en fardos de galleta bandido 13 gramos**

Mes	Año		
	2008	2009	2010
Enero	1 984	3 807	11 700
Febrero	840	4 482	15 010
Marzo	2 156	7 370	15 356
Abril	1 945	8 400	15 210
Mayo	314	12 566	11 166
Junio	2 301	7 980	
Julio	2 026	6 360	
Agosto	3 320	4 548	
Septiembre	934	5 259	
Octubre	2 343	10 076	
Noviembre	2 534	10 755	
Diciembre	1 978	9 936	

Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Figura 6. **Gráfica de historial de pedidos de galleta bandido 13 gramos**



Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Por medio de la gráfica se puede concluir que la demanda de galleta bandido 13 gramos esta aumentando de una manera cíclica ascendente. Es importante señalar que los pedidos en los últimos meses tuvieron que ser recortados por falta de capacidad de la línea.

2.1.1. Planeación de la producción

En base a lo que se produce en el mes, se elabora el programa de producción, en el cual se determina, la cantidad de turnos que se necesitan y el periodo de cada turno para cumplir con el pedido de producción y asimismo determinar la fecha de despacho. En este análisis se busca disminuir el pago de horas extras y abarcar la mayor cantidad de días del mes manteniendo al personal operativo en la producción del siguiente mes y así evitar despidos de personal y contrataciones frecuentes.

En ocasiones el cliente establece prioridad al despacho y fija una fecha para el pedido, por lo que en base a este requerimiento se programa los turnos en la línea de producción.

A continuación se muestra un ejemplo de la manera como se realiza el programa de producción:

Tabla XV. **Programa de producción de galleta bandido 13 gramos**

Programa de producción				
Mes: abril		Días hábiles		22
	Opción 1		Opción 2	Opción 3
	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos
Unidades / bolsa	24	24	24	24
Bolsas / caja	24	24	24	24
Unidades / caja	576	576	576	576
Solicitado por cliente	11 504	11 504	11 504	11 504
Inventario inicial	-2 579	-8 925		
Producir	8 925	2 579	11 504	11 504
Velocidad de hornos	411	411	411	411
Eficiencia de hornos	1	1	1	1
Velocidad de cavanna	140	140	140	140
Eficiencia cavanna	0,85	0,85	0,85	0,85
Cantidad de cavannas	2	2	2	2
Turno / día	2	2	2	2
Horas / turno	12	8	12	8
Días horno	5,11	2,22	6,59	9,89
Días empaque (cavannas)	15	6,5	19,33	29
Días requeridos	15	6,5	19,33	29
Fardos/día	595	397	595	397

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de fardos por día se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Fdos / día} = \frac{\text{gall / min op. más lenta} \times 60 \text{ min / hr} \times \text{hr / día} \times \text{meta de eficiencia}}{\text{presentación de producto}}$$

Figura 7. Diagrama de *Gantt* de programa de producción

Opción	1		2	3
Cavanna	2	2	2	2
Turno / día	2	2	2	2
Horas / turno	12	8	12	8
Producto	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos	Bandido 13 gramos
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Fuente: elaboración propia.

En base al análisis se determina que la mejor alternativa para el programa de producción es la opción 1 debido que es la opción en la cual se emplean la mayor cantidad de días hábiles del mes y se cumple con la producción.

2.2. Diagramas de procesos actuales

Para realizar los diagramas de procesos se debe empezar con el estudio de tiempos, entonces, se debe delimitar la actividad que se analiza, siendo en este caso la producción de galleta bandido 13 gramos de NIASA.

Una vez escogida la actividad, se separa, identifica y describe los elementos que la constituyen, pues así se sabe con certeza, qué es lo que se va a cronometrar. Para ello se hace la división por estaciones:

Tabla XVI. **Estaciones de trabajo en el proceso de galleta**

Estación	Tipo
Estación 1 (E1): preparar batido y crema	Manual
Estación 2 (E2): elaboración de oblea	Automático
Estación 3 (E3): untado de crema y formado de libros	Manual
Estación 4 (E4): traslado de libros por túnel de enfriamiento I	Automático
Estación 5 (E5): cortado de libros	Manual
Estación 6 (E6): recubrir galleta con chocolate	Automático
Estación 7 (E7): traslado de galleta por túnel de enfriamiento II	Automático
Estación 8 (E8): alimentar galleta para cavannas	Manual
Estación 9 (E9): traslado de galleta por banda alimentadora	Automático
Estación 10 (E10): empaque primario para galleta	Automático
Estación 11 (E11): verificación de empaque y embolsado de galleta	Manual
Estación 12 (E12): sellado de bolsa de galleta	Manual
Estación 13 (E13): enfardado de bolsas de galleta	Manual
Estación 14 (E14): colocación de fardo en tarima	Manual

Fuente: elaboración propia.

- a. Descripción de estaciones: con las operaciones para la elaboración de galleta bandido 13 gramos debidamente identificadas y clasificadas, se procede a tomar lecturas del tiempo de duración en cada estación. Las mismas se realizan empleando el método de lectura continua de reloj y se llevan a cabo mediciones de tiempo correspondientes a 5 ciclos (el tiempo se medirá en base a la producción de un *batch* de galleta que tiene un lote incremental de 20,79 fardos).

Las lecturas obtenidas son tabuladas como sigue:

Tabla XVII. **Toma de tiempos para bandido 13 gramos**

Estación	Tiempo (minutos)					Total	Promedio
	Ciclos						
	1	2	3	4	5		
1	22,95	22,7	22,8	23,15	22,9	114,5	22,9
2	31	30,8	31,2	31	31	155	31
3	17,5	18	17,9	17,8	17,8	89	17,8
4	17,1	17,4	17,2	17,4	17	86,1	17,22
5	27,8	28	28,5	28,7	27,9	140,9	28,18
6	29	28,7	28,8	28,7	28,8	144	28,8
7	42,7	42,8	42,8	42,7	42,75	213,75	42,75
8	28	28,1	28,2	28	27,9	140,2	28,04
9	28,1	28,2	28,15	28	28,1	140,55	28,11
10	28,5	28,7	29	28,8	28,7	143,7	28,74
11	30	30,1	30	29,8	30	149,9	29,98
12	25	25,4	25,9	25,7	25,7	127,7	25,54
13	27	27,1	27,2	27,3	27	135,6	27,12
14	5	5,1	5	4,95	5,3	25,35	5,07
Tiempo cronometrado (Tc)							361,25

Fuente: elaboración propia.

- b. Tiempo normal: para obtener el tiempo normal para la elaboración de la galleta bandido 13 gramos, se utiliza el mismo factor de calificación para todos los operadores en las estaciones manuales, pues su nivel de habilidad y destreza de trabajo son muy parecidos. Para las operaciones automáticas, no se toma un factor de calificación. Dado lo anterior, se determina que la calificación correspondiente a todos los operarios para las estaciones manuales es:

Tabla XVIII. **Factor de calificación para operarios**

Factor	Calificación	Valor
Habilidad	B2	+0,08
Esfuerzo	E1	-0,04
Condiciones	D	0,00
Consistencia	C	+0,01
Total		+0,05

Fuente: Roberto Criollo García. Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. p. 214.

Ahora, se debe calcular el tiempo normal de trabajo utilizando el tiempo cronometrado obtenido anteriormente. Para ello, solo se evalúa la fórmula:

$T_N = T_C \times FC$, con los respectivos datos:

Tabla XIX. **Tiempo normal para elementos de toma de tiempos**

Estación	T _C (min)	FC	T _N (min)
1	22,9	0,05	24,05
2	31	0,05	32,55
3	17,8	0,05	18,69
4	17,22	---	17,22
5	28,18	0,05	29,59
6	28,8	---	28,80
7	42,75	---	42,75
8	28,04	0,05	29,44
9	28,11	---	28,11
10	28,74	---	28,74
11	29,98	0,05	31,48
12	25,54	0,05	26,82
13	27,12	0,05	28,48
14	5,07	0,05	5,32
Tiempo Normal en minutos (T _N)			372,03

Fuente: elaboración propia.

- c. Tiempo estándar: para el cálculo del tiempo estándar del proceso de elaboración de galleta bandido 13 gramos, se asigna tolerancias acorde al elemento que se analice, pues son operaciones especializadas y con características específicas, considerar que las estaciones que son operaciones mecánicas no poseen tolerancias. Las asignaciones de suplementos se presentan a continuación:

Tabla XX. Tolerancias de elementos para tiempo estándar

Preparar batido y crema		Elaboración de oblea	
Rubro	Tolerancia	Rubro	Tolerancia
Hombre	5	Mujer	7
Fatiga	4	Fatiga	4
Trabajo de pie	2	Trabajo de pie	4
Ligeramente incomodo	0	Incomodo	3
Ruido intermitente y fuerte	2	Ruido continuo	0
Trabajo muy monótono	4	Trabajo bastante monótono	1
Trabajo aburrido	2	Trabajo algo aburrido	0
Total	19	Total	19
Untado de crema y formado de libros		Cortado de libros	
Rubro	Tolerancia	Rubro	Tolerancia
Mujer	7	Mujer	7
Fatiga	4	Fatiga	4
Incomodo	3	Trabajo de pie	4
Ruido continuo	0	Incomodo	3
Trabajo bastante monótono	1	Ruido continuo	0
Trabajo algo aburrido	0	Trabajo bastante monótono	1
Iluminación muy baja	2	Trabajo algo aburrido	0
Trabajo preciso	2		
Proceso complejo	1		
Total	20	Total	19

Continuación tabla XX

Alimentar galleta para cavannas		Verificación de empaque y embolsado de galleta	
Rubro	Tolerancia	Rubro	Tolerancia
Mujer	7	Mujer	5
Fatiga	4	Fatiga	4
Incomodo	3	Trabajo de pie	2
Ruido continuo	0	Ligeramente incomodo	0
Trabajo bastante monótono	1	Trabajo muy monótono	4
Trabajo algo aburrido	2	Trabajo aburrido	2
		Iluminación muy baja	2
		Trabajo preciso	2
		Proceso complejo	1
Total	17	Total	22
Sellado de bolsa de galleta		Enfardado de bolsas de galleta	
Rubro	Tolerancia	Rubro	Tolerancia
Hombre	5	Hombre	5
Fatiga	4	Fatiga	4
Trabajo de pie	2	Trabajo de pie	2
Ligeramente incomodo	0	Ligeramente incomodo	0
Trabajo muy monótono	4	Trabajo muy monótono	4
Trabajo aburrido	2	Trabajo aburrido	2
Total	17	Total	17
Colocación de fardo en tarima			
Rubro	Tolerancia		
Hombre	5		
Fatiga	4		
Trabajo de pie	2		
Ligeramente incomodo	0		
Trabajo muy monótono	4		
Trabajo aburrido	2		
Total	17		

Fuente: elaboración propia.

Se cuenta con las concesiones respectivas de cada elemento, se procede a calcular el tiempo estándar de los mismos, a través de la inserción de los respectivos datos en la siguiente fórmula $T_S = T_N \times (1 + \% \text{ TOL})$ y se tabulan a continuación:

Tabla XXI. **Tiempo estándar para elementos de toma de tiempos**

Estación	T_N (min)	% Tol	T_S (min)
1	24,04	19	28,61
2	32,55	19	38,73
3	18,69	20	22,43
4	17,22	---	17,22
5	29,58	19	35,21
6	28,80	---	28,80
7	42,75	---	42,75
8	29,44	17	34,45
9	28,11	---	28,11
10	28,74	---	28,74
11	31,48	22	38,40
12	26,17	17	31,38
13	28,48	17	33,32
14	5,32	17	6,23
Tiempo estándar en minutos (T_S)			414,38

Fuente: elaboración propia.

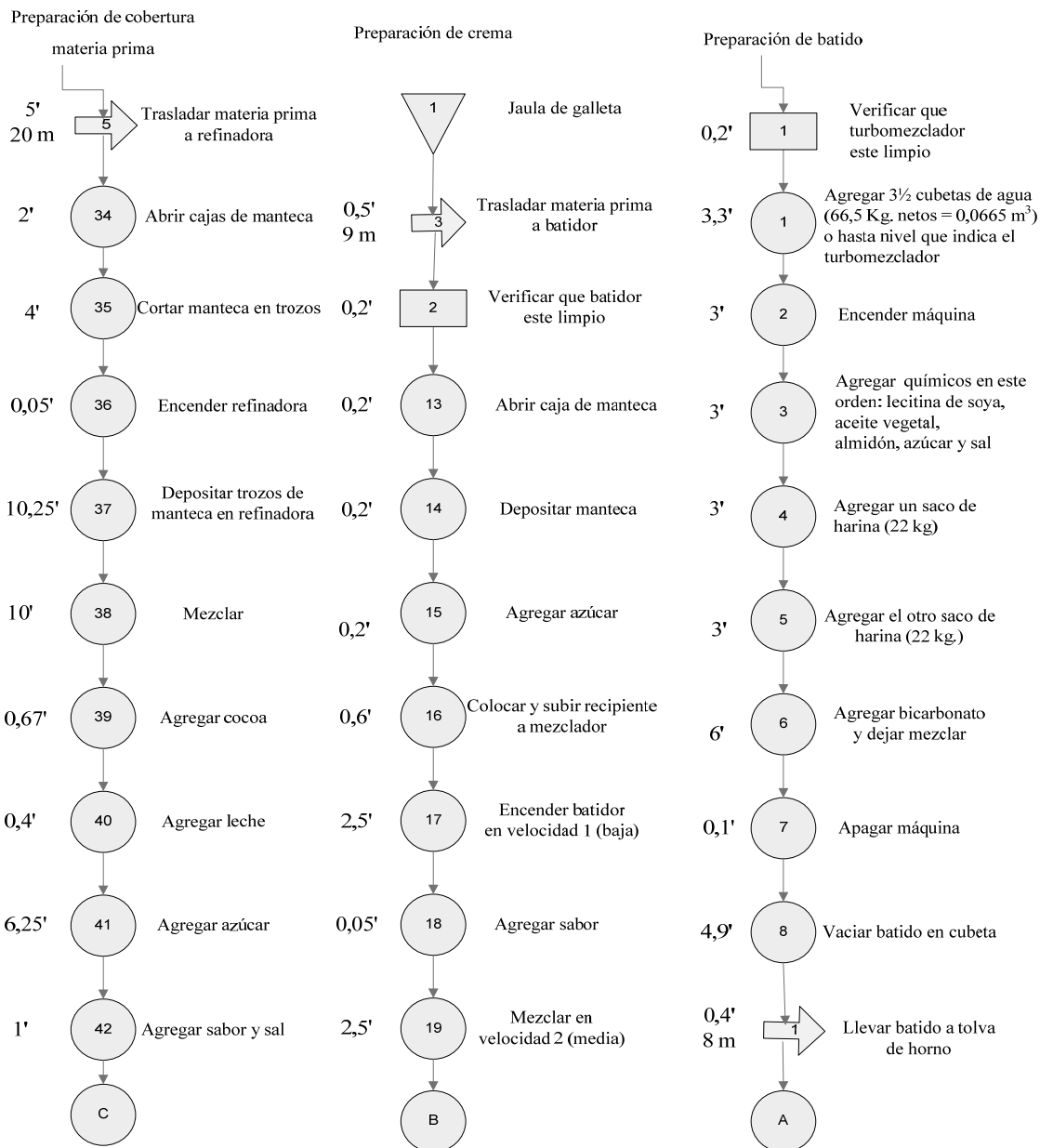
Todo el estudio de tiempos se resume en que la operación más lenta es el traslado de galleta por el túnel de enfriamiento II con 42,75 minutos, por lo tanto este es el cuello de botella en la línea.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso

Diagrama de flujo del proceso
D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 1/4
Fecha: 19/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

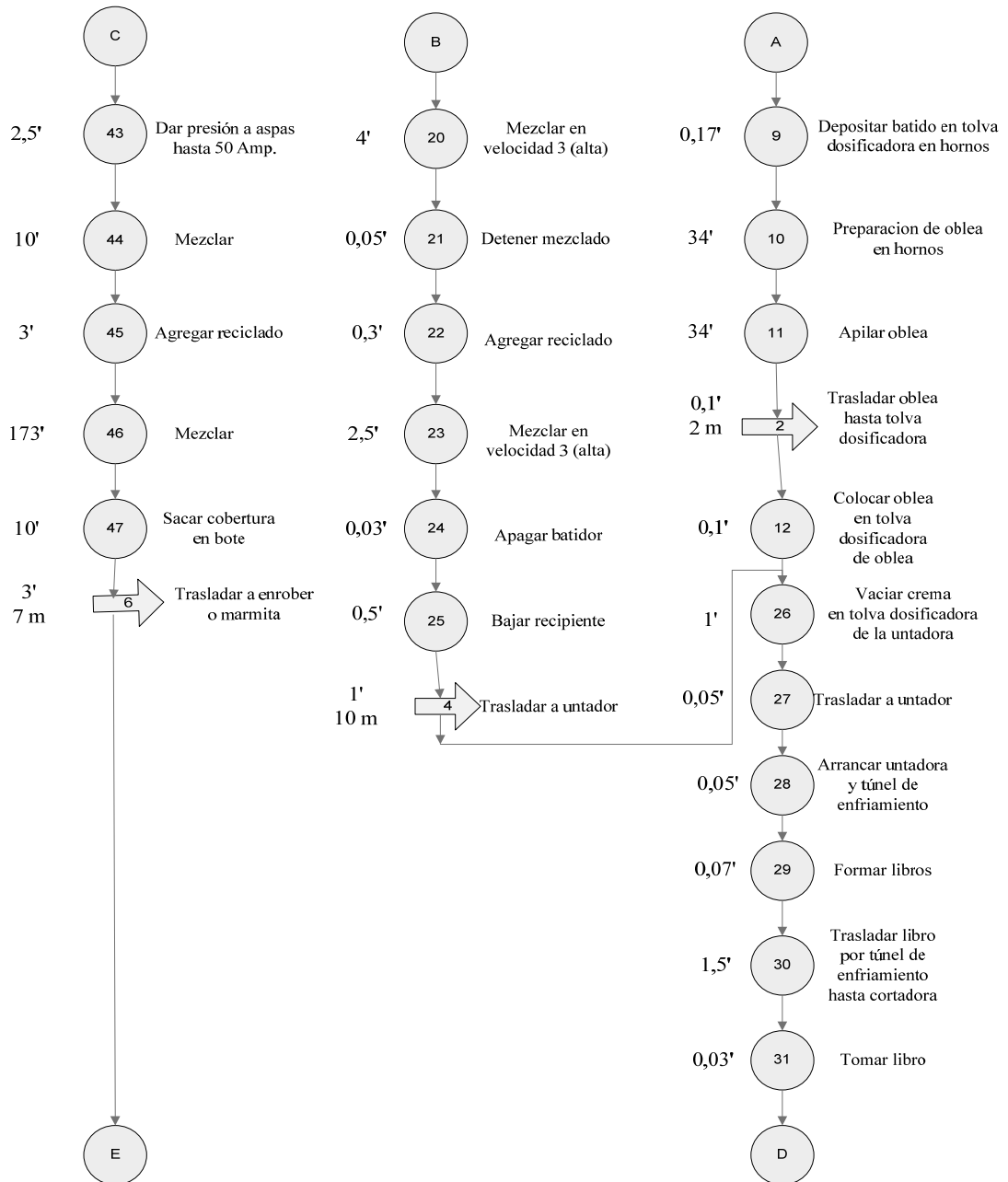


Continuación figura 8

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 2/4
 Fecha: 19/02/2010
 Método: Actual
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

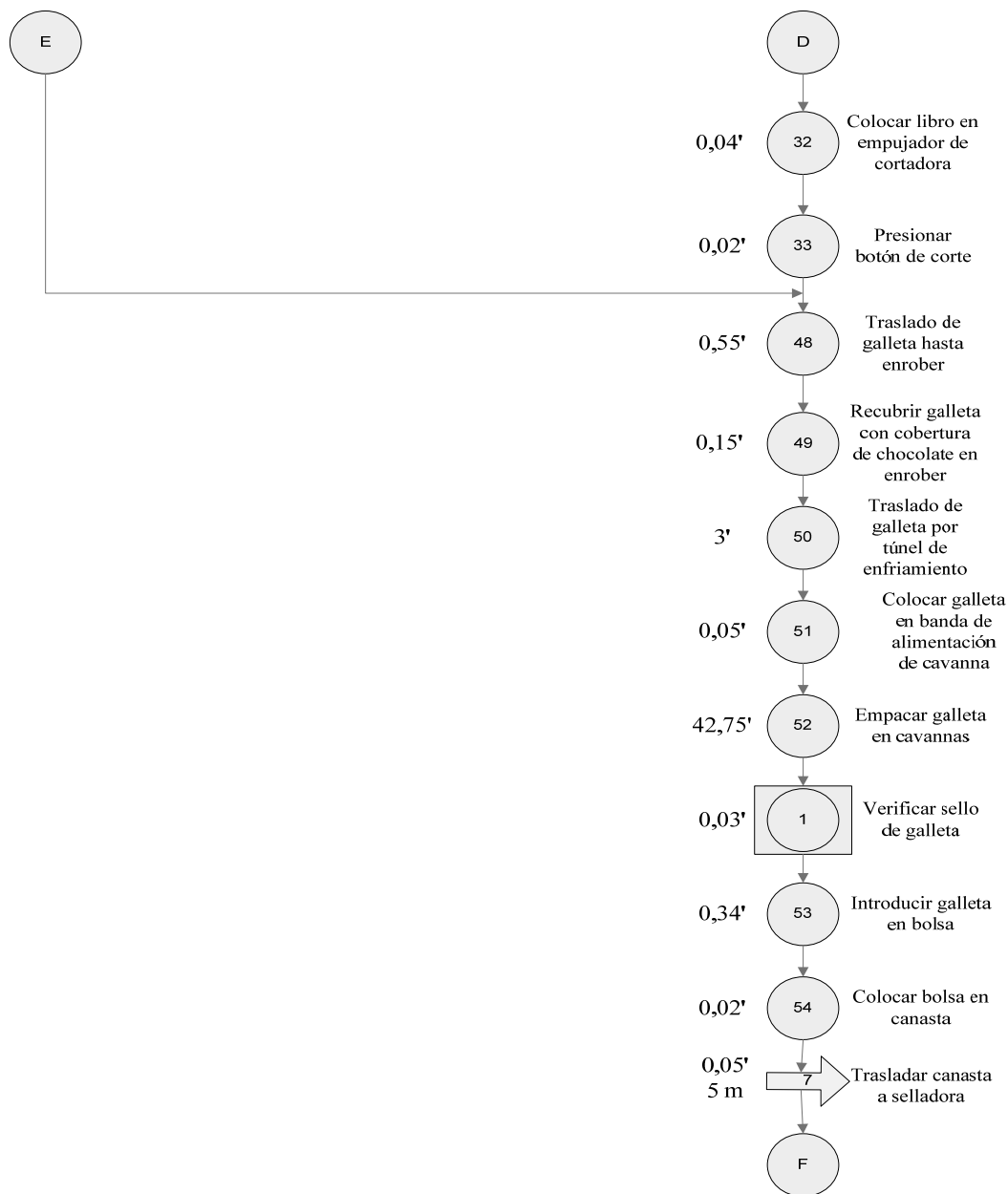


Continuación figura 8

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 3/4
Fecha: 19/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

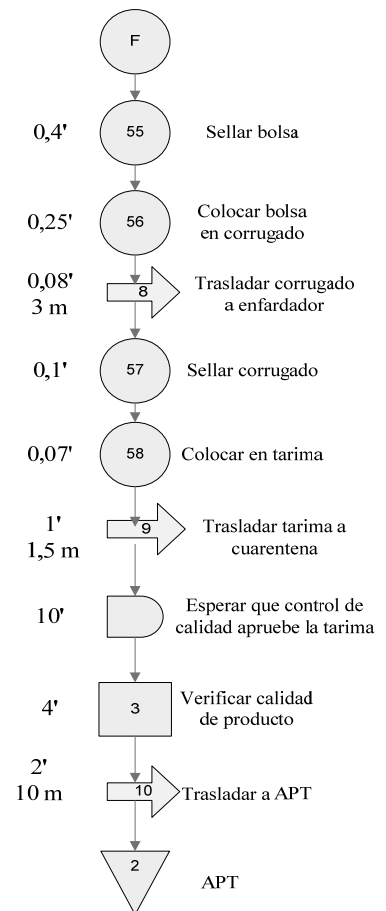


Continuación figura 8

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.



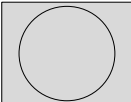
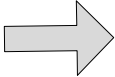


Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Area: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 4/4
Fecha: 19/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)



Continuación figura 8

Resumen

Símbolo	Actividad	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
	Operación	58	---	382,33
	Inspección	3	---	4,4
	Combinada	1	---	0,03
	Transporte	10	61,5	13,13
	Demora	1	---	10
	Almacenaje	2	---	---
Totales		75	61,5	409,89

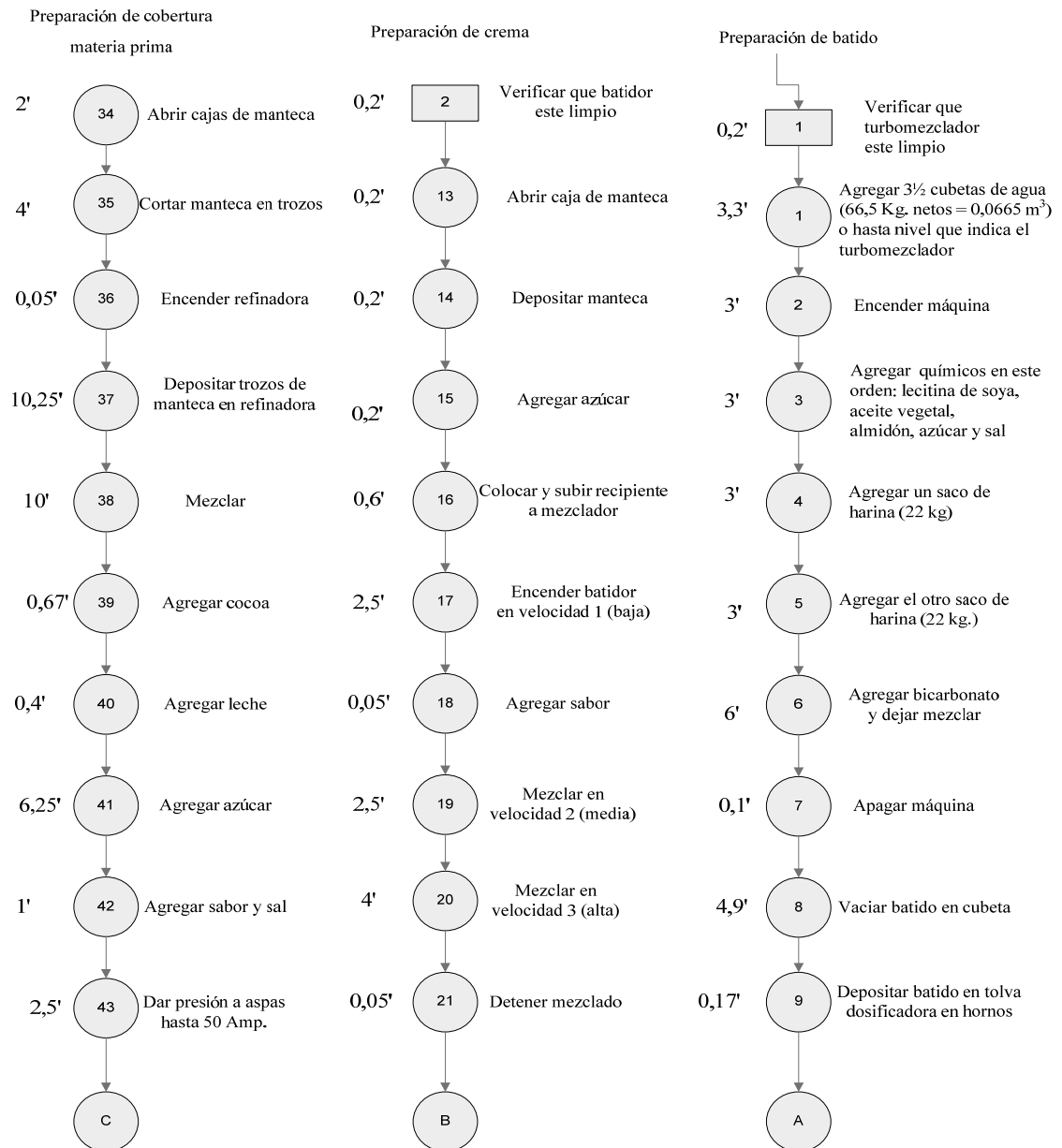
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de operaciones del proceso

Diagrama de operaciones del proceso
D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 1/4
Fecha: 19/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

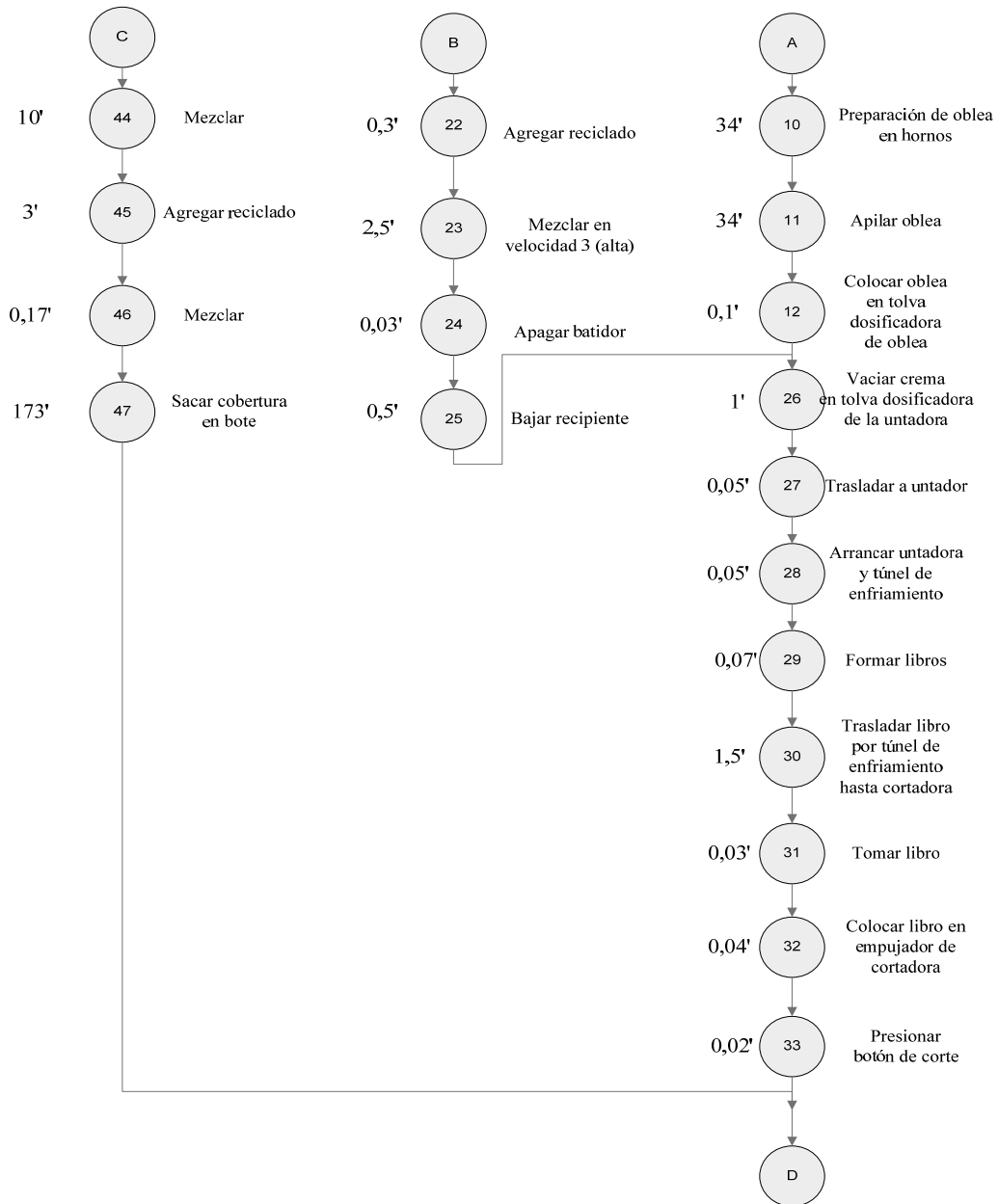


Continuación figura 9

Diagrama de operaciones del proceso
D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 2/4
 Fecha: 19/02/2010
 Método: Actual
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

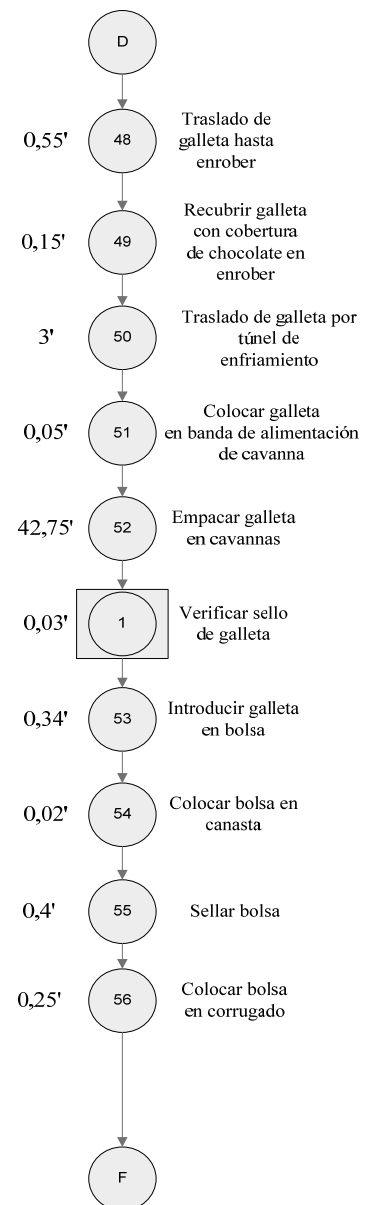


Continuación figura 9

Diagrama de operaciones del proceso D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 3/4
Fecha: 19/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

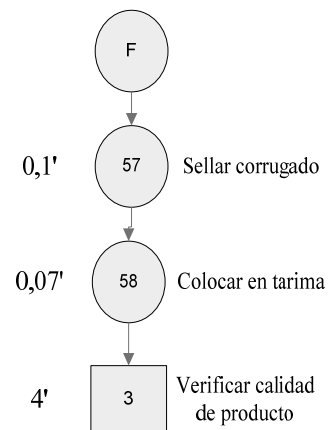


Continuación figura 9

Diagrama de operaciones del proceso D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 4/4
 Fecha: 19/02/2010
 Método: Actual
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)



Resumen

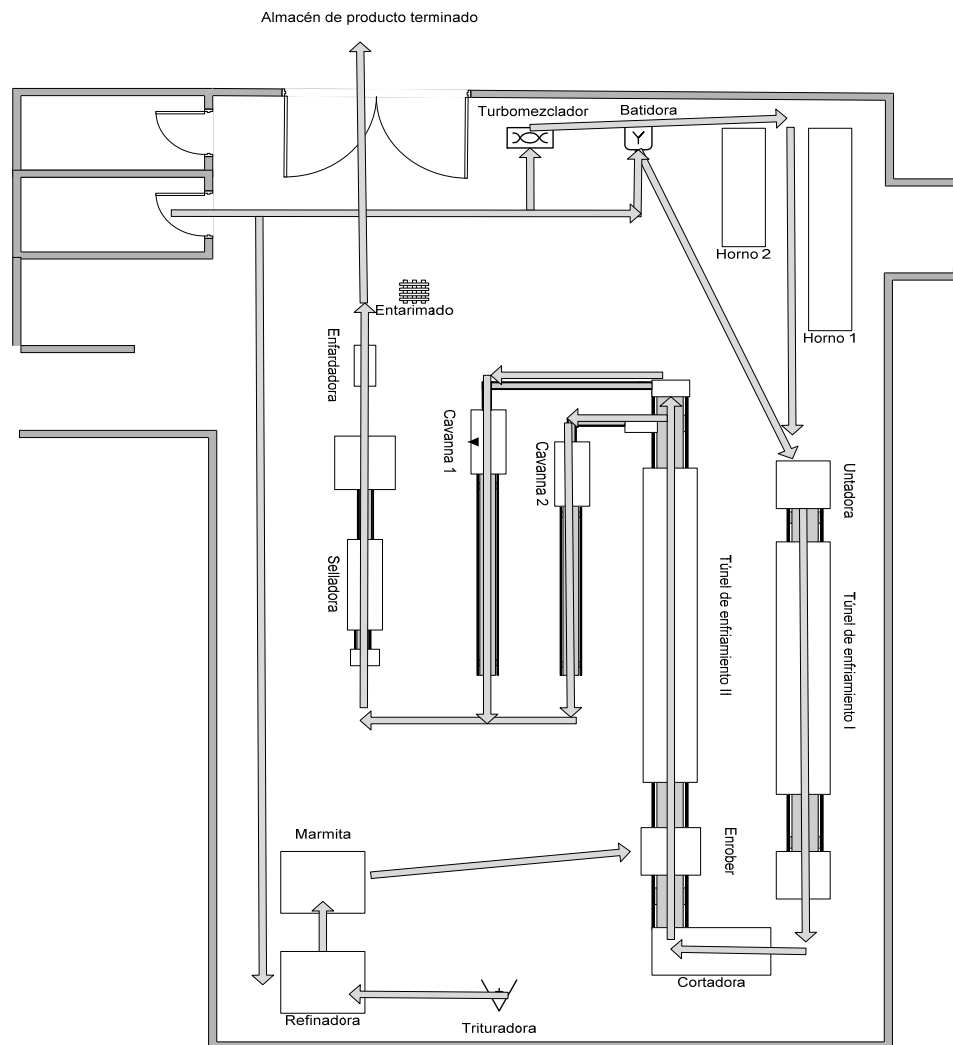
Símbolo	Actividad	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
	Operación	58	---	382,33
	Inspección	3	---	4,4
	Combinada	1	---	0,03
Totales		62	---	386,76

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Diagrama de recorrido

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 1/1
Fecha: 12/02/2010
Método: Actual
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado(APT)



Fuente: elaboración propia.

2.3. Tiempos improductivos en la línea

La medición del tiempo improductivo se calcula conociendo la cantidad de horas que la línea estuvo parada, es decir, la cantidad de paros operativos, mecánicos, por materia prima y por comidas que se tienen durante un período de tiempo determinado.

$$\% \text{ Tiempo improductivo} = \frac{\text{Sumatoria de paros}}{\text{Horas maquinas programas}} \times 100$$

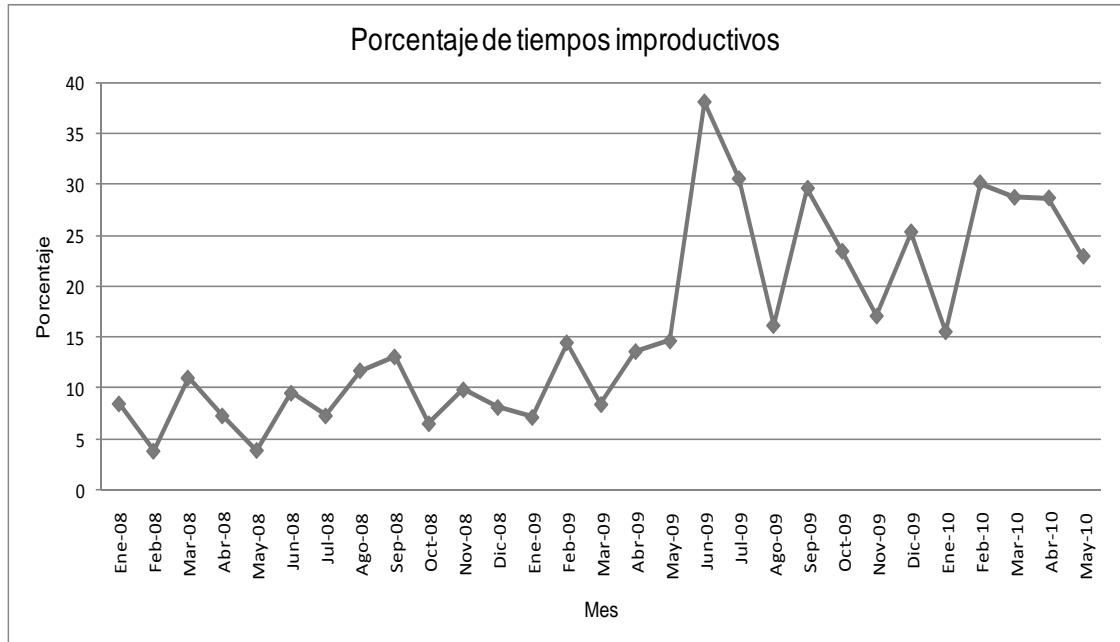
A continuación se presenta el historial de tiempo improductivo en un tiempo determinado, los datos que aparecen son porcentajes:

Tabla XXII. **Historial de porcentaje mensual de tiempo improductivo**

Mes	Año		
	2008	2009	2010
Enero	8,46	7,13	15,54
Febrero	3,82	14,46	30,16
Marzo	11,00	8,40	28,73
Abril	7,28	13,59	28,68
Mayo	3,89	14,63	22,95
Junio	9,51	38,09	
Julio	7,28	30,56	
Agosto	11,72	16,15	
Septiembre	13,07	29,63	
Octubre	6,51	23,44	
Noviembre	9,84	17,08	
Diciembre	8,11	25,34	

Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

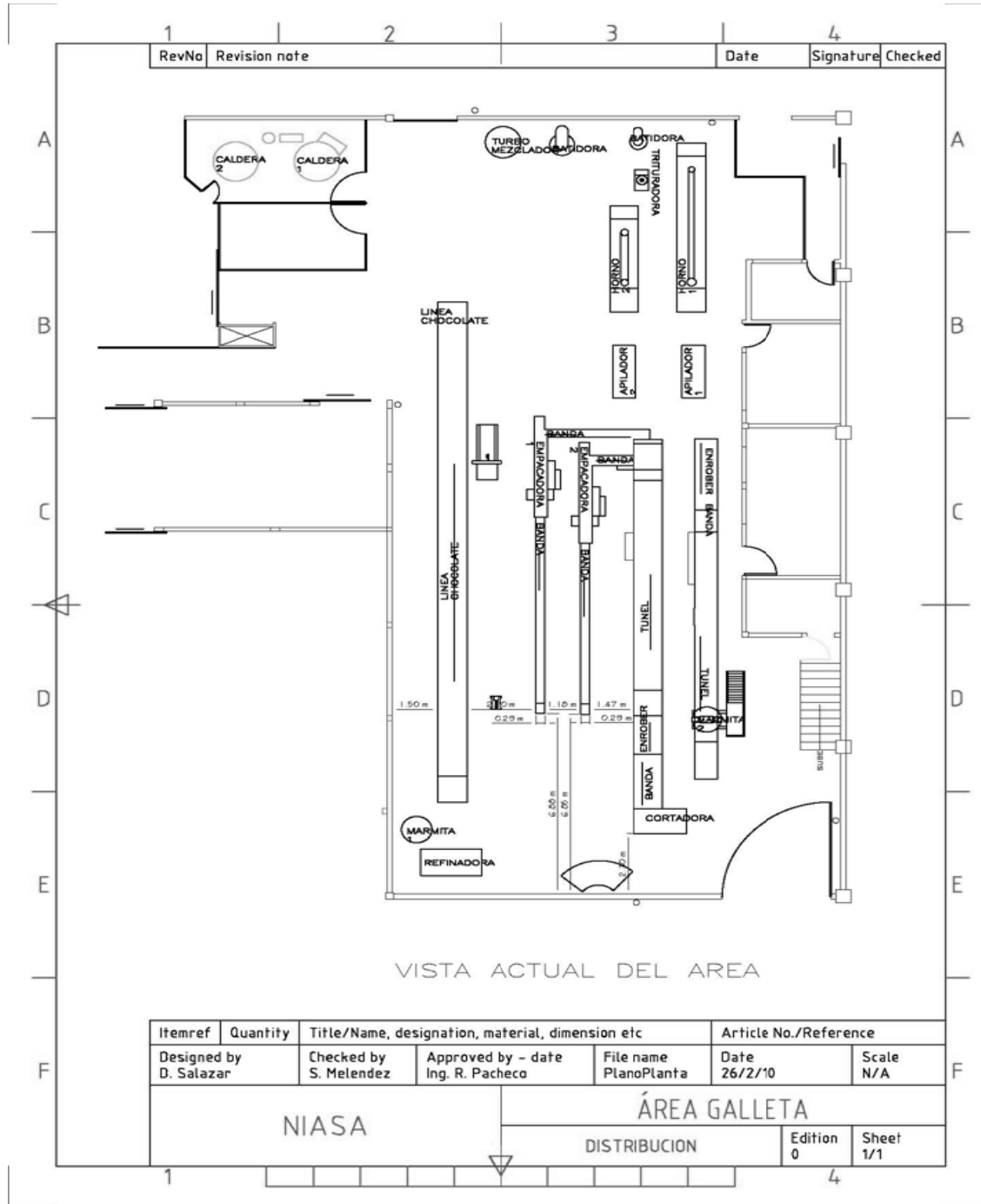
Figura 11. **Gráfica de porcentaje mensual de tiempo improductivo**



Fuente: elaboración propia.

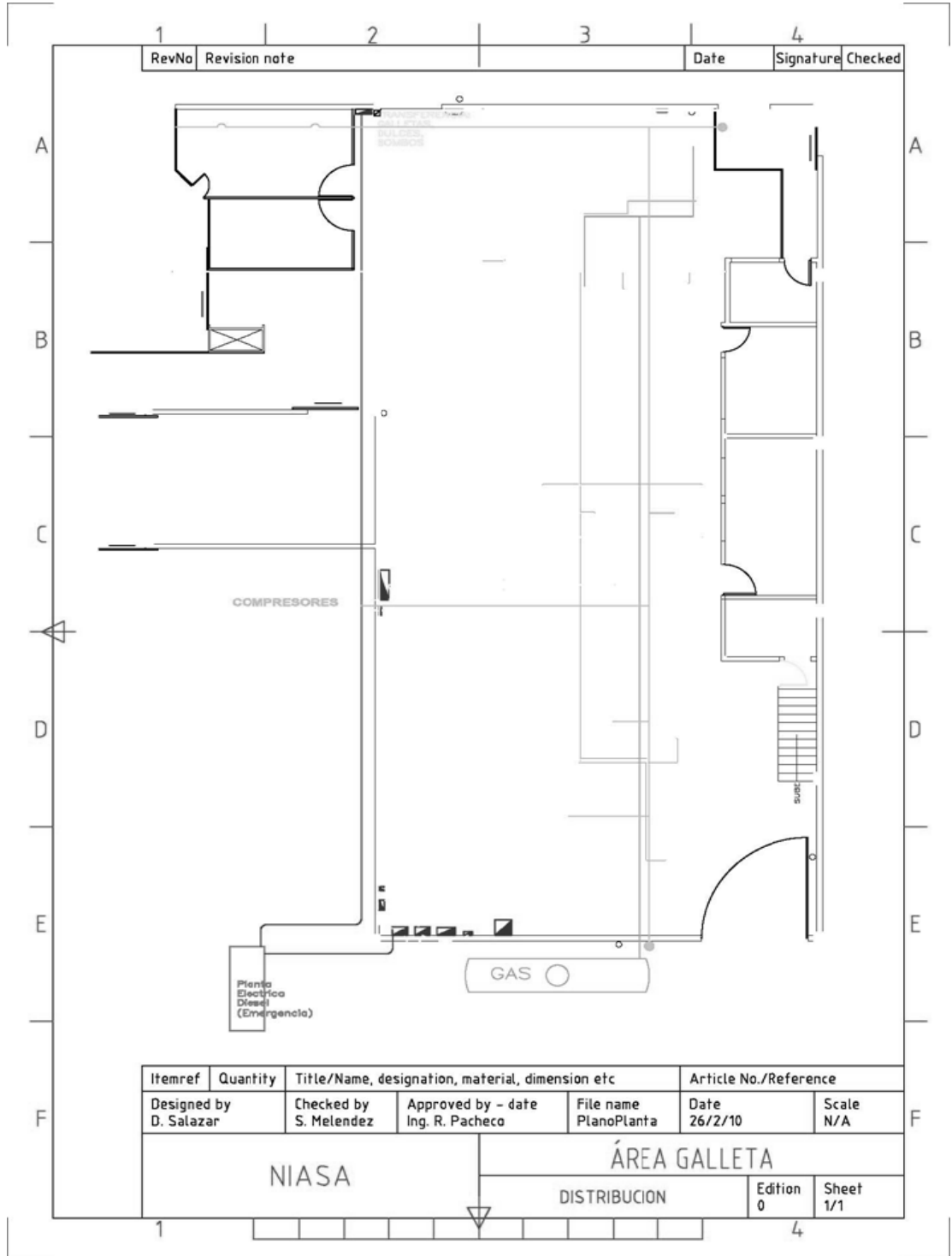
2.4. Planos actuales del área de galleta

Figura 12. Plano de distribución de maquinaria actual



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Plano de distribución de acometida eléctrica, gas y agua actual**



Fuente: elaboración propia.

2.5. Capacidad de producción

La capacidad de producción que la línea tiene actualmente es la siguiente:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{galletas}/_{\text{min}} \text{ operación mas lenta} \times 60 \text{ min}/_{\text{hr}}}{\text{presentación de producto}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{140 \text{ galletas}/_{\text{min}} \times 2 \text{ cavannas} \times 60 \text{ min}/_{\text{hr}}}{24 \times 24}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{140 \text{ galletas}/_{\text{min}} \times 2 \text{ cavannas} \times 60 \text{ min}/_{\text{hr}}}{24 \text{ bolsas} \times 24 \text{ galletas}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = 29,17 \text{ fardos/hora}$$

2.6. Cuello de botella

El cuello de botella actual de la línea de galleta se encuentra en el túnel de enfriamiento II. Esto se determina porque se evidencia, que la capacidad de enfriamiento del túnel II ya no es suficiente al momento de subirle la velocidad arriba de 140 galletas/minuto a las cavannas, ya que esto requiere aumentar la velocidad también al túnel de enfriamiento II, para que pueda abastecer a las cavannas.

Esto provoca que la cobertura de chocolate ya no salga solidificada y por consiguiente, en las cavannas se empieza a quebrar la galleta, a reventar el papel, a ensuciarse las bandas y se debe parar la máquina para limpiar, ajustar papel y hasta esperar unos minutos en volver a arrancar para que la galleta salga con las características necesarias para el empaque.

2.7. Cantidad diaria de materia prima despachada

Para solicitar el pedido diario de materia prima al AMP (almacén de materia prima), se verifica los *batch* que hay a las 06:00 a.m. en el área, luego se calcula la cantidad de *batch* que se necesita para producir durante el día y el día siguiente hasta las 05:00 p.m. si hay dos turnos, si solo hay un turno corto hasta la 13:30 hrs. La fórmula que se utiliza para este cálculo es la siguiente:

$$Batch/pedir = \frac{\text{cap. de prod.}/_{hr} \times \text{meta de eficiencia} \times \text{hr req. de trabajo}}{\text{lote incremental de producto}} - \text{Inv. área}$$

El día martes 09 de marzo del 2010, se encontró un inventario en el área de 20 *batch*, se esta trabajando 2 turnos de 12 horas, por lo que en base a la fórmula anterior se calcula los *batch* a pedir.

$$Batch \text{ a pedir} = \frac{29,17 \frac{\text{fdos}}{\text{hr}} \times 0,85 \times 35 \text{ hr}}{20,79 \frac{\text{fdos}}{\text{batch}}} - 20 \text{ batch}$$

$$Batch \text{ a pedir} = 22 \text{ batch}$$

Se debe pedir 22 *batch* este día para poder producir hasta las 05:00 p.m. del día de mañana miércoles 10 de marzo del 2010.

2.8. Cantidad de operarios que laboran en la línea

A continuación se presenta la cantidad de operarios que se emplean en el área de galleta para elaborar el producto bandido 13 gramos:

Tabla XXIII. **Cantidad de operarios en línea de galleta**

No.	Puesto	No. operarios
1	Encargado de turno	1
2	Operario de batidos	1
3	Operario de hornos	1
4	Operario de untadora	1
5	Operario de cortadora	1
6	Alimentadora de cavannas	2
7	Operadora de cavannas	2
8	Empacadoras	6
9	Enfardadores	2
10	Triturador	1
Total		18

Fuente: elaboración propia.

2.9. Cantidad de desperdicio generado en la línea

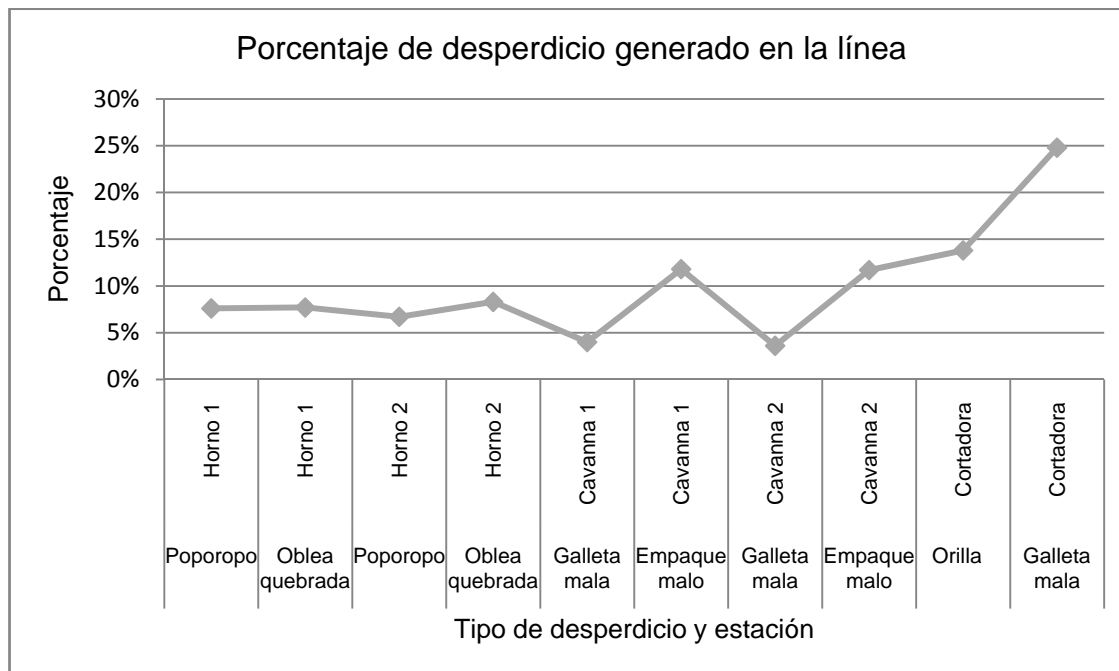
A continuación se presente análisis de cantidad de desperdicio que se genera en la línea.

Tabla XXIV. **Cantidad de desperdicio generado en la línea**

Tipo de desperdicio	Estación	Mayo						Total	%
		17	18	19	20	21	22		
Poporopo	Horno 1	25,8	50,6	30,6	40,6	31,2	30,8	209,6	7,6
Oblea quebrada	Horno 1	32,2	35,5	25,7	41,0	48,8	29,9	213,1	7,7
Poporopo	Horno 2	23,6	50,1	24,8	28,8	45,0	14,0	186,3	6,7
Oblea quebrada	Horno 2	26,0	35,0	24,0	46,8	82,2	16,0	230,0	8,3
Galleta mala	Cavanna 1	7,7	20,6	59,1	0,0	18,8	6,0	112,2	4,0
Empaque malo	Cavanna 1	29,6	49,6	79,6	68,6	53,5	47,0	327,9	11,8
Galleta mala	Cavanna 2	10,0	30,8	51,2	0,0	0,0	7,0	99,0	3,6
Empaque malo	Cavanna 2	27,3	61,5	76,3	65,4	53,9	40,0	324,4	11,7
Orilla	Cortadora	59,6	82,2	88,1	54,0	61,4	38,0	383,3	13,8
Galleta mala	Cortadora	104,2	135,1	94,8	157,4	129,5	68,5	689,5	24,8
Total		346,0	551,0	554,2	502,6	524,3	297,2	2 775,3	100,0

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Gráfica de porcentaje de desperdicio generado en la línea**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en gráfica que la cortadora es la que genera la mayor cantidad de desperdicio.

2.10. Eficiencia de la línea

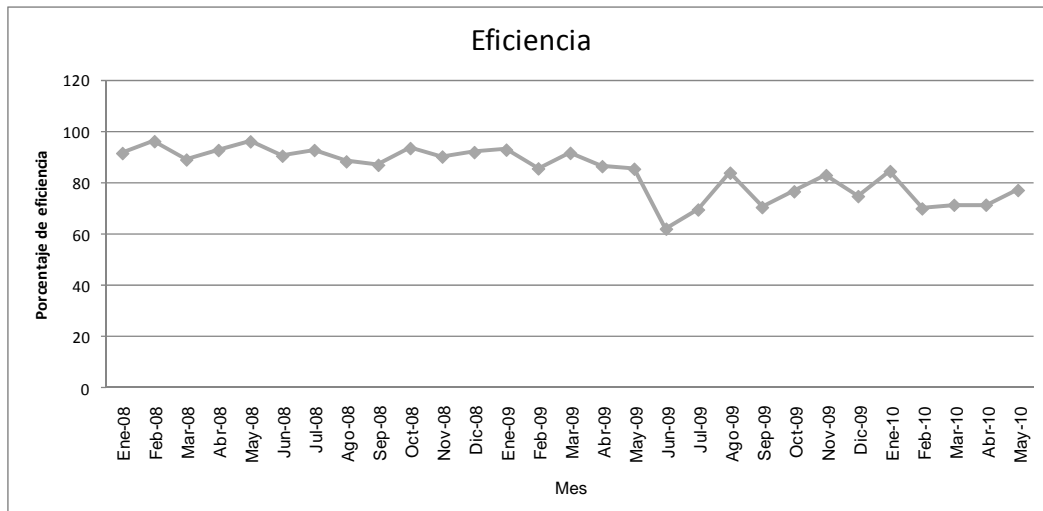
La eficiencia de la línea se mide entre los fardos reales producidos y los fardos teóricos; que se deben de fabricar en un período determinado. A continuación se presenta el historial de la eficiencia en un período determinado:

Tabla XXV. **Historial de eficiencia**

Mes	Año		
	2008	2009	2010
Enero	91,54	92,87	84,46
Febrero	96,18	85,54	69,84
Marzo	89,00	91,60	71,27
Abril	92,72	86,41	71,32
Mayo	96,11	85,37	77,05
Junio	90,49	61,91	
Julio	92,72	69,44	
Agosto	88,28	83,85	
Septiembre	86,93	70,37	
Octubre	93,49	76,56	
Noviembre	90,16	82,92	
Diciembre	91,89	74,66	

Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Figura 15. **Gráfica de historial de eficiencia**



Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Se puede evidenciar que la eficiencia ha ido disminuyendo, esto debido al problema del túnel de enfriamiento II de galleta, por el problema de chocolate aguado, se para constantemente y esto ocasiona ineficiencia en la línea de galleta ya que, por parte de gerencia general se ha solicitado un estándar de velocidad de 180 galletas/minuto por cavanna y la línea solo puede trabajar a 140 galletas/minuto por cavanna para mantener constante la producción. Cabe mencionar que en el año 2008 y parte del 2009 en el cual la eficiencia está arriba del 85%, se debió a que solo se trabajaba con una cavanna a 180 galletas/minuto.

2.11. Incentivo para el recurso humano

Para incentivar al personal operativo a esforzarse para cumplir con la producción programada en un período determinado, se les otorga un bono variable, el cual se les paga si llegan a la meta planteada en un período determinado. A continuación se presenta el bono variable que la empresa le da al personal.

2.11.1. Bono variable KGP

El KGP significa kilogramos producidos y es el nombre que se le asignó al bono variable que se le otorga al personal operativo cuando alcanza la meta del 85%. El KGP se concede proporcionalmente al porcentaje obtenido en el mes.

El KGP se mide entre los kilogramos reales y los kilogramos teóricos en un período determinado. Los kilogramos reales, se obtienen del peso neto real de la cantidad de fardos ingresados al APT (almacén de producto terminado).

El peso neto real se compara con el peso neto teórico, que debiera tener los fardos ingresados al APT, entonces si el peso neto real es superior al peso teórico de los fardos ingresados, este sobrepeso es castigado y por lo tanto, se le suma a los kilogramos teóricos que se deben producir en las horas máquinas programadas que se reportaron y si el peso neto real de los fardos ingresados es inferior al peso teórico de los mismos, este bajo peso beneficia porque se le resta a los kilogramos teóricos que se deben producir en las horas máquinas programadas que se reportaron.

Así mismo, si en el proceso de elaboración de la galleta se produce reciclable y no se reprocesa en el mismo mes, este se suma a los kilogramos teóricos que se deben producir en un período determinado. Luego que se ha obtenido toda la información de los kilogramos producidos teóricos y reales, se procede a realizar la división de los kilogramos reales y kilogramos teóricos para determinar el porcentaje de KGP y determinar si se logra la meta del 85% para otorgar el bono variable al personal operativo.

Por ejemplo: un operario recibe Q.200,00 de KGP. La eficiencia que se obtuvo en la línea en el mes fue de 90%. Entonces por regla de tres se calcula la cantidad de dinero que se le dará al operario por la eficiencia que se obtuvo en la línea de galleta:

$$\begin{array}{r} \text{Q.200,00} \quad \text{-----} \quad 100\% \text{ KGP} \\ X \quad \quad \quad \text{-----} \quad 90\% \text{ KGP} \end{array}$$

$$X = \frac{\text{Q.200,00} \times 90\%}{100\%} = \text{Q.180,00}$$

El operario recibirá Q.180,00 por la eficiencia que se logró en el mes que fue del 90%.

2.12. Productividad actual

Tabla XXVI. **Cálculo de productividad actual**

Descripción	Valor	Dimensional
Capacidad de producción actual	29,17	Fardos/hora
Cantidad de operarios en el proceso	18	Operarios
Tiempo de producción	1	Hora
Cantidad de horas-hombre/tiempo de producción	18	Horas-hombre
Productividad actual	1,62	Fardos / hora-hombre

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA

Para aumentar la velocidad de empacadoras cavannas, se debe buscar la manera de mantener el tiempo de enfriamiento de la galleta para endurecer la cobertura de chocolate antes de ser empacada, por lo tanto, se ha hecho un análisis para determinar el largo necesario del túnel de enfriamiento II, para que siempre se logre mantener el tiempo de enfriamiento de la galleta dentro del túnel y así aumentar la velocidad logrando abastecer la velocidad de las cavannas.

Tabla XXVII. **Análisis para determinar la distancia que se debe prolongar el túnel de enfriamiento II**

Túnel de enfriamiento II actual			
Descripción	Dato	Unidad de medida	Observación
Temperatura de galleta al ingresar al túnel	45	grados centígrados	
Temperatura de galleta al salir de túnel	15	grados centígrados	
Temperatura extraída a galleta dentro de túnel	30	grados centígrados	
Temperatura dentro del túnel	8	grados centígrados	
Tiempo de traslado de fila de galleta en túnel	3	minutos	
Largo del túnel actual	8	metros	
Velocidad de banda	2,67	galletas/minuto	
Largo de galleta	0,09	metros	
Espacio entre fila de galletas en túnel	0,014	metros	
Distancia entre filas de galletas en túnel	0,104	metros	
Filas de galleta con velocidad actual	25,64	filas/minuto	
Galletas por fila	11	galletas/fila	
Galletas por minuto en túnel	282,05	galletas/minuto	para trabajar 2 cavannas a 140 galletas/minuto

Continuación tabla XXVI

Propuesta de ampliación de túnel de enfriamiento II			
Descripción	Dato	Unidad de medida	Observación
Temperatura de galleta al ingresar al túnel	45	grados centígrados	
Temperatura de galleta al salir de túnel	15	grados centígrados	
Temperatura extraída a galleta dentro de túnel	30	grados centígrados	
Temperatura dentro del túnel	8	grados centígrados	
Tiempo propuesto de traslado de fila de galleta en túnel	4	minutos	se aumenta el tiempo de permanencia para mejorar el enfriamiento de la galleta
Velocidad propuesta para cavannas	180	galletas/minuto	
Cantidad de cavannas	2	empacadoras	
Galletas necesarias por minuto	360	galletas/minuto	
Largo de galleta	0,09	metros	
Espacio entre fila de galletas en túnel	0,030	metros	se aumenta el espacio entre filas para mejorar la alimentación hacia las cavannas
Distancia entre filas de galletas en túnel	0,120	metros	
Galletas por fila	11	galletas/fila	
Filas de galleta por minuto necesarias	32,73	filas/minuto	
Velocidad necesaria de banda	3,93	galletas/minuto	
Largo propuesto de túnel	15,71	metros	para trabajar 2 cavannas a 180 galletas/minuto

Fuente: elaboración propia.

En base al análisis, se determina que debe ampliarse el túnel actual 8 metros para lograr mantener el tiempo de enfriamiento de la galleta al momento de aumentar la velocidad a 180 galletas/minuto por cavanna y no tener problema con la cobertura de chocolate de la galleta.

3.1. Remodelación de la línea de galleta

Para ampliar 8 metros el túnel de enfriamiento II de galleta, se debe de realizar una remodelación al área, por lo que se debe de diseñar los planos para la remodelación. Así mismo se debe plantear los beneficios que se obtendrán al finalizar el proyecto de remodelación.

3.1.1. Beneficios de remodelación

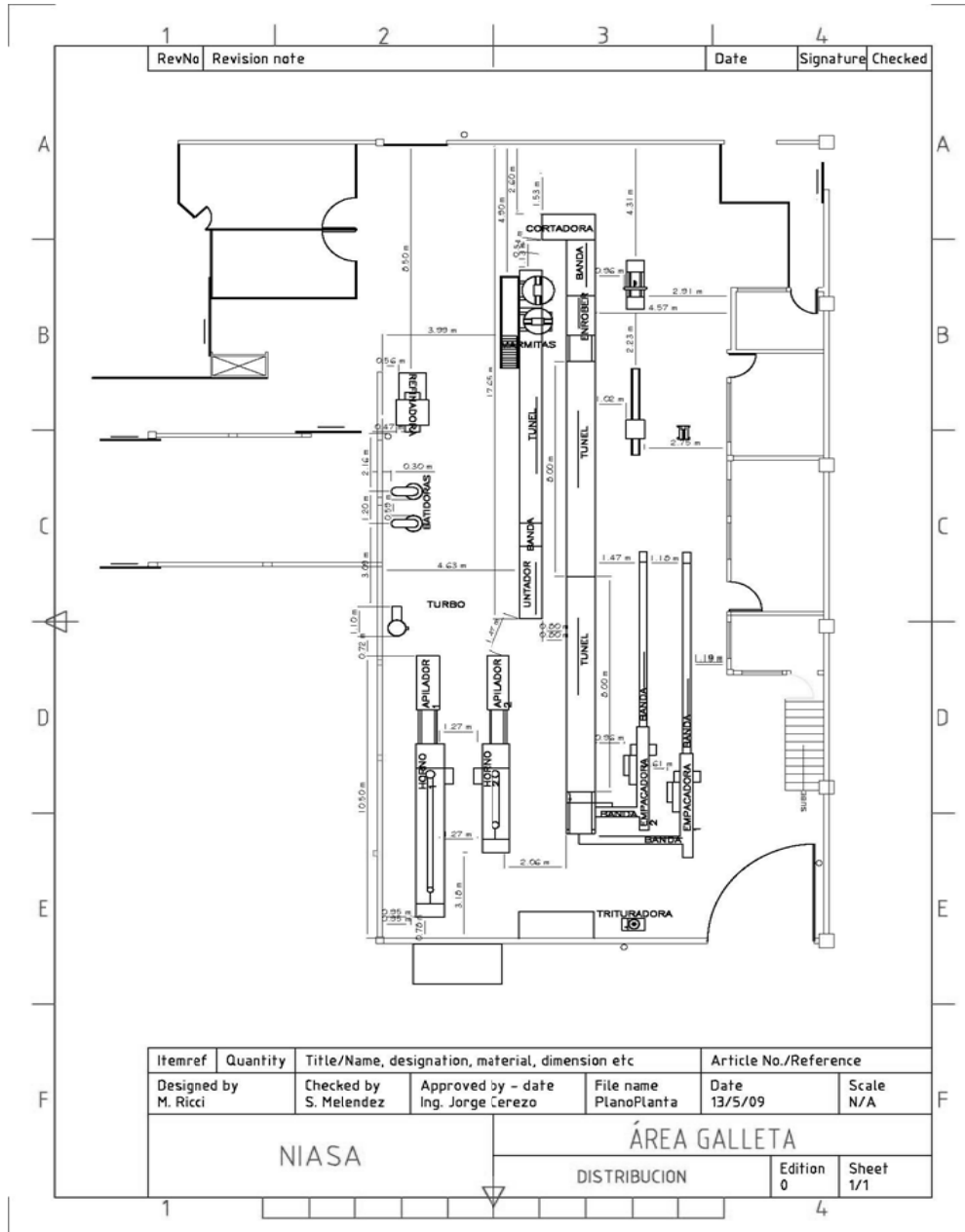
Los beneficios de la ampliación del túnel de enfriamiento de galleta son:

- Aumentar la capacidad de producción de la línea
- Disminuir costo de fardo producido
- Disminuir costo de hora-hombre
- Cumplir con los pedidos del cliente
- Aumentar utilidades

3.1.2. Planos de remodelación en área de galleta

3.1.2.1. Plano de distribución de maquinaria

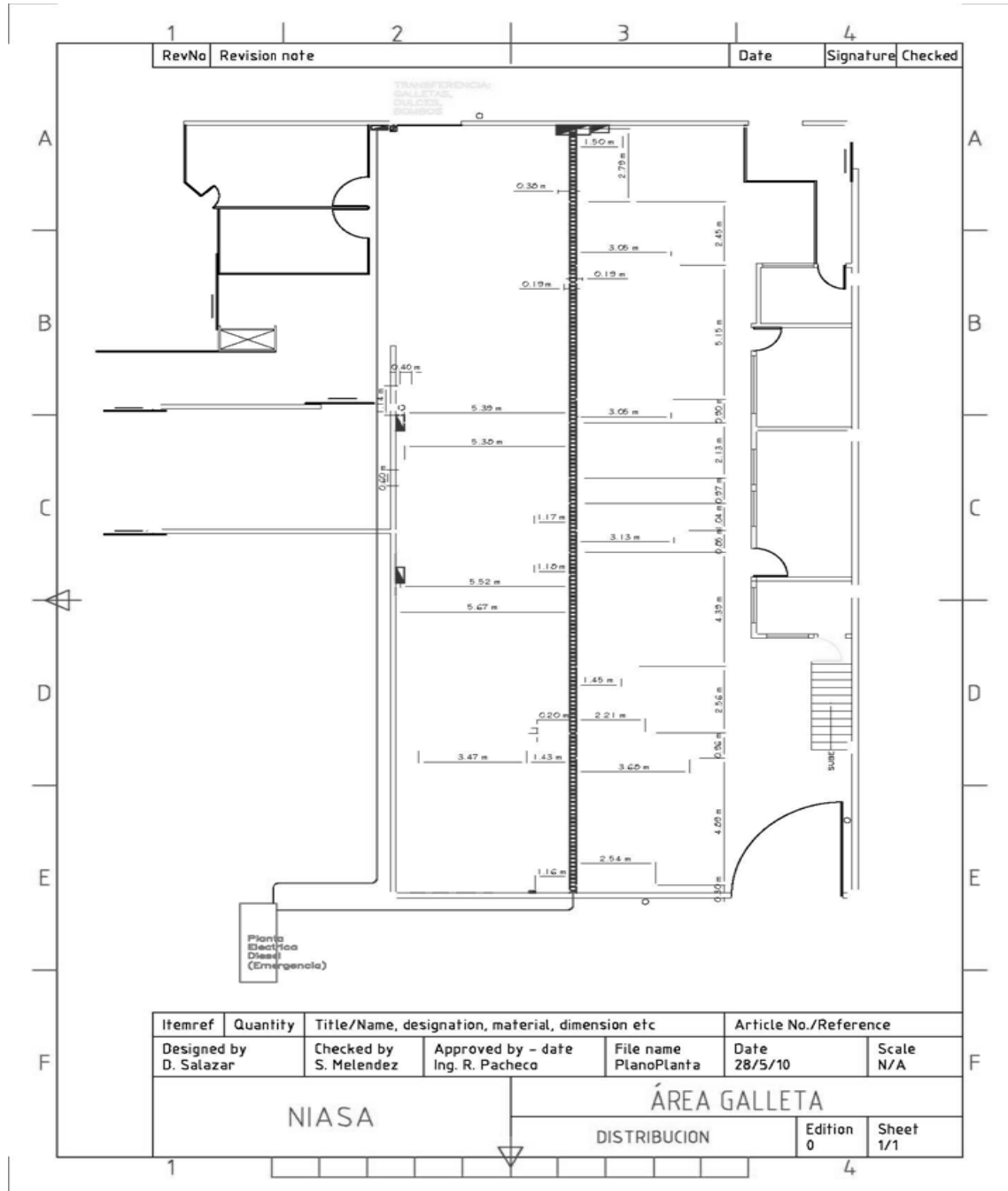
Figura 16. Plano de distribución de maquinaria



Fuente: elaboración propia.

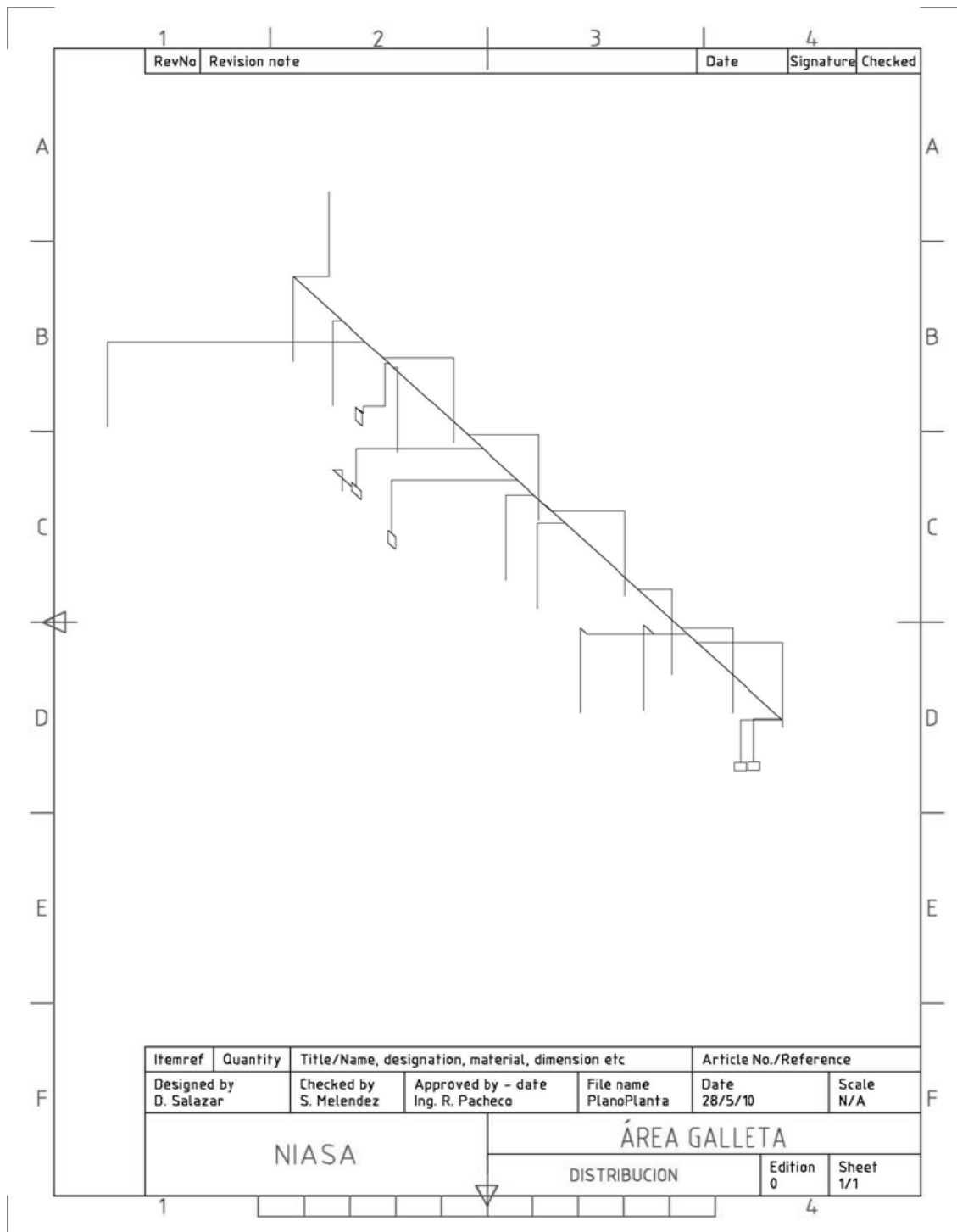
3.1.2.2. Plano de acometida eléctrica

Figura 17. Plano de acometida eléctrica



Fuente: elaboración propia.

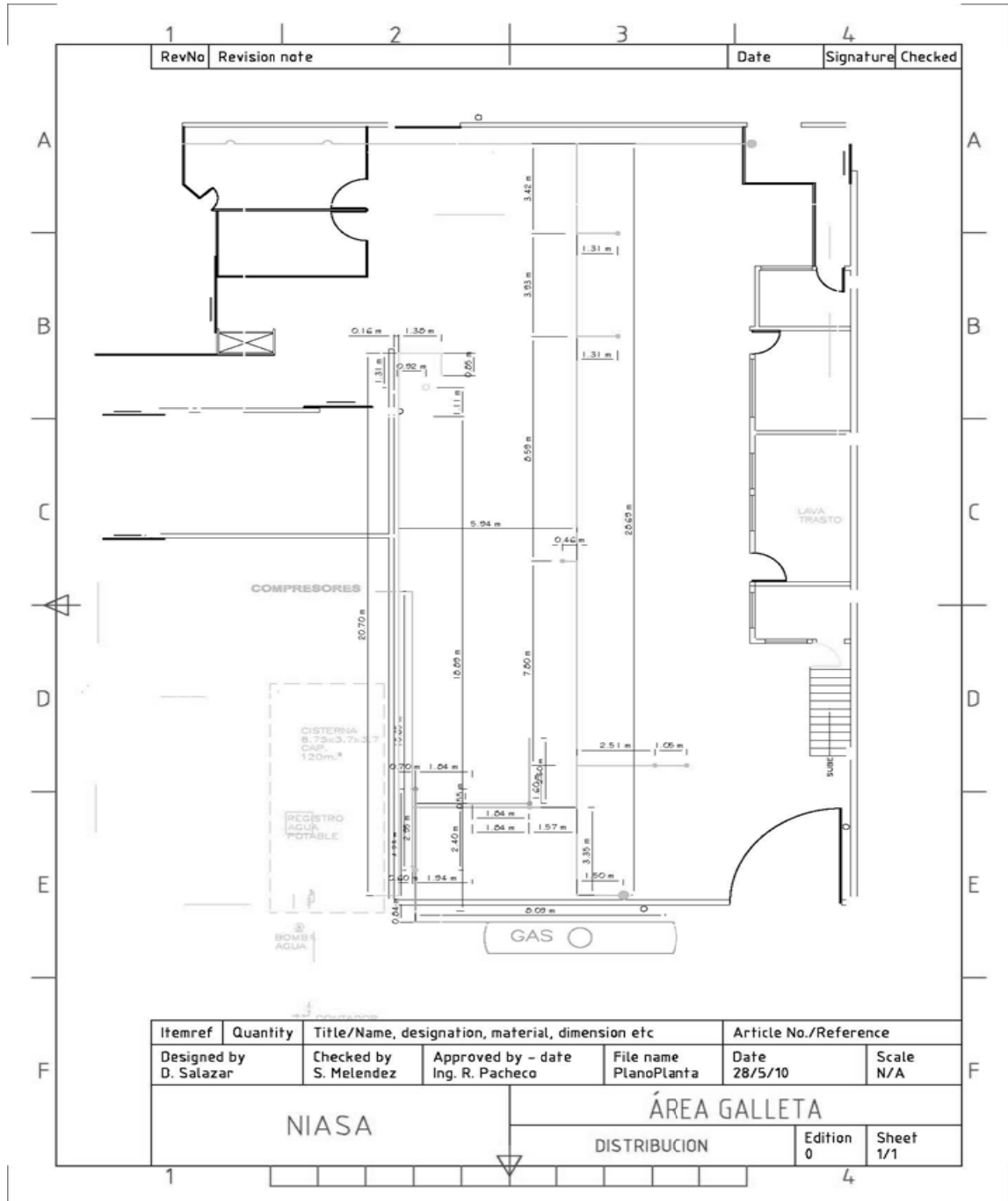
Continuación figura 17



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. Plano de tubería de gas y agua

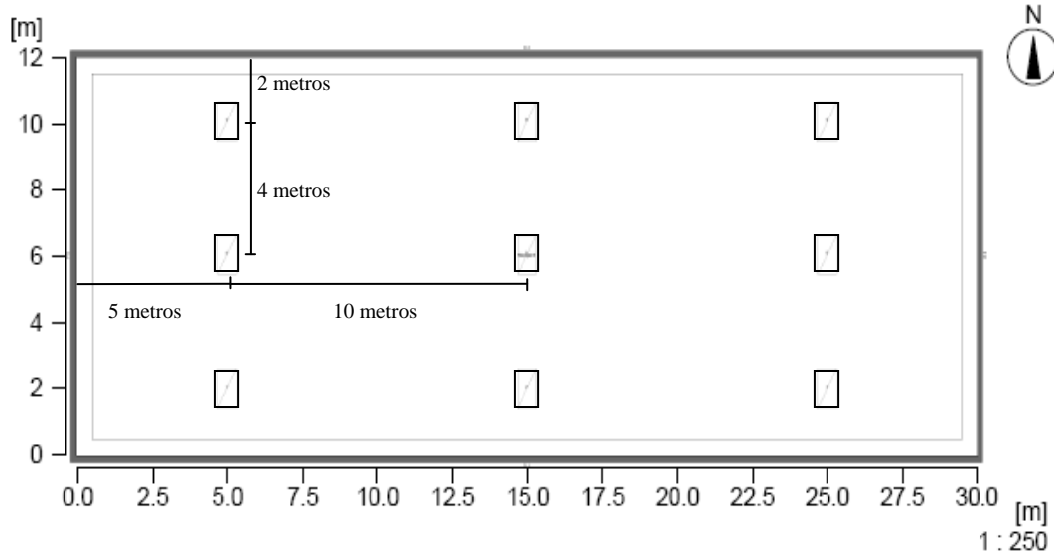
Figura 18. Plano de tubería de gas y agua



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.4. Plano de iluminación

Figura 19. Plano de iluminación



Datos sobre el espacio: Grados de reflexión:

W1 :	30.00	100.0 %
W2 :	12.00	100.0 %
W3 :	30.00	100.0 %
W4 :	12.00	100.0 %
W5 :	----	----
W6 :	----	----
Suelo:	----	59.0 %
Techo:	----	52.8 %
Altura del espacio [m]:		3.90
Altura del nivel útil [m]:		0.90
Altura del nivel de luminarias [m]:		3.90

Elementos de diseño

- P : Pilar
- Tr : Tabique de separación
- A : Superficie de trabajo real
- M : Superficie virtual de medición
- E : Claraboya
- B : Cuadro
- F : Ventana
- T : Puerta
- Mo : Mueble

Fuente: ESINSA

3.2. Análisis para reducir desperdicio de producto en proceso

Un factor importante que debe analizarse para mejorar la productividad de la línea son los puntos críticos del proceso donde se genera el desperdicio para analizarlos y buscar la manera de reducirlo.

3.2.1. Merma y reciclado

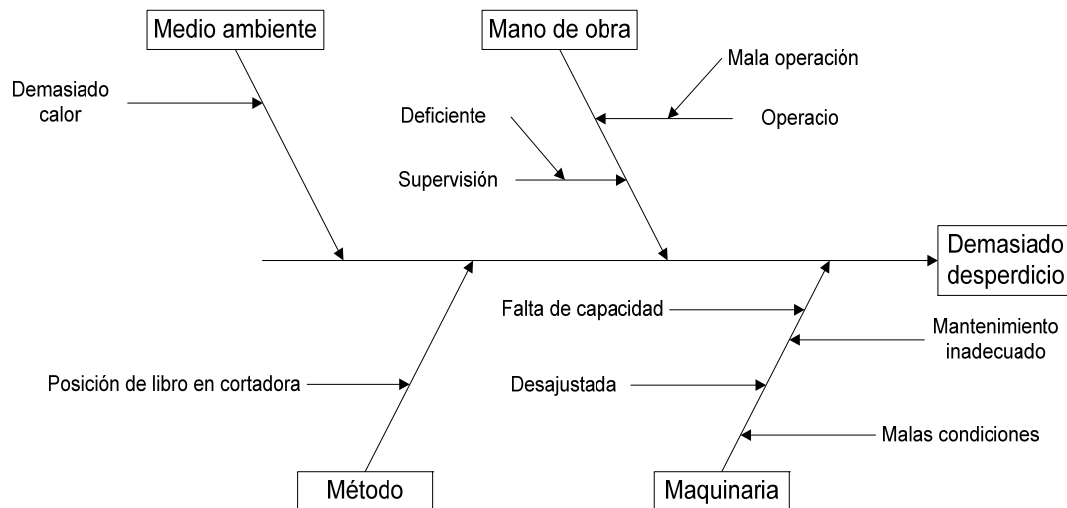
El desperdicio que se genera en el proceso de galleta se divide en dos partes:

- Merma: desperdicio que no puede ser utilizado en el proceso y por lo tanto se pierde en el mismo. Ejemplo: poporopo, oblea quebrada.
- Reciclado: desperdicio que se puede utilizar en el proceso. Ejemplo: galleta mal, orilla de libros.

3.2.2. Diagrama causa y efecto

A continuación se realiza el análisis del problema de generación de demasiado desperdicio en el proceso:

Figura 20. **Diagrama causa y efecto del problema de generación de desperdicio**



Fuente: elaboración propia.

Luego de conocer las causas que generan demasiado desperdicio en el proceso de galleta, se presenta el muestreo que se realiza durante 6 días en los puntos del proceso en donde se genera.

Tabla XXVIII. **Muestreo de desperdicio generado en el proceso**

Tipo de desperdicio	Estación	Mayo						Total	%
		17	18	19	20	21	22		
Poporopo	Horno 1	25,8	50,6	30,6	40,6	31,2	30,8	209,6	7,6%
Oblea quebrada	Horno 1	32,2	35,5	25,7	41,0	48,8	29,9	213,1	7,7%
Poporopo	Horno 2	23,6	50,1	24,8	28,8	45,0	14,0	186,3	6,7%
Oblea quebrada	Horno 2	26,0	35,0	24,0	46,8	82,2	16,0	230,0	8,3%
Galleta mala	Cavanna 1	7,7	20,6	59,1	0,0	18,8	6,0	112,2	4,0%
Empaque malo	Cavanna 1	29,6	49,6	79,6	68,6	53,5	47,0	327,9	11,8%
Galleta mala	Cavanna 2	10,0	30,8	51,2	0,0	0,0	7,0	99,0	3,6%
Empaque malo	Cavanna 2	27,3	61,5	76,3	65,4	53,9	40,0	324,4	11,7%
Orilla	Cortadora	59,6	82,2	88,1	54,0	61,4	38,0	383,3	13,8%
Galleta mala	Cortadora	104,2	135,1	94,8	157,4	129,5	68,5	689,5	24,8%
Total		346,0	551,0	554,2	502,6	524,3	297,2	2 775,3	100,0%

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diagrama de Pareto

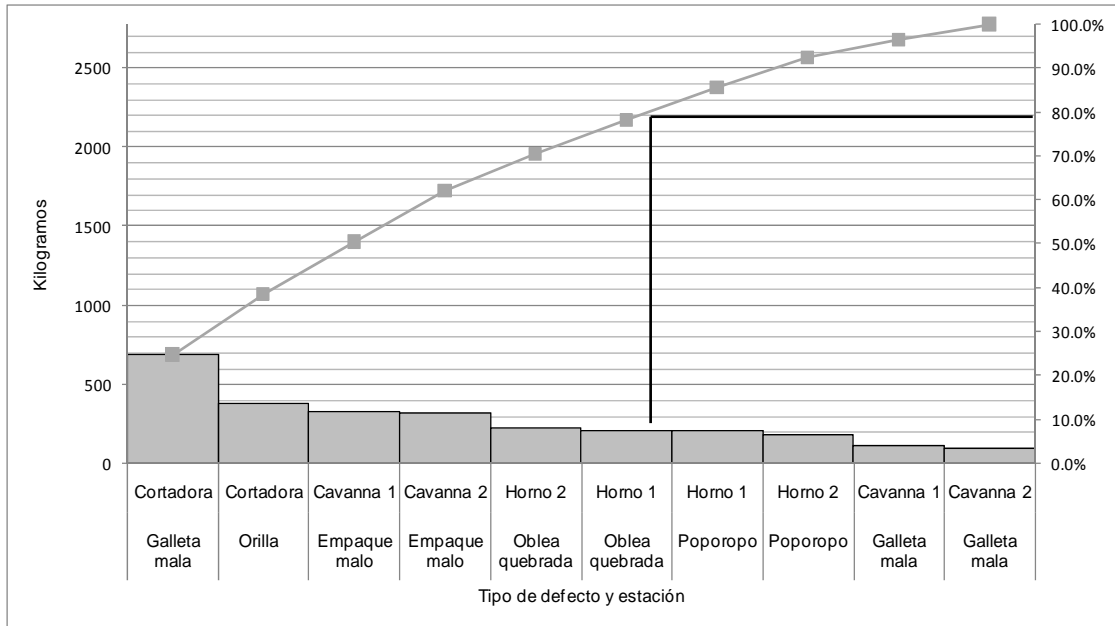
Conociendo la cantidad de desperdicio que se genera en cada punto del proceso, se determina por medio del diagrama de Pareto que causas son las más críticas para luego iniciar a atacar el problema y así lograr disminuir el desperdicio.

Tabla XXIX. **Muestreo de puntos en proceso donde se genera desperdicio**

Tipo de desperdicio	Estación	Mayo						Total	Porcentaje	% Acumulado
		17	18	19	20	21	22			
Galleta mala	Cortadora	104,2	135,1	94,8	157,4	129,5	68,5	689,5	24,8%	24,8%
Orilla	Cortadora	59,6	82,2	88,1	54	61,4	38	383,3	13,8%	38,7%
Empaque malo	Cavanna 1	29,6	49,6	79,6	68,6	53,5	47	327,9	11,8%	50,5%
Empaque malo	Cavanna 2	27,3	61,5	76,3	65,4	53,9	40	324,4	11,7%	62,2%
Oblea quebrada	Horno 2	26	35	24	46,8	82,2	16	230	8,3%	70,4%
Oblea quebrada	Horno 1	32,2	35,5	25,7	41	48,8	29,9	213,1	7,7%	78,1%
Poporopo	Horno 1	25,8	50,6	30,6	40,6	31,2	30,8	209,6	7,6%	85,7%
Poporopo	Horno 2	23,6	50,1	24,8	28,8	45	14	186,3	6,7%	92,4%
Galleta mala	Cavanna 1	7,7	20,6	59,1	0	18,8	6	112,2	4,0%	96,4%
Galleta mala	Cavanna 2	10	30,8	51,2	0	0	7	99	3,6%	100,0%
Total		346	551	554,2	502,6	524,3	297,2	2 775,3	100,0%	

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de pareto del desperdicio generado en el proceso



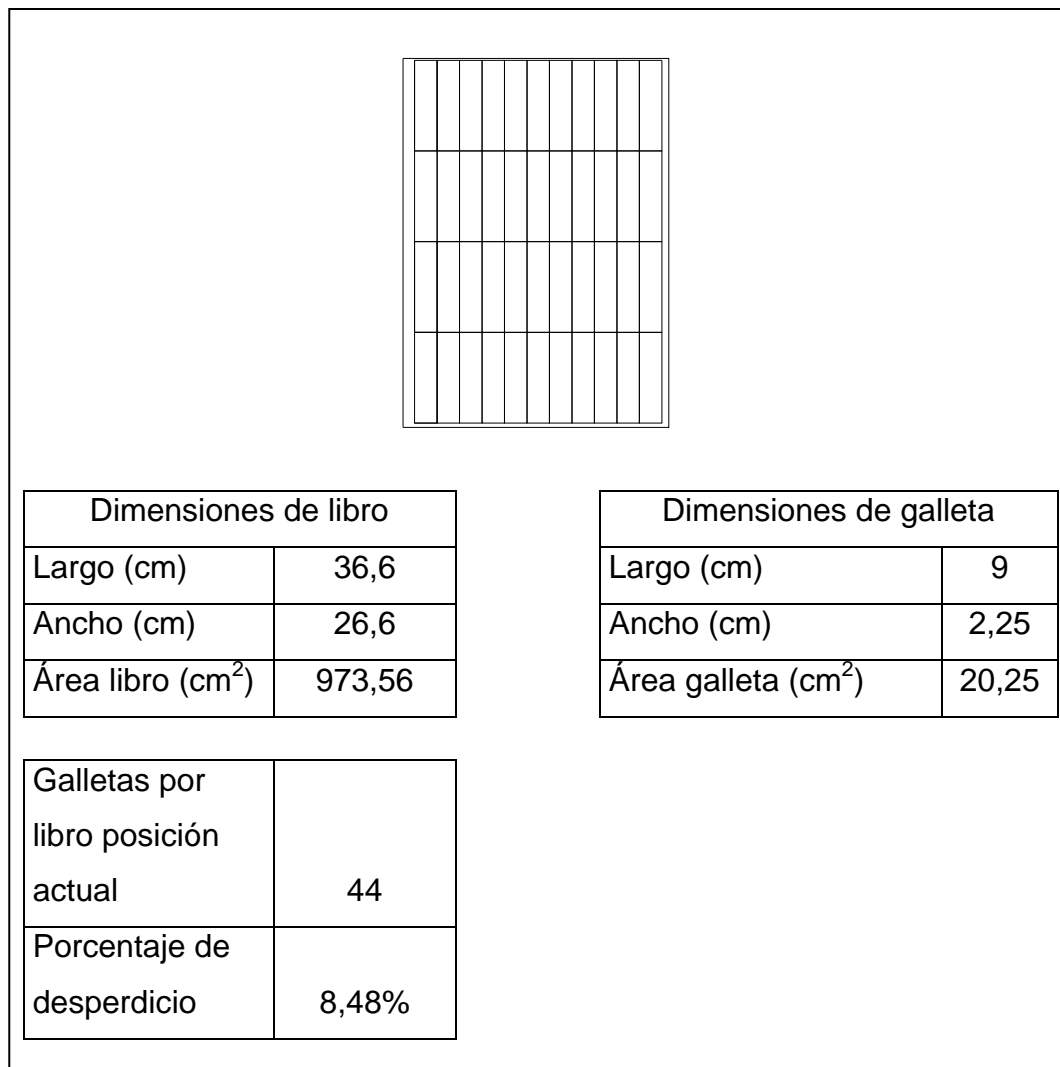
Fuente: elaboración propia.

En base al diagrama de pareto se ha determinado que las causas que deben atacarse son:

- La galleta mala y orilla generada en la cortadora: para disminuir la cantidad de orilla y galleta mala que se genera en la cortadora se ha observado una área de oportunidad cambiando de posición la manera de colocarse el libro dentro de la cortadora, esto con el fin de disminuir las orillas que se pierden en las cuchillas al momento de formar la galleta con las dimensiones requeridas.

Con la manera actual de colocar el libro en la cortadora, se están sacando 44 galletas/libro, a continuación se muestra el análisis del porcentaje de desperdicio que se genera en la cortadora por la posición actual del libro:

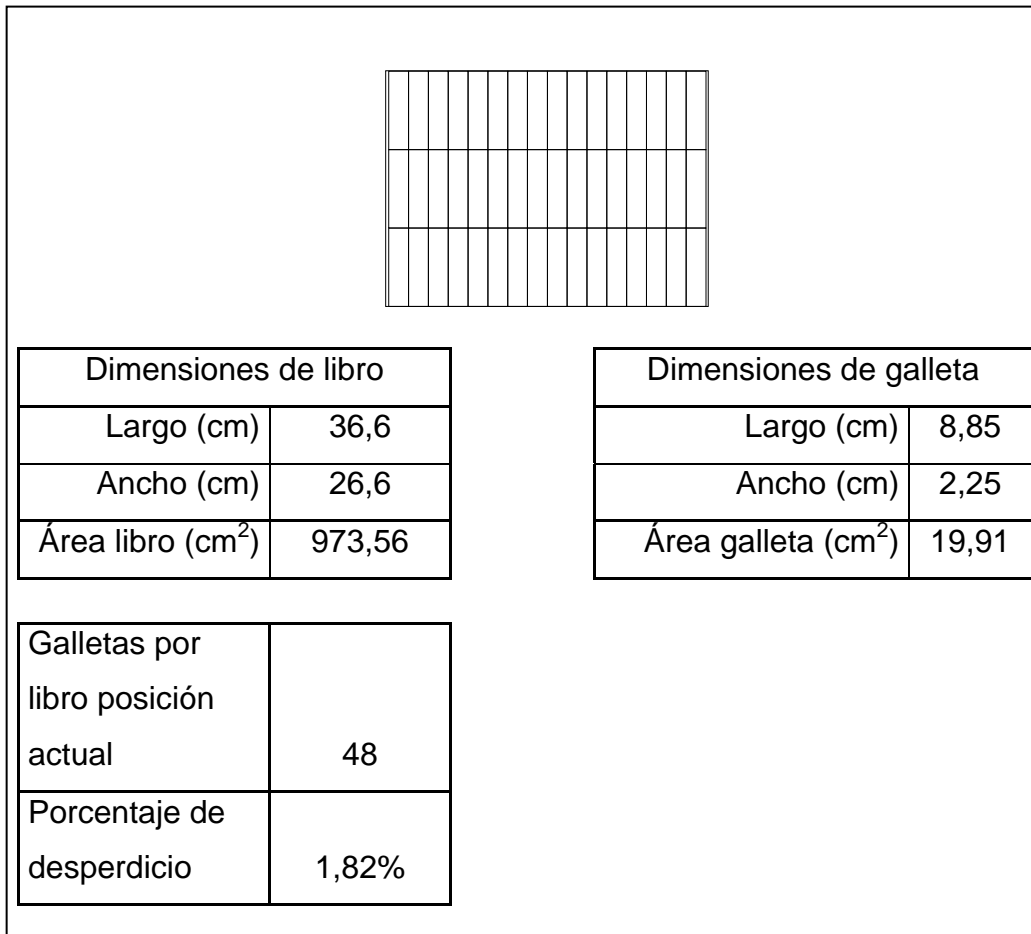
Figura 22. **Posición de libro actual**



Fuente: elaboración propia.

Mediante el análisis se determina que se está desaprovechando el 8,48% del libro, por lo que se convierte en desperdicio, entonces, para aprovechar de una mejor manera el libro, se presenta un cambio en la colocación del libro en la cortadora.

Figura 23. **Propuesta para cambio de posición de libro**



Fuente: elaboración propia.

Con la propuesta de la nueva colocación del libro y reduciendo el largo de la galleta en 1,15 mm, se obtiene 48 galletas por libro y el desaprovechamiento del libro será solamente de 1,82%, por lo que con esta nueva posición, se reduce el desperdicio en un 6,66 %.

- El empaque malo generado en las cavannas: este problema se reduce con la prolongación del túnel de enfriamiento II a 8 metros más del actual.

- La oblea quebrada y poporopo generada en los hornos: para reducir la oblea quebrada y el poporopo que se genera en los hornos, debe de verificarse cada fin de semana el espesor que tiene cada plancha de cocción y calibrar las que están descalibradas para mantener uniformes todas las planchas de cocción y así ajustar la inyección de masa a la cantidad optima para que la oblea se obtenga sin defectos y a la vez que el poporopo que se genera en la plancha de cocción sea el mínimo posible.

Así mismo, se debe de verificar el estado de las gomas tope de los apiladores para cambiar en caso necesario la que esta deteriorada y así evitar que se quiebren las obleas en los apiladores.

Se capacita también al operador del horno para que tenga el mayor cuidado en la operación del mismo, manteniendo en lo mínimo el desperdicio que se genera en esta parte del proceso y además para que las hojas de obleas salgan bien. Por ello se ha realizado una lista de causas que ocurren en la operación del horno cuando se obtienen hojas de obleas defectuosas para que el operario sepa que hacer para eliminar el problema:

- a. Faltan los ángulos en las hojas de oblea
 - Aumentar la cantidad de masa girando tuerca hacia la derecha
 - Si aumentada la cantidad de masa persiste el problema, reportarlo a encargado para solicitar reajuste en el espesor de planchas descalibradas

- b. Demasiado desperdicio de cocción (poporopo)
 - Reducir la cantidad de masa girando tuerca hacia la izquierda

- c. Faltan los ángulos en las hojas de oblea a pesar de generarse desperdicio de cocción (poporopo)
 - Reportar a encargado dicho problema para solicitar reajustar las respectivas planchas de cocción que estén dando este problema

- d. Espesor irregular de las hojas de oblea
 - Reportar a encargado para que se solicite reajustar las respectivas planchas de cocción (Girar 1/6 de vuelta el casquillo roscado o tuerca hexagonal aumenta o reduce 0,25 mm la plancha de cocción)

- e. Hojas de oblea no se desprenden
 - Examinar la instalación de aire comprimido
 - Limpiar planchas de cocción e iniciar una nueva cocción preliminar

- d. Vertido irregular de masa
 - Quitar el inyector y limpiarlo

3.2.4. Histograma

Para la construcción del histograma, se tabuló los datos de los fardos producidos en un turno de 24 horas durante 12 días.

Velocidad de cavannas: 140 galletas/minuto

Capacidad de producción: 29,17 fardos/hora

Tabla XXX. **Datos de producción diaria para histograma**

Día	Producción	Producción 100%	Meta	Eficiencia
17-May	580	700	595	82,86%
18-May	533	700	595	76,14%
19-May	525	700	595	75,00%
20-May	552	700	595	78,86%
21-May	562	700	595	80,29%
22-May	608	700	595	86,86%
24-May	550	700	595	78,57%
25-May	559	700	595	79,86%
26-May	574	700	595	82,00%
27-May	535	700	595	76,43%
28-May	602	700	595	86,00%
29-May	558	700	595	79,71%

Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Dato mínimo: 525 fardos

Dato máximo: 608 fardos

Rango de datos: $608 - 525 = 83$

Cantidad de datos: 12

Número de clases = $\sqrt{12} = 3,46 = 4$

Longitud de clase = $83/4 = 20,75$

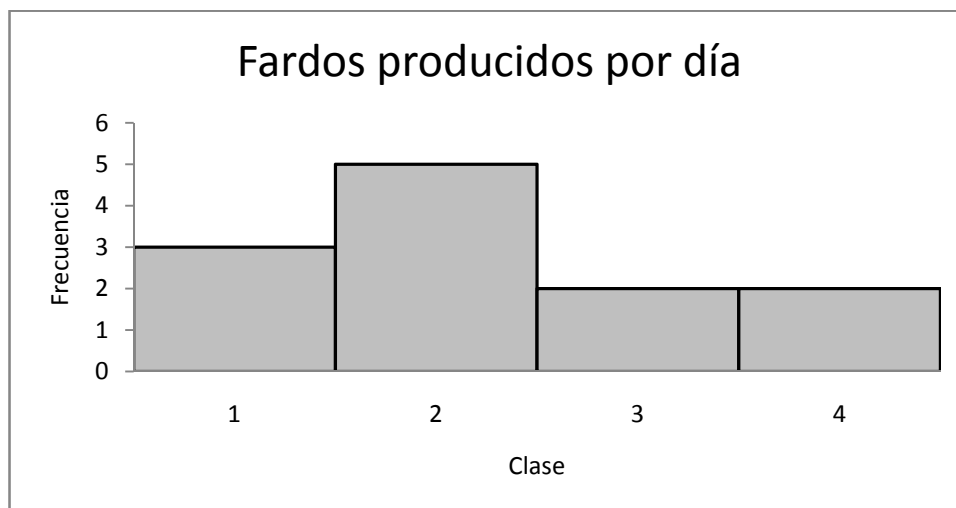
Tabla XXXI. **Tabla de frecuencia**

Tabla de frecuencia

Clase	Intervalo		Frecuencia	Frecuencia relativa
1	525,00	545,75	3	25%
2	545,75	566,50	5	42%
3	566,50	587,25	2	17%
4	587,25	608,00	2	17%

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Histograma de fardos producidos por día**



Fuente: elaboración propia.

En base al histograma de fardos producidos por día, se determina que la tendencia central está en el rango de la clase 2, por lo tanto, es importante realizar la ampliación del túnel de enfriamiento II, para incrementar la producción de la línea y mantenerla arriba del 85% de eficiencia que es la meta que tiene la empresa para otorgarse el bono por KGP (kilogramos producidos).

3.3. Diagramas de procesos mejorados

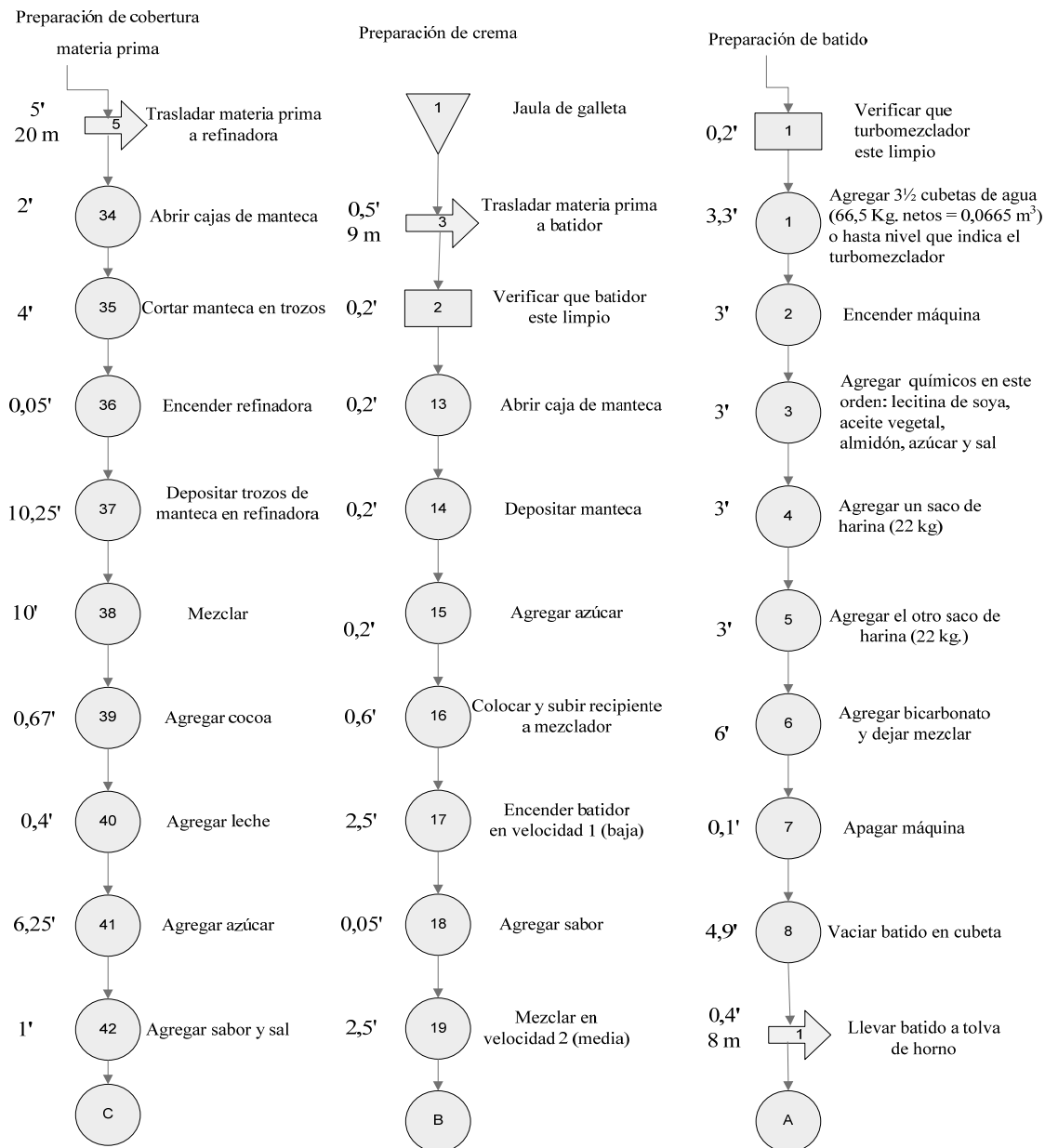
Con la prolongación del túnel de enfriamiento II, se aumenta el tiempo de permanencia de la galleta en el túnel, logrando endurecer la cobertura de chocolate de la galleta sin ningún problema, por lo tanto, se puede aumentar la velocidad de la banda y de las cavannas. Entonces, el cuello de botella ya no está en el túnel de galleta, entonces, se traslada a la cavanna. A continuación se presenta los diagramas de procesos mejorados con la ampliación del túnel de enfriamiento II.

Figura 25. Diagrama de flujo del proceso mejorada

Diagrama de flujo del proceso
D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 1/4
Fecha: 04/06/2010
Método: Mejorado
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

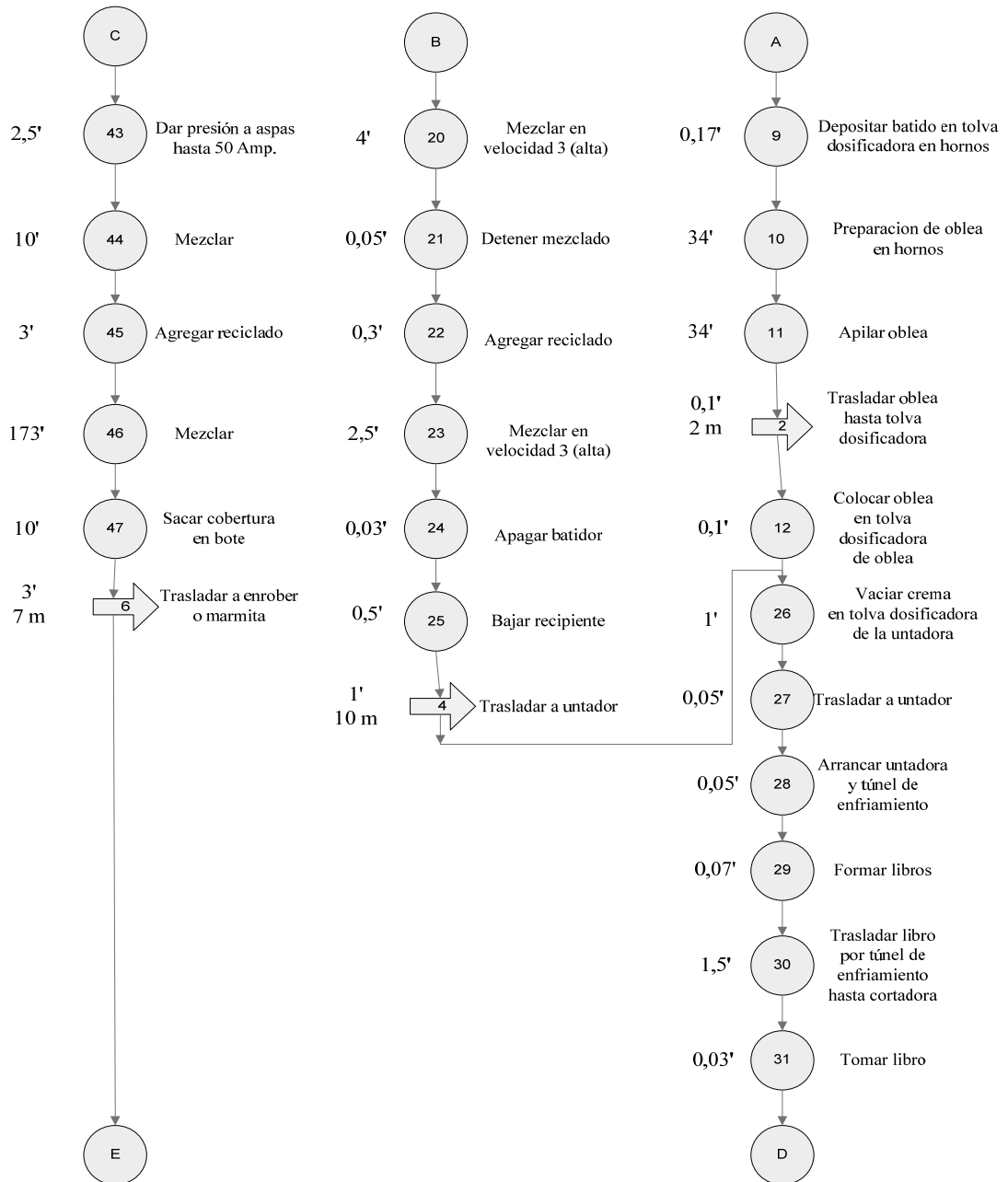


Continuación figura 25

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 2/4
 Fecha: 04/06/2010
 Método: Mejorado
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

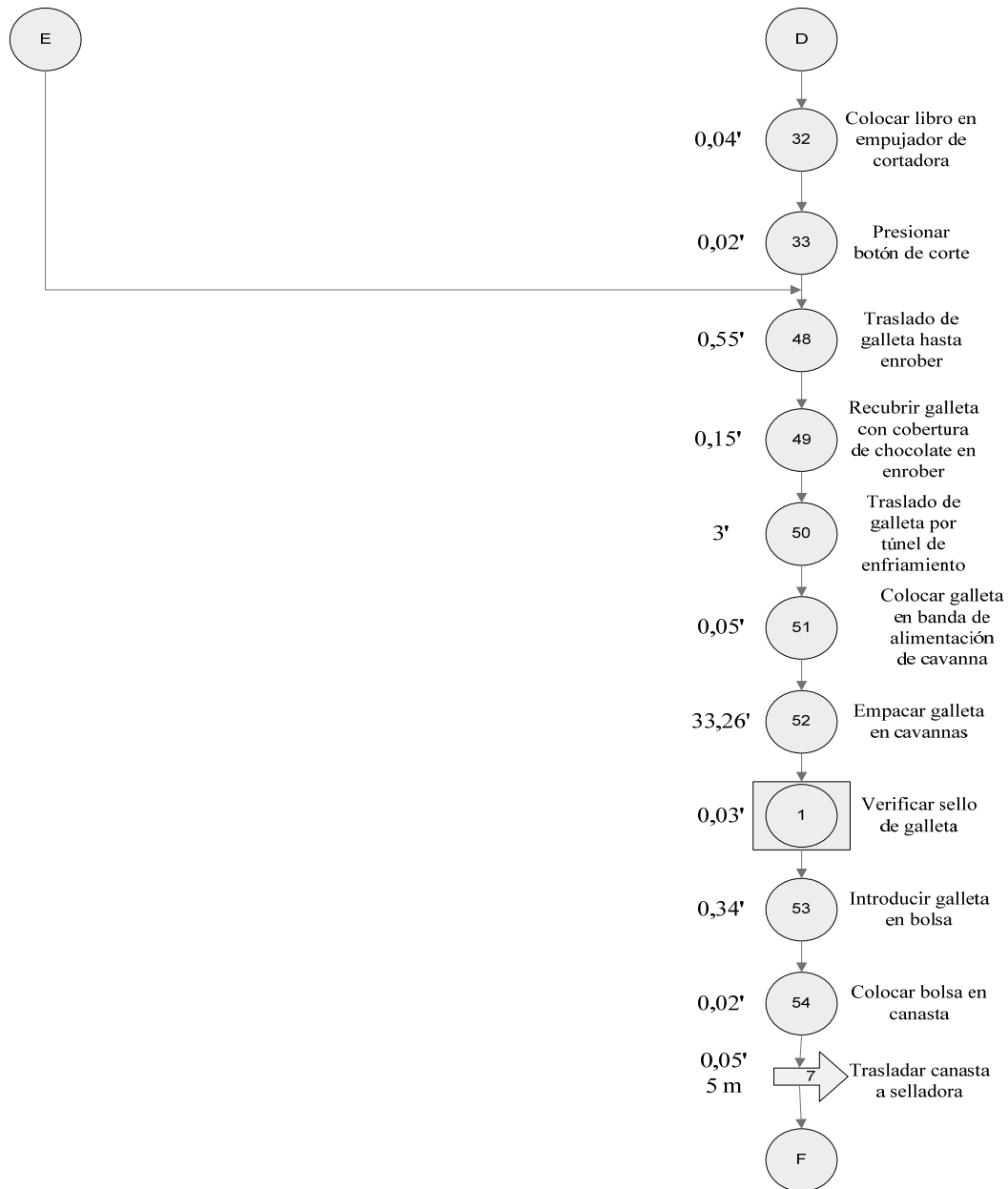


Continuación figura 25

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 3/4
 Fecha: 04/06/2010
 Método: Mejorado
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

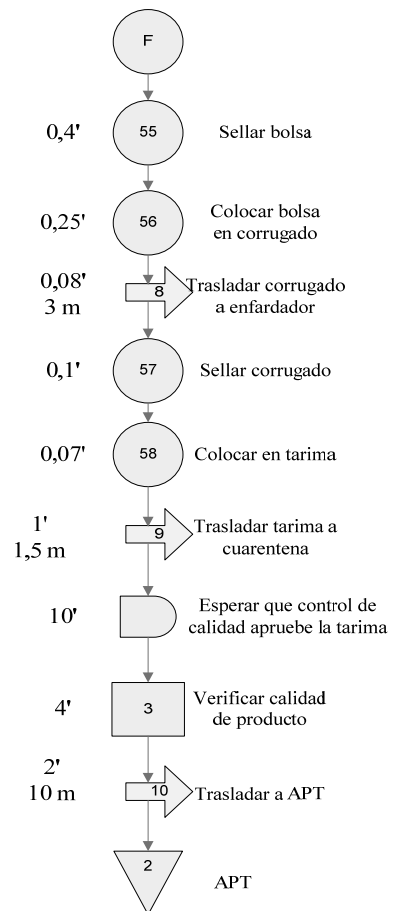


Continuación figura 25

Diagrama de flujo del proceso D.F.P.

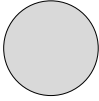

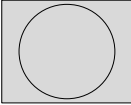
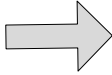


Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Area: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 4/4
Fecha: 04/06/2010
Método: Mejorado
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)



Continuación figura 25

Resumen

Símbolo	Actividad	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
	Operación	58	---	372,84
	Inspección	3	---	4,4
	Combinada	1	---	0,03
	Transporte	10	61,5	13,13
	Demora	1	---	10
	Almacenaje	2	---	---
Totales		75	61,5	400,4

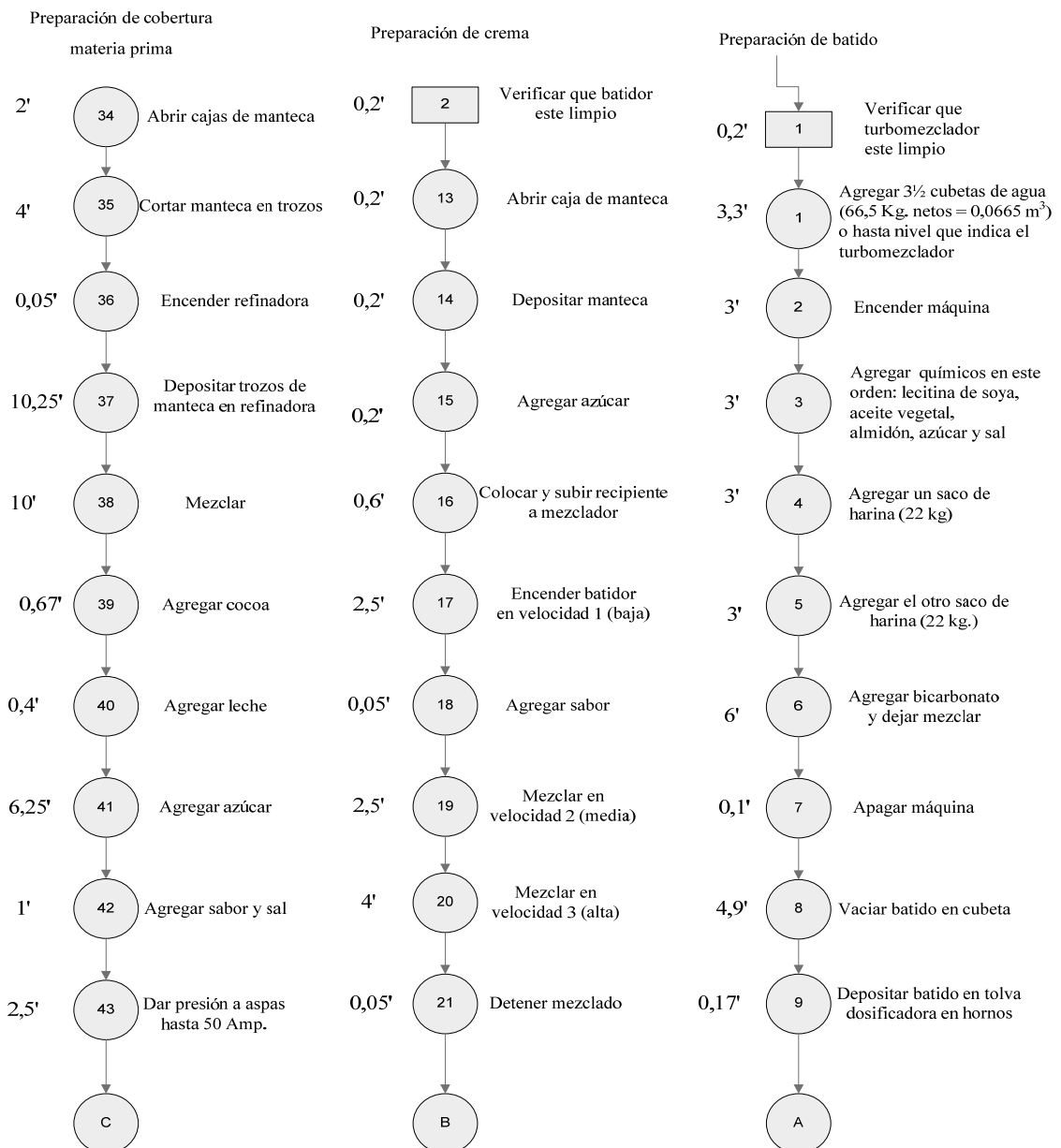
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de operaciones del proceso

Diagrama de operaciones del proceso
D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 1/4
Fecha: 04/06/2010
Método: Mejorado
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

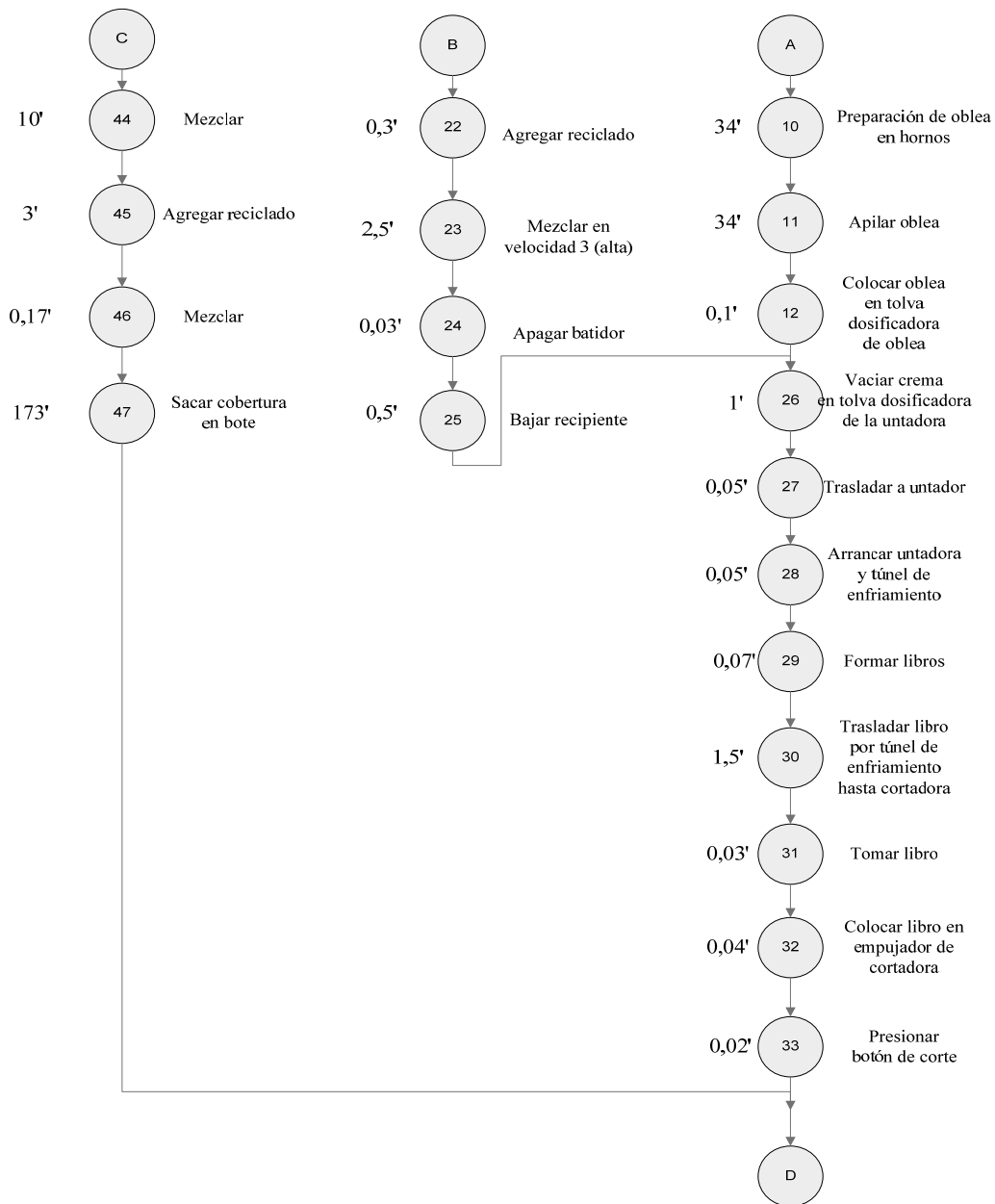


Continuación figura 26

Diagrama de operaciones del proceso
D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 2/4
 Fecha: 04/06/2010
 Método: Mejorado
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

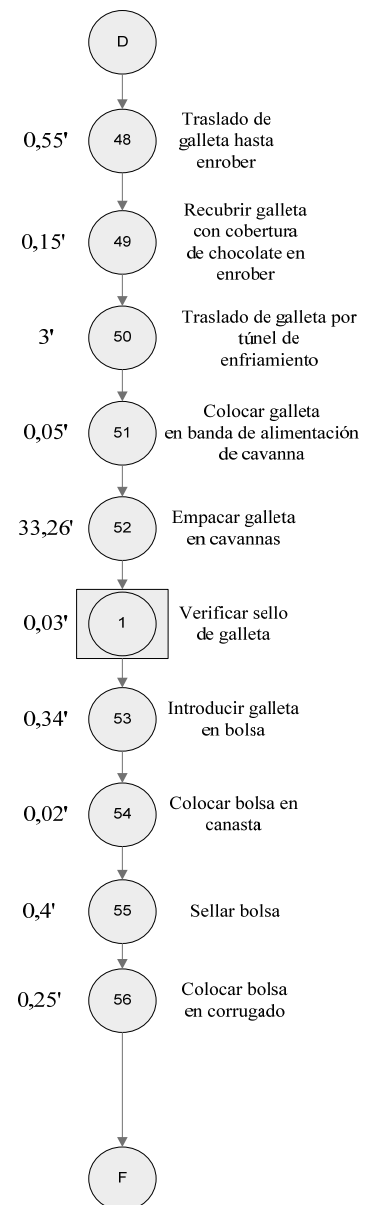


Continuación Figura 26

Diagrama de operaciones del proceso D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
Proceso: Elaboración de galleta
Departamento: Producción
Área: Galleta
Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 3/4
Fecha: 04/06/2010
Método: Mejorado
Realizado por: Danilo Salazar
Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)

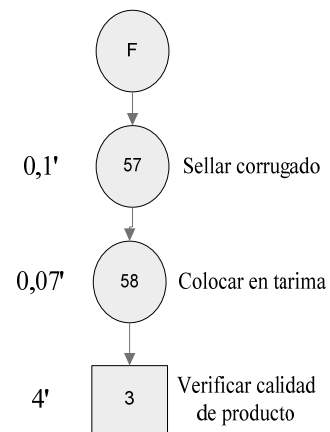


Continuación figura 26

Diagrama de operaciones del proceso D.O.P.

Empresa: Industria Procesadora de Guatemala (NIASA)
 Proceso: Elaboración de galleta
 Departamento: Producción
 Área: Galleta
 Inicio: Jaula de galleta

Hoja: 4/4
 Fecha: 04/06/2010
 Método: Mejorado
 Realizado por: Danilo Salazar
 Finalizó: Almacén de producto terminado (APT)



Resumen

Símbolo	Actividad	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
	Operación	58	---	372,84
	Inspección	3	---	4,4
	Combinada	1	---	0,03
Totales		62	---	377,27

Fuente: elaboración propia.

3.4. Balance de línea

Para realizar el balance de la línea, debe tomarse la operación más lenta para determinar la capacidad de producción y con la prolongación del túnel de enfriamiento II, la operación más lenta son las cavannas, por lo que en base a ellas se realiza el balance de línea.

3.4.1. Capacidad de producción

La capacidad de producción que tiene la línea de galleta luego de la remodelación, es la siguiente:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{Galletas}/\text{min operación mas lenta} \times 60 \text{ min}/\text{hr}}{\text{Presentación de producto}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{180 \text{ Galletas}/\text{min} \times 2 \text{ cavannas} \times 60 \text{ min}/\text{hr}}{24 \times 24}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{180 \text{ Galletas}/\text{min} \times 2 \text{ cavannas} \times 60 \text{ min}/\text{hr}}{24 \text{ bolsas} \times 24 \text{ galletas}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = 37,5 \text{ fardos/hora}$$

3.4.2. Cuello de botella

El cuello de botella de la línea de galleta se traslada a las cavannas al realizar la prolongación del túnel de enfriamiento II, por lo que la operación más lenta tiene un tiempo de 33,26 minutos por *batch* de galleta bandido 13 gramos.

3.4.3. Cantidad de operarios que se requieren en el proceso

Para la propuesta de mejora se necesita la misma cantidad de operarios para la línea.

Tabla XXXII. Cantidad de operarios en línea de galleta

No.	Puesto	No. operarios
1	Encargado de turno	1
2	Operario de batidos	1
3	Operario de hornos	1
4	Operario de untadora	1
5	Operario de cortadora	1
6	Alimentadora de cavannas	2
7	Operadora de cavannas	2
8	Empacadoras	6
9	Enfardadores	2
10	Triturador	1
Total		18

Fuente: elaboración propia.

3.5. Determinar la cantidad de materia prima necesaria para la producción diaria

$$\text{Batch a pedir} = \frac{37,5 \frac{\text{fdos}}{\text{hr}} \times 0,85 \times 35 \text{ hr}}{20,79 \frac{\text{fdos}}{\text{batch}}} - \text{Inv. en area}$$

$$\text{Batch a pedir} = 54 \text{ batch} - \text{Inv. en area}$$

Se debe pedir 54 *batch* para producir durante 35 horas. Para conocer la cantidad óptima de los *batch* a pedir, solamente se debe de restar la cantidad de *batch* que se tienen en inventario.

3.6. Productividad luego de propuesta

Tabla XXXIII. **Cálculo de productividad luego de propuesta**

Descripción	Valor	Dimensional
Capacidad de producción	37,5	Fardos/hora
Cantidad de operarios en el proceso	18	Operarios
Tiempo de producción	1	Hora
Cantidad de horas-hombre/tiempo de producción	18	Horas-hombre
Productividad luego de propuesta	2,08	Fardos / hora-hombre
Productividad actual	1,62	Fardos / hora-hombre
Porcentaje de incremento en productividad	28,6	%

Fuente: elaboración propia.

La productividad luego de la propuesta es de 2,08 fardos/hora-hombre, por lo tanto, incrementa 28,6% respecto a la productividad actual luego de ejecutar la ampliación del túnel de enfriamiento II.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE GALLETA

4.1. Implementación de remodelación

Para realizar el proyecto de ampliación del túnel de enfriamiento II en el área de galleta se debe de tener disponible 15,75 días hábiles. A continuación se detalla las actividades y duración de cada una de ellas para cumplir en el tiempo programado:

Tabla XXXIV. Programa de actividades para remodelación de área de galleta

Descripción	Comienzo	Fin	Duración (días)	Responsable
Remodelación área de galleta	02/08/2010	02/09/2010	15,75	
<i>Layout</i> equipos	02/08/2010	04/08/2010	2	Danilo Salazar
Remoción de equipos fuera de uso	02/08/2010	04/08/2010	2	Mantenimiento
Túnel de enfriamiento	02/08/2010	04/08/2010	2	Mantenimiento
Seccionado	02/08/2010	04/08/2010	2	Mantenimiento
<i>Layout</i> general de servicios	05/08/2010	02/09/2010	13,75	Danilo Salazar
Electricidad	05/08/2010	05/08/2010	0,25	Danilo Salazar
Aire comprimido	05/08/2010	05/08/2010	0,25	Danilo Salazar
LPG	05/08/2010	05/08/2010	0,25	Danilo Salazar
Hornos	05/08/2010	31/08/2010	12,25	
Movimiento físico	05/08/2010	12/08/2010	3,75	
Marcar áreas de acuerdo a <i>layout</i>	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Mantenimiento
Contratación de empresa para movimiento	05/08/2010	10/08/2010	2	Mantenimiento
Desconexión de suministros	10/08/2010	11/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Desconexión de chimeneas	11/08/2010	11/08/2010	0,25	Calderas de Centro América

Continuación tabla XXXII

Descripción	Comienzo	Fin	Duración (días)	Responsable
Movimiento	11/08/2010	12/08/2010	1	CANIZ
Pintura de hornos	13/08/2010	24/08/2010	5	PROANTI
Línea de gas	05/08/2010	25/08/2010	9,75	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Solicitud de materiales	06/08/2010	06/08/2010	0,25	Calderas de Centro América
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación	13/08/2010	24/08/2010	5	Calderas de Centro América
Prueba de fugas	24/08/2010	25/08/2010	1	Calderas de Centro América
Línea de extracción de vahos	05/08/2010	31/08/2010	12,25	
Rediseño de chimeneas con salida hacia la pared	05/08/2010	17/08/2010	5,25	Calderas de Centro América
Consulta a <i>Hass</i>	05/08/2010	05/08/2010	0,25	Calderas de Centro América
Fabricación de extensión de chimeneas	05/08/2010	17/08/2010	5	Calderas de Centro América
Traslado de estructuras con soportes adecuados	17/08/2010	20/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación de chimeneas	20/08/2010	31/08/2010	5	Calderas de Centro América
Línea de aire comprimido	05/08/2010	19/08/2010	6,75	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Solicitud de materiales	06/08/2010	06/08/2010	0,25	Calderas de Centro América
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación de chimeneas	13/08/2010	17/08/2010	2	Calderas de Centro América
Prueba de fugas	18/08/2010	19/08/2010	1	Calderas de Centro América
Instalación eléctrica	05/08/2010	20/08/2010	7,75	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	ESINSA
Solicitud de materiales	06/08/2010	06/08/2010	0,25	ESINSA
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	ESINSA
Instalación	13/08/2010	20/08/2010	4	ESINSA
Turbomezclador	09/08/2010	31/08/2010	11	
Desconexión eléctrica	09/08/2010	09/08/2010	0,5	ESINSA
Traslado de panel eléctrico	09/08/2010	10/08/2010	0,5	ESINSA
Cableado y conexión	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Batidoras	09/08/2010	31/08/2010	11	
Desconexión eléctrica	09/08/2010	09/08/2010	0,5	ESINSA
Traslado de panel eléctrico	09/08/2010	10/08/2010	0,5	ESINSA
Cableado y conexión	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Trituradora	09/08/2010	31/08/2010	11	

Continuación tabla XXXII

Descripción	Comienzo	Fin	Duración (días)	Responsable
Desconexión eléctrica	09/08/2010	09/08/2010	0,5	ESINSA
Traslado de panel eléctrico	09/08/2010	10/08/2010	0,5	ESINSA
Cableado y conexión	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Untadora de crema y túnel I	05/08/2010	01/09/2010	12,5	
Instalación eléctrica	05/08/2010	01/09/2010	12,5	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	ESINSA
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	ESINSA
Instalación	11/08/2010	01/09/2010	10	ESINSA
Aire comprimido	05/08/2010	01/09/2010	12,5	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación	11/08/2010	01/09/2010	10	Calderas de Centro América
Desconexión de servicios	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Traslado físico	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Conexión de servicios	11/08/2010	01/09/2010	10	Calderas de Centro América
Cortadora, enrober y túnel II	05/08/2010	02/09/2010	13,5	
Instalación eléctrica	05/08/2010	01/09/2010	12,5	ESINSA
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	ESINSA
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	ESINSA
Instalación	11/08/2010	01/09/2010	10	ESINSA
Aire comprimido	05/08/2010	01/09/2010	12,5	
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación de chimeneas	11/08/2010	01/09/2010	10	Calderas de Centro América
Desconexión de servicios	05/08/2010	09/08/2010	1,5	América
Traslado físico	09/08/2010	12/08/2010	2	Mantenimiento
Prolongación de túnel II	12/08/2010	19/08/2010	3	MEFRIGUA
Conexión de servicios	19/08/2010	02/09/2010	7	Calderas de Centro América
Empacadoras cavannas	05/08/2010	31/08/2010	12	
Desconexión	05/08/2010	06/08/2010	1	Mantenimiento
Movimiento físico	06/08/2010	10/08/2010	1	Mantenimiento
Instalación eléctrica	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Conexión de aire comprimido	10/08/2010	16/08/2010	3	Calderas de Centro América
Transportadores	05/08/2010	01/09/2010	13	
Desconexión eléctrica	05/08/2010	06/08/2010	1	ESINSA

Continuación tabla XXXII

Descripción	Comienzo	Fin	Duración (días)	Responsable
Traslado de equipo	06/08/2010	10/08/2010	1	Mantenimiento
Cableado y conexión	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Pruebas en vacío	31/08/2010	01/09/2010	1	ESINSA
Selladora <i>Doboy</i>	05/08/2010	27/08/2010	10,75	
Desconexión eléctrica	05/08/2010	05/08/2010	0,25	ESINSA
Traslado de equipo	05/08/2010	06/08/2010	0,25	Mantenimiento
Cableado y conexión	06/08/2010	27/08/2010	10	ESINSA
Pruebas en vacío	27/08/2010	27/08/2010	0,25	ESINSA
Enfardadora	05/08/2010	27/08/2010	10,75	
Desconexión eléctrica	05/08/2010	05/08/2010	0,25	ESINSA
Traslado de equipo	05/08/2010	06/08/2010	0,25	Mantenimiento
Cableado y conexión	06/08/2010	27/08/2010	10	ESINSA
Pruebas en vacío	27/08/2010	27/08/2010	0,25	ESINSA
Refinadora	05/08/2010	01/09/2010	12,5	
Sistema de recirculación de agua	05/08/2010	19/08/2010	6,5	
Cambio de tubería PVC a HG	05/08/2010	19/08/2010	6,5	Calderas de Centro América
<i>Layout</i>	05/08/2010	05/08/2010	0	Danilo Salazar
Listado de materiales	05/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Solicitud de materiales	06/08/2010	06/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Compra de materiales	06/08/2010	11/08/2010	2	Calderas de Centro América
Instalación	11/08/2010	18/08/2010	3	Calderas de Centro América
Prueba de fugas	18/08/2010	19/08/2010	0,5	Calderas de Centro América
Desconexión eléctrica	05/08/2010	06/08/2010	0,5	ESINSA
Traslado de equipo	06/08/2010	09/08/2010	0,5	Mantenimiento
Cableado y conexión	09/08/2010	30/08/2010	10	ESINSA
Pruebas en vacío	30/08/2010	01/09/2010	1	ESINSA
Pintura de máquina	09/08/2010	16/08/2010	1	PROANTI
Marmitas	05/08/2010	01/09/2010	13	
Modificación de estructura	05/08/2010	16/08/2010	5	Mantenimiento
Desconexión eléctrica	05/08/2010	06/08/2010	1	ESINSA
Traslado de equipo (montaje de estructura)	06/08/2010	10/08/2010	1	Mantenimiento
Cableado y conexión	10/08/2010	31/08/2010	10	ESINSA
Pruebas en vacío	31/08/2010	01/09/2010	1	ESINSA
Pintura de maquina	10/08/2010	16/08/2010	1	PROANTI
Mesas de empaque	05/08/2010	06/08/2010	1	Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Evaluación de proveedores

Los factores que se consideraron para evaluar y elegir al proveedor responsable de algunas tareas en la remodelación fue: experiencia, costo y crédito. A continuación se presenta la ponderación que tiene cada factor para la nota final que tendrá el proveedor:

Tabla XXXV. **Ponderación de factores para evaluación de proveedores**

Ponderación de factores			
Experiencia	Costo	Crédito	Total
20%	60%	20%	100%

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta los proveedores evaluados para las distintas actividades que se deben de realizar para la propuesta de mejora.

Tabla XXXVI. Evaluación de proveedores

Evaluación de proveedores						
Redistribución eléctrica						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
MEFRIGUA	Redistribución eléctrica	97 762,05	60%	85%	95%	82%
ESINSA	Redistribución eléctrica	94 974,85	90%	95%	100%	95%
Instalación de tubería de gas, aire comprimido y agua						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
SOLUCIONES, S.A.	Instalación de tubería de gas, aire comprimido y agua	13 346,77	90%	80%	95%	85%
Calderas de Centro América	Instalación de tubería de gas, aire comprimido y agua	11 500,00	90%	95%	90%	93%
SIMMEC	Instalación de tubería de gas, aire comprimido y agua	13 175,80	90%	83%	95%	87%
Iluminación						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
ESINSA	Instalación de iluminación	10 448,66	100%	95%	100%	97%
Prolongación de túnel						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
MEFRIGUA	Expansión de túnel	88 675,00	90%	95%	95%	94%
Movimiento de hornos						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
CANIZ	Movimiento interno de hornos	8 800,00	100%	90%	95%	93%
Desmontaje y montaje de chimeneas						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
THALEX	Desmontaje y montaje de chimeneas	15 917,25	95%	95%	100%	96%
Calderas de Centro América	Desmontaje y montaje de chimeneas	15 000,00	95%	100%	100%	99%
Desmontaje y montaje de chimeneas						
Proveedor	Descripción de trabajo	Valor (Q)	Experiencia	Costo	Crédito	Total
Tiendas Sur Color	Pintura de máquina	12 197,04	95%	90%	100%	93%
PROANTI	Pintura de máquina	9 600,00	90%	100%	100%	98%

Fuente: elaboración propia.

Los proveedores que obtuvieron la mejor nota en cada tipo de actividad, es la seleccionada para realizar el trabajo.

4.1.2. Duración de remodelación

La remodelación en el área de galleta dura 15,75 días hábiles. Para cumplir con este tiempo, se debe cumplir con el programa de actividades que se presenta en el inciso 4.1.

4.1.3. Análisis de costos

Luego de seleccionar a los proveedores, se hace un consolidado de toda la inversión que se debe tener para realizar este proyecto de remodelación. El análisis de costos será de mucha utilidad para realizar el análisis financiero.

Tabla XXXVII. Costo de remodelación

Costo de remodelación		
Proveedor	Descripción	Costo (Q)
ESINSA	Redistribución eléctrica	94 974,85
Calderas de Centro América	Instalación de tubería de gas, aire comprimido y agua	11 500,00
ESINSA	Instalación de iluminación	10 448,66
MEFRIGUA	Expansión de túnel	88 675,00
CANIZ	Movimiento interno de hornos	8 800,00
Calderas de Centro América	Desmontaje y montaje de chimeneas	15 000,00
PROANTI	Pintura de máquina	9 600,00
Industria Procesadora de Guatemala S.A.	Costo de mantener improductiva la línea durante el tiempo de remodelación	116 640,00
	Costo total de la remodelación	355 638,51

Fuente: elaboración propia.

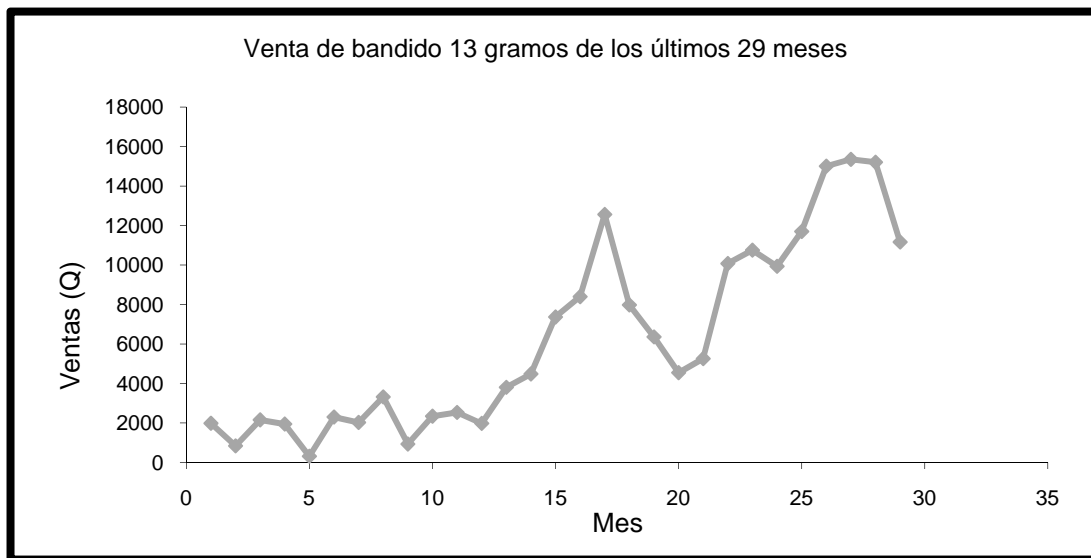
4.2. Análisis financiero de la remodelación

Es importante realizar un análisis financiero de esta propuesta de mejora para determinar si es factible la remodelación.

4.2.1. Pronóstico de ventas

Se grafica el historial de ventas de los últimos 29 meses para determinar por medio del comportamiento de la gráfica, que tipo de demanda es la más adecuada para realizar el pronóstico.

Figura 27. **Historial de ventas de los últimos 29 meses**



Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

En base a la gráfica se puede determinar que es una demanda cíclica ascendente, por lo que se hace el pronóstico de ventas en base a este tipo de demanda.

Figura 28. **Análisis por medio de la demanda cíclica**

Mes	#	Ventas		Ventas		Ventas	
		1	#	2	#	3	
Enero	1	1 984	13	3 807	25	11 700	
Febrero	2	840	14	4 482	26	15 010	
Marzo	3	2 156	15	7 370	27	15 356	
Abril	4	1 945	16	8 400	28	15 210	
Mayo	5	314	17	12 566	29	11 166	
Junio	6	2 301	18	7 980	30		
Julio	7	2 026	19	6 360	31		
Agosto	8	3 320	20	4 548	32		
Septiembre	9	934	21	5 259	33		
Octubre	10	2 343	22	10 076	34		
Noviembre	11	2 534	23	10 755	35		
Diciembre	12	1 978	24	9 936	36		

Xv1	6 299
-----	-------

Pendiente	87.00
-----------	-------

Mes	Nuevos					Pronóstico	Error	Error
	1	2	3	Xh	i			
Enero	1 897	2 676	9 525	4 700	0,94			
Febrero	666	3 264	12 748	5 560	1,11			
Marzo	1 895	6 065	13 007	6 989	1,40			
Abril	1 597	7 008	12 774	7 127	1,43			
Mayo	121	11 087	8 643	6 537	1,31			
Junio	1 779	6 414		4 097	0,82	7 776	204	204
Julio	1 417	4 707		3 062	0,61	6 540	-180	384
Agosto	2 624	2 808		2 716	0,54	6 186	-1 638	2 022
Septiembre	151	3 432		1 792	0,36	5 139	120	2 142
Octubre	1 473	8 162		4 818	0,96	9 006	1 070	3 212
Noviembre	1 577	8 754		5 166	1,03	9 533	1 222	4 434
Diciembre	934	7 848		4 391	0,88	8 676	1 260	5 694

Xv2=	4 994
------	-------

Fuente: elaboración propia.

Luego del análisis de la demanda cíclica ascendente, se presenta el pronóstico de ventas de los últimos meses del año 2010.

Tabla XXXVIII. Pronóstico de ventas en fardos

Pronóstico de Ventas (Fardos)	
Junio	7 776
Julio	6 540
Agosto	6 186
Septiembre	5 139
Octubre	9 006
Noviembre	9 533
Diciembre	8 676

Fuente: elaboración propia.

Actualmente el precio de venta del fardo de bandido 13 gramos es de Q.150,00. Se presenta a continuación, las ventas en dinero para los meses que se han pronosticado.

Tabla XXXIX. Pronóstico de ventas en quetzales

Mes	Ingreso (Quetzales)
Junio	1 166 400
Julio	981 000
Agosto	927 900
Septiembre	770 850
Octubre	1 350 900
Noviembre	1 429 950
Diciembre	1 301 400

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Valor presente neto (VPN)

Para realizar el análisis del valor presente neto, se debe conocer el costo de la remodelación, los ingresos y egresos que se tendrán en los meses en que se realice el valor presente neto (VPN). Por lo cuál, se muestra a continuación las ventas, el costo por producir la cantidad de fardos y la utilidad que se tiene por la producción de la galleta bandido 13 gramos.

Tabla XL. **Pronóstico de utilidades**

Mes	Venta (Q)	Costo (Q)	Utilidad (Q)
Junio	1 166 400	1 049 760	116 640
Julio	981 000	882 900	98 100
Agosto	927 900	835 110	92 790
Septiembre	770 850	693 765	77 085
Octubre	1 350 900	1 215 810	135 090
Noviembre	1 429 950	1 286 955	142 995
Diciembre	1 301 400	1 171 260	130 140

Fuente: elaboración propia.

La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) se calcula con la tasa de interés premio al riesgo, el cuál se ha establecido con el 10% y la tasa de inflación es de 3,57%.

$$\text{TMAR} = 10\% + 3,57\% + 10\% * 3,57\%$$

$$\text{TMAR} = 13,86\%$$

Conociendo la TMAR, las utilidades por mes de los próximos meses y la inversión por la remodelación que es de Q. 335 638,51, se procede a calcular el valor presente neto (VPN) para la remodelación del área de galleta.

$$\text{VPN} = -335\,638,51 + \frac{98\,100}{(1 + 0,1386)^1} + \frac{92\,790}{(1 + 0,1386)^2} + \frac{77\,085}{(1 + 0,1386)^3} + \frac{135\,090}{(1 + 0,1386)^4} + \frac{142\,995}{(1 + 0,1386)^5} + \frac{130\,140}{(1 + 0,1386)^6}$$

$$\text{VPN} = 89\,148,72$$

4.2.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Tabla XLI. **Flujo de efectivo**

Flujo de efectivo (Q)	
Inversión inicial	-335 638,51
Julio	98 100
Agosto	92 790
Septiembre	77 085
Octubre	135 090
Noviembre	142 995
Diciembre	130 140

Fuente: elaboración propia.

$$\text{TIR} = 22,33\%$$

Realizando el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) en hoja de Excel, se determina que la TIR es del 22,33%.

4.2.4. **Payback**

Para calcular el *payback*, se hace los siguientes cálculos:

Tabla XLII. **Valor presente neto (VPN) para n = 4 meses**

Flujo de efectivo (Q)	
Inversión inicial	-335 638,51
Julio	98 100
Agosto	92 790
Septiembre	77 085
Octubre	135 090

Fuente: elaboración propia.

$$\text{VPN} = -45\,304,91$$

Tabla XLIII. **Valor presente neto (VPN) para n = 5 meses**

Flujo de efectivo	
Inversión inicial	-335 638,51
Julio	98 100
Agosto	92 790
Septiembre	77 085
Octubre	135 090
Noviembre	142 995

Fuente: elaboración propia.

$$\text{VPN} = 29\,419,92$$

Teniendo un valor presente neto (VPN) positivo y un negativo con diferente período, se hace una interpolación para calcular el *payback*.

Tabla XLIV. **Cálculo de *payback***

Meses	VPN
4	-45 304,90
X	0
5	29 419,92

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Payback} = \frac{(0 - (-45\,304,9))(5 - 4)}{(29\,419,92 - (-45\,304,9))} + 4$$

$$\text{Payback} = 4,6 \text{ meses}$$

4.2.5. Punto de equilibrio

Se presenta a continuación, el costo fijo, el costo variable y el precio de venta de un fardo de bandido 13 gramos para realizar el análisis del punto de equilibrio.

Precio de venta: Q. 150,00

Costo fijo: Q. 91 200,00

Costo variable: Q.82,00

El volumen de ventas en fardos que la empresa debe de tener para no tener pérdidas ni ganancias, es el siguiente:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{91\,200}{150 - 82}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = 1341,17 \text{ fardos}$$

El ingreso de ventas que la empresa debe tener para no tener pérdidas ni ganancias, es el siguiente:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{91\,200}{1 - \frac{82}{150}}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{53}{1 - \frac{82}{150}}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \text{Q.}201\,176,47$$

4.3. Mejor aprovechamiento de libros

Con la propuesta de la nueva colocación del libro y reduciendo el largo de la galleta en 1,15 mm, se está obteniendo 48 galletas por libro y el desaprovechamiento del libro será solamente de 1,82%, por lo que con esta nueva posición, se está reduciendo el desperdicio en un 6,66 %. Para esta modificación, solo se necesita del apoyo de mantenimiento para que haga los ajustes necesarios en formatos y en cortadora.

4.3.1. Ajustes en cortadora

Los ajustes que se deben hacer en la cortadora para reducir el desperdicio es:

- Fabricar un empujador con 2 entradas donde pasan las cuchillas para que corte el libro solamente en 3 partes ya que actualmente lo corta en 4 partes.
- Modificar cuchillas del formato para el nuevo largo de la galleta sea 8,85 centímetros
- Ajustar guías por el cambio de posición del libro

4.4. Reducir riesgo de calidad de la materia prima

Mantener la calidad de la materia prima, es un factor que beneficia porque ayuda a reducir problemas en el proceso de elaboración de la galleta, por ejemplo: la untadora.

4.4.1. Evitar formación de grumos en azúcar refinada

La formación de grumos en azúcar ocasiona problemas en la untadora ya que tapa la salida de la crema en el rodillo untador y no logra untar uniformemente la oblea, esto ocasiona la generación de desperdicio en la cortadora.

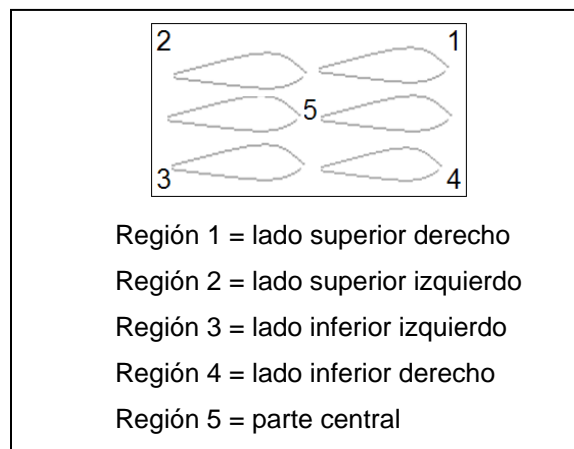
Por lo tanto, solo se está solicitando la cantidad necesaria de *batch* de galleta para evitar que el azúcar este demasiado tiempo en el tonel para que no se endurezca por la humedad del ambiente y forme grumos. En el inciso 3.5 se indica la cantidad óptima de *batch* a pedir por día.

4.5. Análisis semanal para determinar planchas de cocción a calibrar

Para mantener el espesor de 3 mm en todas las planchas de cocción, se debe realizar una verificación de espesores cada semana, y en base al análisis de espesor de cada región de las planchas de cocción de los hornos, se determina que planchas necesitan calibrarse.

Para la calibración solo se necesita que mantenimiento realice el ajuste necesario de las planchas descalibradas. Actualmente se ha realizado un análisis de todas las planchas de cocción y tomando como referencia el espesor teórico por oblea de 3mm, se presenta en forma resaltada en tabla las planchas de cada horno que necesitan en este momento calibrarse.

Figura 29. Diagrama de regiones en oblea



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Análisis espesor oblea horno 1**

Horno 1									
No. de oblea	Región (mm)					Promedio espesor por oblea	Espesor teórico por oblea	Desviación (+/-mm)	Variación (%)
	1	2	3	4	5				
1	2,9	2,8	3,1	3,1	2,7	2,92	3,00	0,06	1,94%
2	2,8	2,9	3,0	3,0	2,6	2,86	3,00	0,10	3,46%
3	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,06	3,00	0,04	1,39%
4	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	3,04	3,00	0,03	0,93%
5	2,9	2,9	3,1	3,1	2,9	2,98	3,00	0,01	0,47%
6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,02	3,00	0,01	0,47%
7	2,9	2,9	2,9	2,8	2,9	2,88	3,00	0,08	2,95%
8	3,1	3,0	3,1	3,3	3,0	3,10	3,00	0,07	2,28%
9	2,8	2,9	2,6	2,6	2,6	2,70	3,00	0,21	7,86%
10	2,9	2,5	2,5	2,8	2,5	2,64	3,00	0,25	9,64%
11	3,1	3,1	2,1	3,0	2,9	2,84	3,00	0,11	3,98%
12	2,9	2,3	2,8	3,1	2,6	2,74	3,00	0,18	6,71%
13	2,9	2,9	3,0	2,9	2,8	2,90	3,00	0,07	2,44%
14	2,9	3,0	3,0	3,0	2,9	2,96	3,00	0,03	0,96%
15	2,7	2,7	3,0	3,1	2,9	2,88	3,00	0,08	2,95%
16	2,9	2,8	2,8	2,8	2,6	2,78	3,00	0,16	5,60%
17	3,0	3,0	3,0	3,1	2,9	3,00	3,00	0,00	0,00%
18	2,8	2,8	2,9	2,9	2,7	2,82	3,00	0,13	4,51%
19	2,5	2,6	2,7	2,7	2,6	2,62	3,00	0,27	10,26%
20	3,1	3,0	2,8	3,0	2,7	2,92	3,00	0,06	1,94%
21	3,1	3,0	3,0	3,0	2,8	2,98	3,00	0,01	0,47%
22	2,9	3,0	2,8	2,8	2,7	2,84	3,00	0,11	3,98%
23	2,7	2,7	3,1	3,1	2,9	2,90	3,00	0,07	2,44%
24	2,9	3,0	2,9	2,9	2,8	2,90	3,00	0,07	2,44%
25	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,98	3,00	0,01	0,47%
26	3,1	3,0	3,2	3,1	3,0	3,08	3,00	0,06	1,84%
27	2,9	2,9	2,8	3,0	2,7	2,86	3,00	0,10	3,46%
28	2,8	3,0	3,1	2,9	2,8	2,92	3,00	0,06	1,94%
29	3,0	2,9	3,1	3,2	3,1	3,06	3,00	0,04	1,39%
30	3,0	3,0	2,8	3,1	2,9	2,96	3,00	0,03	0,96%
Promedio espesor por región (mm)	2,92	2,89	2,91	2,98	2,82	máximo permitido 6% de variación			
Desviación (+/- mm)	0,14	0,18	0,23	0,15	0,16				
Variación (%)	4,79%	6,19%	7,74%	5,06%	5,83%				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Análisis espesor oblea horno 2**

Horno 2									
No. de oblea	Región (mm)					Promedio espesor por oblea	Espesor teórico por oblea	Desviación (+/-mm)	Variación (%)
	1	2	3	4	5				
1	3,0	3,1	2,9	3,0	3,0	3,00	3,00	0,00	0,00%
2	2,9	3,2	3,0	3,1	2,6	2,96	3,00	0,03	0,96%
3	3,3	3,5	3,4	3,4	3,3	3,38	3,00	0,27	7,95%
4	2,9	2,8	3,0	3,0	2,9	2,92	3,00	0,06	1,94%
5	3,0	3,1	3,0	2,9	2,9	2,98	3,00	0,01	0,47%
6	3,0	2,9	3,0	3,1	3,1	3,02	3,00	0,01	0,47%
7	2,8	2,7	2,6	2,7	2,7	2,70	3,00	0,21	7,86%
8	3,0	3,1	3,1	3,2	3,0	3,08	3,00	0,06	1,84%
9	3,2	3,3	3,0	3,0	3,0	3,10	3,00	0,07	2,28%
10	2,7	2,9	2,7	2,8	2,5	2,72	3,00	0,20	7,28%
11	3,0	2,8	2,9	2,9	2,9	2,90	3,00	0,07	2,44%
12	3,0	2,9	3,0	3,1	2,7	2,94	3,00	0,04	1,44%
13	3,3	3,1	3,1	3,1	3,0	3,12	3,00	0,08	2,72%
14	2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	2,96	3,00	0,03	0,96%
15	2,7	2,9	3,0	2,7	2,9	2,84	3,00	0,11	3,98%
16	3,1	3,0	3,0	2,9	3,0	3,00	3,00	0,00	0,00%
17	3,2	3,4	3,5	3,5	3,4	3,40	3,00	0,28	8,32%
18	2,9	2,8	3,0	2,9	2,9	2,90	3,00	0,07	2,44%
Promedio espesor por región (mm)	2,99	3,03	3,01	3,01	2,93	máximo permitido 6% de variación			
Desviación (+/- mm)	0,18	0,22	0,20	0,21	0,22				
Variación (%)	5,89%	7,24%	6,73%	7,01%	7,48%				

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA PARA MANTENER MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO DE GALLETA

5.1. Análisis de indicadores de la línea

Para dar seguimiento a la mejora de la línea, se analizará cada mes el resultado del indicador de eficiencia, merma y reciclado para determinar si se cumple con las metas establecidas y si no fuera así, analizar las causas para tomar las acciones que se deban para corregir el problema. A continuación se presenta la meta que se tiene para los indicadores y como se está midiendo.

5.1.1. Eficiencia

La eficiencia de la línea es un factor importante que se debe medir porque en base a esta se hace el programa de despachos, por lo tanto, la meta que se debe cumplir es del 85% para entregar y enviar los pedidos en la fecha establecida en programa de despachos.

5.1.2. Merma

La merma que se genera en el proceso de galleta, debe de ser cuantificado para determinar si el proceso esta siendo productivo, la meta que se tiene para la merma es del 9%, pero conforme el comportamiento y el análisis de causas que se realizó, se propone que la meta para la merma sea del 7%.

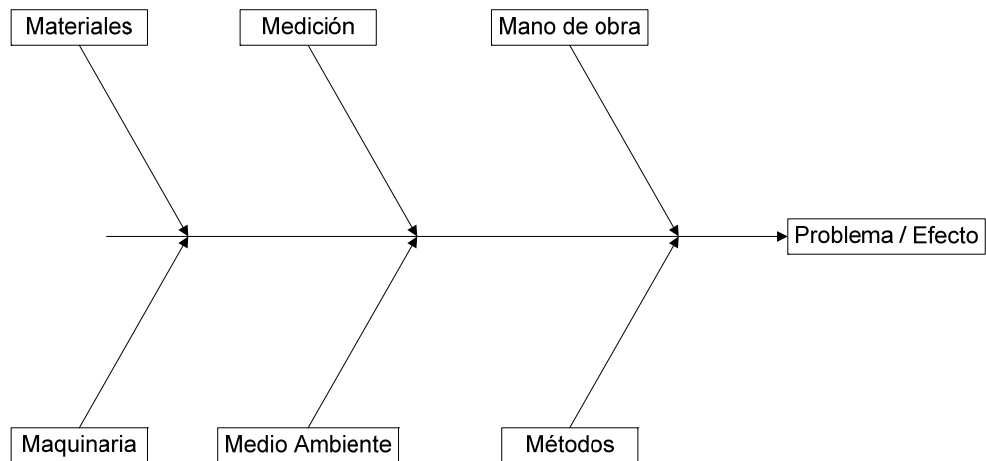
5.1.3. Reciclado

El reciclado es otro indicador que se debe cuantificar y analizar para determinar si el porcentaje que se genera en la línea es menor luego de la remodelación, la meta que se tiene es del 2%.

5.2. Análisis en diagrama de *Ishikawa* (causa y efecto)

Al momento que un indicador de la línea este fuera de meta, se debe de realizar un análisis de las causas que provocaron el incumplimiento de la meta, por lo que para este análisis se está utilizando el diagrama de Ishikawa para determinar las causas y tomar acciones para corregir lo más pronto posible el problema que ocasionó el incumplimiento de la meta.

Figura 30. Diagrama de *Ishikawa*



Fuente: elaboración propia.

5.3. Capacitación a personal operativo

Capacitar al personal operativo, ayuda a mejorar el desempeño del operario en su puesto de trabajo y por consiguiente aumenta la productividad del proceso, entonces se plantea los temas que son importantes que el personal operativo conozca según el puesto que desempeña.

5.3.1. Matriz de capacitación

Figura 31. **Matriz de capacitación**

Matriz de capacitación personal operativo galleta														
Temas de capacitación														
Puestos	Motivación del personal	Trabajo en equipo	Llenado de formatos	Empaque	Eficiencia y desperdicio	Seguridad industrial y rutas de evacuación	BPM's	Habilidades aritméticas	Exactitud de medidas y sus tolerancias	Conocimientos básicos de funcionamiento de máquinas	Conocimiento completo de la operación de máquinas	Cumplimiento de especificaciones	Inocuidad del producto	Productividad
Operador de cavannas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Operador de hornos	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Operador de batidos y cremas	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Operador de untadora	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Operador de cortadora	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alimentador	x	x			x	x	x					x	x	x
Empacadora	x	x		x	x	x	x	x				x	x	x
Enfardador	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Triturador	x	x			x	x	x					x	x	x

Fuente: Industria Procesadora de Guatemala S.A.

5.3.2. Frecuencia de capacitación

Las capacitaciones del personal operativo, se estará programando cada 6 meses o cuando fuere necesario para reforzar los conocimientos y habilidades que el operario necesita en el puesto de trabajo que desempeña en el área de galleta.

5.3.3. Evaluación de capacitación

Toda persona que sea capacitada, realiza una prueba antes y después de la capacitación para evaluar la efectividad de la capacitación y determinar si se alcanzó el objetivo de la capacitación.


5.4. Encuestas a personal operativo para nuevas propuestas de mejora en su operación

Es importante escuchar al personal operativo con las ideas o propuestas de mejoras que pueden tener en la máquina o actividad que realizan en el área, porque ellos son los que mejor conocen la operación que tienen bajo su cargo, por lo que pueden aportar propuestas de mejora.

5.4.1. Formato de encuesta

A continuación se muestra el formato de encuesta que se da al personal operativo para que aporte sus ideas de mejora o mejoras que han realizado pero no están documentadas.

Figura 32. Formado de encuesta

Industria Procesadora de Guatemala S.A.			
Encuesta para aportar ideas de mejoras	<small>Industria Procesadora de Guatemala, S.A.</small>		
1 ¿Que operación desempeña en la empresa?			
<hr/>			
2 Ha realizado alguna mejora en la operación.			
<table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table>		SI	NO
SI	NO		
3 ¿Qué hizo?			
<hr/>			
<hr/>			
4 Considera que su operación aún puede mejorar			
<table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table>		SI	NO
SI	NO		
5 ¿Qué necesita o se puede hacer para continuar mejorando la operación?			
<hr/>			
<hr/>			
7 ¿Qué beneficio se tendrá con la mejora que propone?			
<hr/>			
<hr/>			
NOTA: su propuesta de mejora será analizada para determinar si se puede implementar en su operación			

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El análisis de las operaciones de la línea de galleta por medio de los diagramas del proceso, determinó que el cuello de botella de la línea de galleta; es el túnel de enfriamiento II debido a que su capacidad de enfriamiento ya no es suficiente para aumentar el ritmo de producción.
2. Se diseñó los planos de distribución de maquinaria, acometida eléctrica, tubería de gas y agua y el de iluminación para la remodelación.
3. La cantidad óptima de materia prima despachada en el área de galleta debe de ser 54 *batch* para trabajar 35 horas continuas. Se debe tomar en cuenta el inventario de materia prima que amanece del día anterior para restárselo a los 54 *batch* y sólo pedir la diferencia.
4. Para disminuir la cantidad de desperdicio, se debe ajustar la cortadora para lograr reducir en un 6,66% el desperdicio generado en esta operación.
5. Para realizar la planeación de la producción, se basa la producción en la meta que es el 85 % de la eficiencia, por lo tanto, la meta es de 31,875 fardos por hora al 85%, asimismo se estable el estándar de personal en 18 personas para mantener balanceada la línea de galleta.

6. En 4,6 meses se recupera la inversión de la remodelación del área de galleta por lo que es un proyecto factible.
7. Se debe de vender 1 341,17 fardos de galleta bandido 13 gramos para cubrir los costos y gastos del proceso.
8. La productividad del proceso cambia de 1,62 fardos/hora-hombre a 2.08 fardos/hora-hombre, entonces, incrementa 28,6% luego de la ampliación del túnel de enfriamiento II.

RECOMENDACIONES

1. Mantener balanceada la línea en todas sus estaciones de trabajo para evitar paros en cavannas.
2. Llevar un control de los fardos producidos por hora; para determinar si se esta cumpliendo con la meta del 85% de eficiencia, de lo contrario, tomar acciones inmediatas.
3. Continuar analizando las causas de generación de desperdicio para seguir reduciendo la cantidad de desperdicio generado y así aprovechar mejor las materias primas utilizadas para elaborar la galleta bandido 13 gramos.
4. Dar seguimiento a mejoras que se puedan efectuar en el área de galleta para continuar aumentando la productividad del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRIOLLO GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
2. ESTRADA ESTRADA, Marisol. “Diseño de un programa para aumentar la capacidad de producción de un producto líder en una industria alimenticia”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 229 p.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1997. 421 p.
4. HIDALGO GONZALEZ, Hugo. “Mejora de la productividad de una línea de fabricación de chocolates en una industria alimenticia”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 175 p.
5. MAZARIEGOS MOLINA, Pablo José. “Estudio de tiempos para la elaboración de los diagramas de proceso (DFP, DOP y DRP) de las líneas de producción de bombón, dulce y paleta en la fábrica de productos La Sultana”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 202 p.

6. MURALLES CARCAMO, Mario Moisés. “Disminución de desperdicio de materiales de empaque en envases de vidrio”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 114 p.
7. NIEBEL, Benjamín; Andris Freivalds. *Ingeniería industrial, método, tiempos y movimientos*. 9a ed. México: Alfaomega, 1996. 745 p.
8. PAMAL VILLANUEVA, María José. “Diseño, desarrollo e implementación de Procedimientos de trabajo para una planta procesadora de alimentos”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 155 p.
9. SANTIZO CORZO, Alan Osberto. “Estudio y propuesta del mejoramiento de operación del proceso productivo de un aserradero”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 145 p.

ANEXOS

Luminarias propuestas por ESINSA para colocar en el área de galleta.

Descripción Espacio 1

Elementos de luminarias y del espacio

Datos de luminarias:

Tipo Cant. Producto

1	9	SLI Lighting COSTA RICA
		Nº de artículo : 400-EP-48-4X54 T5 HO
		Nombre de la lum. : FLUORESCENT HIGH BAY
		Equipamiento : 4 x PENTRON Fluorescente 48" HO 0 W / 5000 lm

Nº	Centro			Ángulo de rotación alrededor de			Coordenadas del objetivo		
	X [m]	Y [m]	Z [m]	Z [°]	C0 [°]	C90 [°]	Xa [m]	Ya [m]	Za [m]
SLI Lighting COSTA RICA FLUORESCENT HIGH BAY 400-EP-48-4X54 T5 HO									
1.1	5.00	2.00	3.90	270.00	0.00	0.00	5.00	2.00	0.00
1.2	15.00	2.00	3.90	270.00	0.00	0.00	15.00	2.00	0.00
1.3	25.00	2.00	3.90	270.00	0.00	0.00	25.00	2.00	0.00
1.4	5.00	6.00	3.90	270.00	0.00	0.00	5.00	6.00	0.00
1.5	15.00	6.00	3.90	270.00	0.00	0.00	15.00	6.00	0.00
1.6	25.00	6.00	3.90	270.00	0.00	0.00	25.00	6.00	0.00
1.7	5.00	10.00	3.90	270.00	0.00	0.00	5.00	10.00	0.00
1.8	15.00	10.00	3.90	270.00	0.00	0.00	15.00	10.00	0.00
1.9	25.00	10.00	3.90	270.00	0.00	0.00	25.00	10.00	0.00

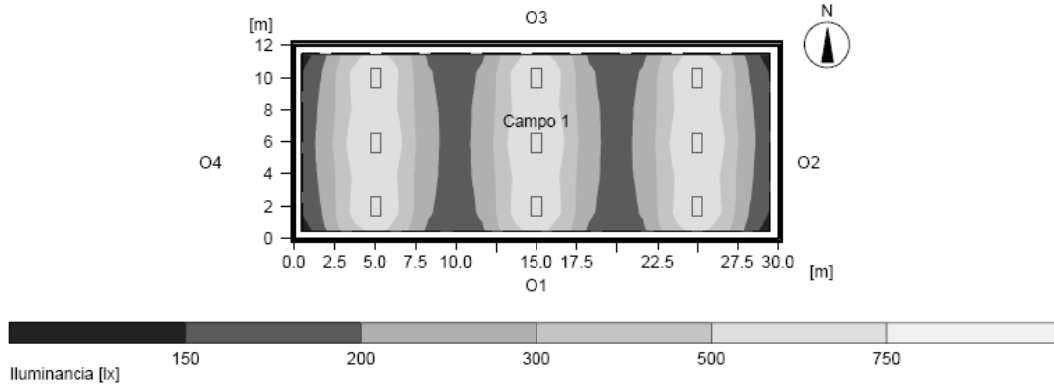
Elementos de diseño

Superficie virtual de medición

Nº	xm[m]	ym[m]	zm[m]	Longitud	Anchura	Eje-z	Ángulo de rotación	
							Eje-L	Eje-Q
Niv. útil 1	0.00	0.00	0.00	29.00	11.00	0.00	0.00	0.00

Resumen, Espacio 1

Síntesis de los resultados, Nivel útil 1



General

Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura de la superficie de valoración	0.90 m
Altura del nivel de luminarias	3.90 m
Factor de mantenimiento	0.67

Flujo luminoso total de todas las lámparas	180000 lm
Rendimiento global	2160 W
Rendim. total por superficie (360.00 m ²)	6.00 W/m ² (1.58 W/m ² /100lx)

Iluminancias

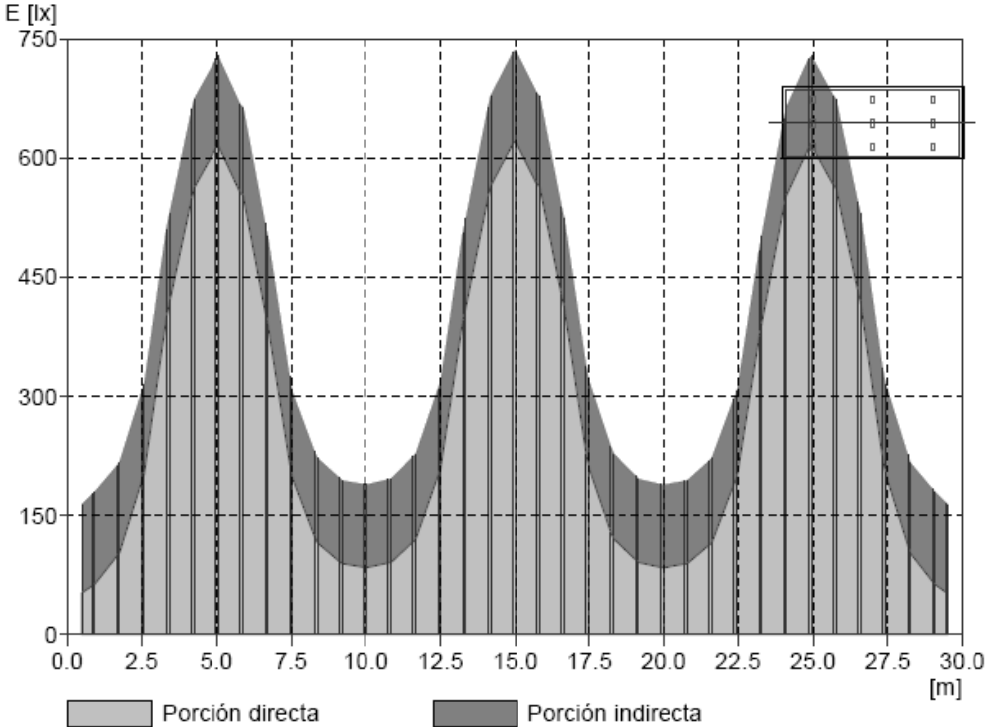
Iluminancia media	Em	379 lx
Iluminancia mínima	Emin	163 lx
Iluminancia máxima	Emax	750 lx:
Uniformidad g1	Emin/Em	1:2.32 (0.43)
Uniformidad g2	Emin/Emax	1:4.59 (0.22)

Tipo Cant. Producto

1	9	SLI Lighting COSTA RICA
		Nº de artículo : 400-EP-48-4X54 T5 HO
		Nombre de la lum. : FLUORESCENT HIGH BAY
		Equipamiento : 4 x PENTRON Fluorescente 48" HO 0 W / 5000 lm

Resultados del cálculo, Espacio 1

Sección longitudinal, Nivel útil 1 (E)



Resultados del cálculo, Espacio 1

Sección transversal, Nivel útil 1 (E)

