



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

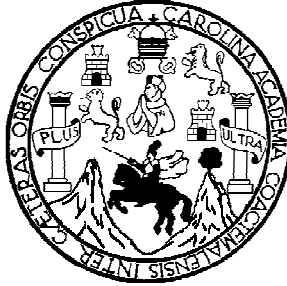
**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE EMPAQUE PARA EL  
PAN TIPO HAMBURGUESA ESPECIAL DE 5 PULGADAS**

**Oscar Orlando Centes Pineda**

Asesorado por: Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, octubre 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE EMPAQUE  
PARA EL PAN TIPO HAMBURGUESA ESPECIAL DE 5 PULGADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

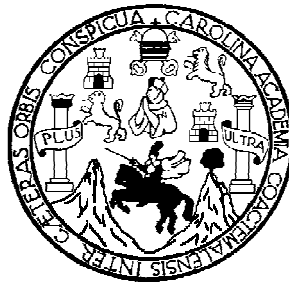
**OSCAR ORLANDO CENTES PINEDA**  
ASESORADO POR ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE EMPAQUE PARA EL PAN TIPO HAMBURGUESA ESPECIAL DE 5 PULGADAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en julio de 2003.

Oscar Orlando Centes Pineda

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- A DIOS** Ser supremo, por guiar mis pasos y por brindarme las oportunidades para alcanzar mis metas.
- Mi madre** Por el amor y el apoyo incondicional que siempre me ha brindado y creer en mí.
- Mi padre** Por sus consejos.
- Mi novia** Por la confianza, motivación y constante apoyo.
- A mi sobrino** Josué, por creer en mí.
- A mi facultad** Por todo lo que he aprendido dentro y fuera de sus aulas y por los gratos momentos de la vida estudiantil.
- Mis amigos y compañeros de estudio.**



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la empresa	1
1.1.1. Fundación	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Evaluación general de la planta	7
1.2. Clasificación según diseño	12
1.2.1. Tipo de edificio	12
1.2.2. Distribución de la planta	12
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>15</b>
2.1. Descripción del equipo utilizado en la fabricación del pan	15
2.2. Descripción del proceso	17
2.3. Diagrama de proceso del producto	20
2.3.1. Diagrama de operaciones	22
2.3.2. Diagrama de flujo de proceso	27
2.3.3. Diagrama de recorrido del proceso	34
2.4. Descripción de área y métodos de inspección	35

<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DEL EQUIPO A IMPLEMENTAR</b>	<b>39</b>
3.1.	Descripción de la máquina de empaque	39
3.1.1.	Equipo mecánico (cadenas, caja reductora, ejes, engranajes etc.)	39
3.1.2.	Equipo eléctrico (motor, contactor, relees, etc)	40
3.1.3.	Equipo electrónico (válvulas, encoder, sensores, etc)	43
3.1.4.	Equipo neumático (pistones, compresor, etc.)	44
3.2.	Diagrama eléctrico del funcionamiento de la máquina de empaque	45
3.3.	Ventajas de la implementación del sistema automático de empaque	48
3.4.	Distribución de maquinaria y equipo en el área de empaque	50
3.5.	Análisis de costo-beneficio	50
3.5.1.	Costo de la inversión	51
3.5.1.1.	Costo de repuestos	51
3.5.1.2.	Costo de mano de obra	53
3.5.2.	Costos de operación	53
3.5.3.	Valor presente neto	55
3.5.3.1.	Tasa interna de retorno	57
3.6.	Diagrama de recorrido del proceso en el área de empaque	60
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO AUTOMÁTICO</b>	<b>61</b>
4.1.	Método de control en el área de empaque	61
4.1.1	Gráficos de control	62
4.2.	Medición de la productividad	66
4.2.1.	Productividad de trabajo	66
4.3.	Balance de líneas	68
4.3.1.	Producción diaria	69



<b>5. SEGUIMIENTO</b>	73
5.1 Mantenimiento	73
5.1.1. Mantenimiento preventivo	75
5.1.2. Mantenimiento correctivo	76
5.2. Hojas del control de funcionamiento de la máquina	77
5.2.1. Revisión diaria	77
5.2.2. Revisión semanal	78
5.2.3. Revisión trimestral	79
5.3. Stock de repuestos	80
<b>CONCLUSIONES</b>	81
<b>RECOMENDACIONES</b>	83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	85



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Elementos de los diagramas de proceso	21
2.	Diagrama de operaciones del proceso	23
3.	Diagrama de flujo de operaciones	28
4.	Diagrama de recorrido	34
5.	Descripción del área de empaque	36
6.	Motor eléctrico	41
7.	Diagrama de un relee	42
8.	Transformador	42
9.	Diagrama eléctrico	46
10.	Diagrama de flujo de caja	58
11.	Diagrama de recorrido en el área de empaque	60
12.	Gráfico P	65
13.	Gráfico np	65

### TABLAS

I.	Grupos industriales	3
II.	Categorías industriales	4
III.	Matriz de localización industrial	5
IV.	Zonas de tolerancia industrial	6
V.	Velocidades de empaque	48
VI.	Lista de repuestos	52
VII.	Costo de M.O.I.	54
VIII.	Costo de mantenimiento	55
IX.	Cálculo del V.P.N.	56

X.	Datos de gráfico de control	63
XI.	Balance de líneas TE	70
XII.	Balance de líneas número de operadores reales	71
XIII.	Revisión diaria	77
XIV.	Revisión semanal	78
XV.	Revisión trimestral	79

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>kg.</b>	Kilogramos
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	Miligramos por metro cúbico
<b>°C.</b>	Grados centígrados
<b>M.P</b>	Materia prima
<b>min.</b>	Minutos
<b>P.T.</b>	Producto terminado
<b>mts.</b>	Metros
<b>R.P.M.</b>	Revoluciones por minuto
<b>H.P.</b>	Caballos fuerza
<b>lnlb.</b>	Libras por pulgada
<b>AC.</b>	Corriente alterna
<b>DC.</b>	Corriente directa
<b>mm.</b>	Milímetros
<b>M.O.D.</b>	Mano de obra directa
<b>M.O.I.</b>	Mano de obra indirecta
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b>VP</b>	Valor presente
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>VPeg.</b>	Valor presente egreso
<b>VPing.</b>	Valor presente ingreso
<b>I</b>	Interés

<b>P/A.</b>	Presente dado una anualidad
<b>P/F.</b>	Presente dado un futuro
<b>CTC.</b>	Control total de calidad
<b>np</b>	Número de defectos
<b>P</b>	Fracción defectuosa
<b>LSC.</b>	Límite superior de control
<b>LCC.</b>	Límite central de control
<b>LIC.</b>	Límite inferior de control

## GLOSARIO

<b>Batea</b>	Recipiente en el cual se deposita la mezcla de agua y harina. Tiene las siguientes medidas 1 metro de alto por 1.5 de largo y ancho.
<b>Canjilones</b>	Depósitos en forma de guacal en la cual transporta las bolas de masa.
<b>Cooler</b>	Transportadora que consta de una serie de cadenas en espiral, integrada por ganchos que permiten el flujo de aire ambiental para el enfriamiento natural del producto.
<b>Encoder</b>	Dispositivo electrónico que controla la apertura y cierre de las electro-válvulas.
<b>Modelo K</b>	Máquina que se utiliza para hacer bolas de masa en trozos iguales.
<b><i>Pan-o-Mat</i></b>	Máquina que consta de cadenas con canjilones.
<b><i>Proofer</i></b>	Cámara cerrada en la cual se crea un ambiente de temperatura y humedad controlada.





## RESUMEN

Para llevar a cabo una implementación es necesario conocer la empresa en la que se realizará, pues esta información nos detallará cómo está formada la planta y cuáles son los recursos que se tienen disponibles.

Conocida la descripción general de la planta, se procede a analizar las condiciones y procesos con los que cuenta la empresa. Para realizar dicho análisis fue necesario construir los diagramas de operaciones, flujo y recorrido, además de conocer los equipos y maquinaria que se utilizan en la fabricación del pan.

Luego se realizó un estudio de costo-beneficio, tomando en cuenta los costos inmediatos que intervienen en la implementación del equipo automático, entre éstos se pueden mencionar: costo de inversión, costo de repuestos, costo de mano de obra directo e indirecto y el costo de producción; lo anterior con el fin de determinar si el equipo a implementar tendría un impacto positivo, comparado con el método anterior.

Una vez puesto en marcha el equipo, se procedió a realizar la medición de productividad, verificando que el equipo implementado halla alcanzado las metas deseadas.

Y como toda maquinaria en funcionamiento necesita un seguimiento continuo, se estableció un sistema de verificación, el cual permite llevar un control del equipo implementado.



## **OBJETIVOS**

- **General**

Implementar un sistema automático de empaque, con el fin de lograr una mejor producción y calidad en la línea de empaque.

### **Específicos**

1. Establecer un proceso continuo en la línea de producción.
2. Determinar la eficiencia de la línea de producción mediante un balance de líneas.
3. Acoplar de una forma eficiente el nuevo sistema al proceso.
4. Reducir costos en la parte final del proceso.
5. Aprovechar de una manera mejor el espacio físico para facilitar el manejo de materiales.
6. Tener un personal mínimo requerido.
7. Analizar el costo-beneficio, en la implementación del sistema automático de empaque.



## INTRODUCCIÓN

Para que la empresa sea competitiva es importante automatizar los procesos, esto con el fin de tener un sistema de producción continuo.

La implementación de un sistema automático de empaque es importante, debido a que en el área donde las operaciones se desarrollan manualmente se ven afectadas con los aumentos en la producción.

Hay que tomar en cuenta la situación actual de la empresa. Para esto se realiza un diagrama de flujo, pues en él se puede observar claramente todos los factores que intervienen en la producción de pan, y con esto tomar todas las consideraciones para la implementación del sistema automático de empaque.

Dentro de la cadena de proceso de fabricación de productos, el empaque es el área donde muchas veces existe el llamado cuello de botella, el cual limita el tiempo de fabricación del mismo.

Para realizar una implementación es necesario hacer todos los estudios correspondientes, tales como: costo de operación, costo de mantenimiento, costo de mano de obra directo e indirecto, costo de producción, etc. esto con el fin de realizar un análisis de costo-beneficio.



# **1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Es una empresa dedicada a la elaboración de productos de panificación. Se encuentra dentro de una bodega con un área de 3,115.86 m<sup>2</sup>. La construcción es de paredes de block, piso de cemento, techo de estructura metálica con lámina y puertas metálicas.

La visión de la empresa es ser la mejor panificadora de Latinoamérica. Para ello ha desarrollado nuevos proyectos y productos que permiten el crecimiento de la empresa. Actualmente, cuenta con la planta de producción número uno a nivel centroamericano, con la cual se logra cumplir con los mejores estándares de calidad y ser uno de los mayores exportadores de pan de la región.

La empresa se estructura por tres áreas principales, la de planificación, producción y administración, cada una dirigida por un gerente; estas tres conforman la junta directiva que tiene un gerente general. Cuenta con un departamento de compras, recursos humanos, control de calidad, mantenimiento, sanitización, reparaciones, producción, bodega de materia prima, bodega de producto terminado, auditoría, ventas y mercadeo.

### **1.1.1. Fundación**

La empresa panificadora se fundó en 1958, y logró colocarse en el liderazgo a nivel nacional en los años setentas al introducir cambios dentro de la industria panificadora, tal como el empaque en bolsa plástica.

La empresa no contaba con ninguna competencia significativa desde su fundación, sino hasta 1991 cuando una panificadora transnacional incursionó en el mercado guatemalteco.

Para afrontar la competencia, se decidió hacer una alianza con un grupo de empresarios creándose una nueva sociedad. Se dividió por línea de productos:

- Línea de pan de molde.
- Línea de pan variedad (incluye: pan hamburguesa, bollos de leche, panes para hot dog, palitos de harina, pan de leche, pirujos de leche, entre otros).

Durante los últimos años la empresa ha aumentado sus ventas en un 50% por año. El 60% de la producción se vende en el mercado local: en supermercados, abarroterías y tiendas. Por ser la marca líder, con una relación de 3:1 con la competencia. El 40% restante se exporta a países de Centroamérica y El Caribe.

### **1.1.2. Ubicación**

Para localizar la planta se realizaron los estudios correspondientes y los métodos establecidos por la Municipalidad de Guatemala en el folleto de localización industrial.

Para tal caso se siguieron los siguientes pasos:

Por estar en Industrias manufactureras de productos alimenticios, pertenece al grupo manufacturero # 20.



Grupo	206	Manufactura de productos de panadería
Sub-grupo	2061	Elaboración de pan, repostería y galletas

**Tabla I. Grupos industriales**

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>		<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
2312	2201	2011	3701	2601	3601	2016	2311	2910	3111
2313	2202	2012	3702	2606	3502	2041	2314	3121	3112
2319	2203	2013	3703		3603	2051	2315	3122	3113
2321	2209	2014	3704	3001	3604	2052	2316	3192	3119
2322		2015	3705	3002	3609	2053	2331	3194	3130
2399	2529	2018		3004	3841	2055	2511		3191
	2591	2019	3911	3009	3842	2056	2512	3411	3196
2411	2592	2021	3912		3843	2059		3421	3198
2420	2599	2022	3913	3197	3851		2710		
2431		2023	2914		3852	2071		3820	3211
2432	2602	2029	3915	3311	3853	2072	3993	3831	3291
2433	2603	2031	3921	3312	3859	2073		3832	3299
2434	2604	2032	3922	3319	3891	2074		3833	
2435	2605	2033	3930	3321				3839	
2436	2609	2034	3941	3322	3951	2091		3860	
2437		2035		3329	3952	2093			
2439	2721	2039		3331	3953	2098			
2441	2723	2042		3332	3559				
2442	2724	2049		3333	3998	2110			
2443	2725	<b>2061</b>		3339		2120			
2449	2729	2062		3391		2130			
				3392					
				3399					
				3501					

**Fuente:** Reglamento de localización e instalación industrial. Municipalidad de Guatemala.

Por la tabla anterior grupo industrial número 3.

Según su cualidad pertenecerá a la diferente categoría (en negritas)

**Tabla II. Categorías industriales**

Categoría	Número de trabajadores	Peso de mat. en kg.	Ruido y vibraciones	Humedad	Olor	Polvo en mg/m <sup>3</sup>	Gases en partes por millón	Incidio y explosión	Desechos líquidos	Desechos sólidos	Transporte	Tránsito vehicular por hora	Tipo de edificio	Efecto
I	1 - 4	500 kg.	0 decibelios	0	Sin olor	0	0	Sin riesgo	Inocuos	Inocuos	Vial pickup	5	A	<b>Neutro</b>
II	5 - 9	1000 kg.	15 decibelios	0	Sin olor	0	0	Sin riesgo	<b>Inocuos</b>	<b>Orgánicos</b>	Vial pickup	5	A	Neutro
III	10 - 19	2000 kg.	20 decibelios	1	<b>Leve no molesto</b>	230	0	Riesgo poco probable	Inocuos	Minales no metálicos	Vial camión liviano	10	A	Neutro
IV	20 - 99	3654 kg.	35 decibelios	1	No molesto	460	<b>Concentración no tóxica</b>	Riesgo controlable	Tratamiento especial	Minales silicosis	Vial camión pesado	15	<b>B</b>	Ligeramente negativo
V	100	4000 kg.	60 decibelios	2	Molesto	690	Concentración tóxica	Riesgo controlable	Tratamiento especial	Activos químicos radiactivos	Vial camión pesado	20	C	Ligeramente negativo
<b>VI</b>	<b>100</b>	<b>4000 kg.</b>	<b>80 decibelios</b>	2	Muy molesto	690	Tóxica de 20 a 150	No controlable	Tratamiento especial	Activos químicos radiactivos	<b>Vial camión pesado</b>	<b>20</b>	C	Ligeramente negativo

Fuente: Reglamento de localización industrial, Municipalidad de Guatemala

Por tabla anterior categoría VI.

**Tabla III. Matriz de localización industrial**

Grupo: → Categoría: ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	A	A	B	B	C	C	D	D	E
II	A	B	B	C	C	C	D	D	E
III	C	C	C	C	C	D	D	E	E
IV	D	D	D	D	D	D	E	E	F
V	E	E	E	E	E	E	E	F	F
VI	F	F	F	F	F	F	F	F	F

**Fuente:** Reglamento de localización e instalación industrial. Municipalidad de Guatemala.

Según matriz grupo industrial número 3 y categoría VI, la localización es **F**.

Localización F: En edificios aislados. Entiéndase como tales aquellos que no tengan ni puedan tener ningún otro edificio a una distancia de 500 metros de cualquier punto de la instalación así calificada.

**Tabla IV. Zonas de tolerancia industrial**

Zona Industrial	Grupos Tolerados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I - 1	1-2-4-6-7-8-9	V	V	VI	VI	V	VI	IV	IV	III	IV	V	II	V	IV
I - 1,1	1-2-4-5-7	VI	III	II	III	III	III	II	II	III	IV	III	III	III	III
I - 2	1-2-4-5-7-8-9	V	V	V	V	IV	V	IV	IV	III	IV	V	II	IV	IV
I - 3	1-2-4-5-7	III	III	III	III	III	IV	III	III	II	IV	III	II	III	III
I - 4	1-2-3-4-5-7	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	V	V	III	III
I - 5	1-2-3-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	IV	V	III	III
I - 6	1-2-3-4-5	IV	V	IV	IV	III	III	III	III	IV	IV	III	IV	II	II
I - 7	1-2-4-5-7-8-9	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	III	IV	IV	V	III	III
I - 8	1-2-4-5-7	V	V	V	IV	III	III	III	IV	III	IV	IV	V	III	III
I - 9	1-2-3-4-5-6-7	IV	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	III	III
I - 10	1-2-3-4-5-6-7	V	V	VI	IV	III	III	III	IV	III	IV	IV	V	II	II
I - 11	1-2-3-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	III	III	IV	V	IV	V	V	II	II
I - 12	1-2-3-4-5-6-7-9	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	V	V	II	II
I - 13	1-2-3-4-5-6-7-9	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	V	V	IV	IV
I - 14	1-2-3-4-5-6-7-9	IV	IV	IV	II	II	II	II	IV	IV	V	V	III	II	II
I - 15	1-2-3-4-5-6-7-9	V	V	V	III	II	II	II	IV	IV	V	V	III	II	II
I - 16	1-2-3-4-5-6-7-8-9	V	V	V	IV	IV	III	III	IV	V	V	V	V	IV	IV
I - 17	1-2-3-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	V	V	II	II
I - 18	1-2-3-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	III	IV	V	II	II

**Fuente:** Reglamento de localización e instalación industrial. Municipalidad de Guatemala

Según matriz grupos tolerados y categorías toleradas por factor la zona industrial es la **I –10**.

#### **La I – 10:**

Se describe limitándola al Norte por la Calzada “San Juan” zona 7, al Sur por la Calzada “Roosevelt”, al Oriente por la 9ª. Avenida y al Poniente por la 30 Avenida de la misma zona.

Por lo anterior, la empresa debería estar ubicada en dicha zona industrial, pero debido al gran crecimiento de la ciudad capital, el precio actual de los terrenos y la necesidad de buscar un lugar la empresa, se encuentra actualmente en Avenida Mariscal 21–80 “A”, zona 11, zona industrial I – 8, la cual tolera hasta una categoría V.

### **1.1.3. Evaluación general de la planta**

#### **Iluminación**

Es uno de los factores más importantes a considerar en el diseño de una planta industrial. Un alumbrado eficaz es tan importante para cualquier persona, y depende de la calidad de trabajo o tarea que esté desempeñando.

La cantidad de luz que se necesita para realizar un trabajo satisfactoriamente es efectuada por varios factores independientes. Entre ellos:

- El contraste entre el objeto visto y la vecindad inmediata. Los colores tienen también una influencia significativa sobre el contraste.
- La reflexividad de los alrededores.
- Las dimensiones físicas del objeto que se ve.

- La distancia de la visión.
- El tiempo permitido para ver.

En un sistema de iluminación artificial hay que tomar en cuenta todos los factores para la optimización del sistema, así como la edad de las personas, dificultad de trabajo a realizar y la velocidad con que se realiza.

### **Situación actual de la iluminación**

En general, se puede decir que la iluminación se encuentra distribuida en forma óptima durante el día es satisfactoria, debido a que es natural. Sin embargo, en la noche no existe iluminación suficiente por la poca intensidad y altura en la se encuentran colocadas las lámparas.

### **Ventilación**

Desempeña un importante papel en el control de accidentes y de fatiga de los operarios dentro de la planta de producción. Se deben evitar la emanación de gases tales como los que emanan los hornos que se utilizan, humos, vapores, polvos, gases provenientes de la pintura y toda clase de olores ya que estos causan fatigas que aminoran la eficiencia física de los trabajadores y suele originar tensiones mentales.

La ventilación natural es aquella en la cual se aprovechan los medios naturales disponibles para introducir aire al interior de la planta, pasarlo por ella y expulsarlo.

### **Situación actual**

La planta posee cuatro extractores y dos inyectores de aire, pero aún así la ventilación no es suficiente. En el área de producción la ventilación se hace menos, debido a lo caliente de los hornos y que no existe un mecanismo de ventilación cercano.

### **Temperatura**

Es una de las condiciones que más afectan a los operarios pues el calor de los hornos y el techo de lámina aumentan la temperatura. Dentro de la planta se trabaja en un rango de 24-28 °C. Temperatura arriba de lo normal, que provoca una rápida fatiga.

### **Control de personal**

Todas las personas que ingresan a la planta deben llevar una redecilla de pelo, casco y no deben portar joyas, relojes y otros objetos colgantes que puedan caerse o provocar accidentes. Deben lavarse debidamente las manos con jabón desinfectante en gel.

### **Equipo de protección**

Se entenderá por equipo de protección individual cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

El equipo de protección personal comprende todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimenta, de diversos diseños, que los emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Entre los elementos de protección personal deberá considerarse la indumentaria o vestimenta que utiliza el trabajador de la empresa, la cual juega un papel muy importante en la prevención de accidentes. La vestimenta del trabajador debe reunir para su seguridad un mínimo de condiciones, tales como:

Será cómoda para no dificultar los movimientos del operario.

Darán una protección adecuada contra los peligros existentes y para los cuales fueron diseñadas, por lo que sus puños y bocamangas se ajustarán bien y estarán exentos de colgantes que puedan ofrecer peligro al ser tomados por engranajes, correas, poleas u otras partes de la maquinaria. Por esta razón, será prohibido el uso de corbatas y pañuelos.

## **Señalización**

La empresa cuenta con la adecuada señalización, pues están claramente señalizadas las áreas de trabajo. A los visitantes se les indica en forma visual cuáles son los lugares de riesgo y lugares seguros por los que pueden circular.

Lugares en los que cuenta con señalización:

- Oficinas
- Baños
- Bodega



- Comedor
- Pasillos
- Gradadas
- Áreas de trabajo
- Horno
- Extinguidores

### **Horario**

La empresa cuenta con tres turnos en los cuales el 60% son mujeres y el 40% hombres, en el turno diurno operan de 6:00 a.m. a 3:00 p.m. realizando una hora extra diaria. En el turno mixto operan de 3:00 p.m. a 11:00 p.m. realizando de igual manera una hora extra diaria y en el turno nocturno laboran desde las 11:00 p.m. a 6:00 a.m. en este turno no se realizan horas extras.

### **Número de empleados**

La empresa cuenta con un total de 327 empleados distribuidos de la siguiente manera:

- Gerencia de operaciones y mercadeo 72 personas.
- Gerencia de ventas 102 personas.
- Gerencia de producción 89 personas.
- Logística administración 31 personas.
- Fianzas 26 personas.
- Gerencia general 3 personas.
- Control de calidad 1 persona.
- Gerencia de recursos humanos 3 personas.

## **1.2. Clasificación según diseño**

Los edificios industriales deben ser diseñados para satisfacer funcionalmente las necesidades de la empresa, esto bajo la proyección de un programa integral el cual debe ser constituido por las diferentes características de la empresa.

### **1.2.1. Tipo de edificio**

La planta entra en el rango de edificios de segunda categoría, los cuales tienen como características una combinación de concreto armado y columnas metálicas. La cimentación de las columnas principales es individual y de concreto armado. Los muros exteriores transmiten su peso al suelo mediante sus cimentaciones. La cubierta superior es de lámina de zinc. Los muros exteriores están contruidos de block.

Los pisos en el área de producción son de concreto sin pulir, su resistencia y tipo están en función del proceso de producción que se realiza, y en las oficinas son de granito.

### **1.2.2. Distribución de la planta**

El principal objetivo de la distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos deseado, con la calidad también deseada y al menor costo posible.

## **Tipos de distribuciones**

- a) Distribución en línea recta
- b) Distribución funcional

### **a) Distribución en línea recta**

La maquinaria se sitúa de modo que la circulación o flujo de una operación a la siguiente es mínima para cada clase de producto. Este tipo es usado en ciertos procesos de producción en masa, ya que de esta forma los costos de manejo de materiales es menor que cuando se tiene la agrupación de máquinas por proceso.

### **b) Distribución funcional**

Consiste en la agrupación de instalaciones o máquinas semejantes. Da un aspecto o general de orden y limpieza, se puede adiestrar fácilmente a un novato.

La desventaja de utilizar la distribución funcional es tener la posibilidad de tener recorridos largos y regresos en trabajo que requieren una serie de operaciones en diversas máquinas; otra desventaja es el uso de un gran volumen de papeleo para órdenes y controlar la producción en las diversas secciones.

Al iniciar una distribución se deben realizar estudios, por ejemplo: volumen de ventas, cantidad de mano de obra, inventario de maquinaria, materiales, estado físico del equipo, etc. Se puede o debe elaborar un diagrama de recorrido con sugerencias de operarios, inspectores, etc.

Actualmente, la empresa cuenta con un tipo de distribución lineal de modo que la circulación o flujo del proceso es continuo de una estación de trabajo a otra.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Descripción del equipo utilizado en la fabricación del pan**

A continuación se describe brevemente la distinta maquinaria que se utiliza en la fabricación del pan.

#### **Mezcladora (máquina *mixer*)**

Máquina que efectúa el trabajo de mezclar ingredientes y desarrollar la masa que se produce de los mismos. Existen de varios tipos, entre los que podemos citar las horizontales, las verticales, espiral, de brazo, etc., las cuales reciben su nombre debido a posición de las aspas.

#### **Cuarto de batea (fase 1)**

Lugar donde se deja reposar la masa durante un lapso aproximado de 2 horas para lograr que la levadura crezca.

#### **Modelo K**

Máquina que se utiliza para hacer bolas de masa en trozos iguales por medio de un pistón de succión en vacío el cual divide en base a volumen quien definirá el tamaño y peso del pan.

### ***Pan-o-Mat***

Máquina que consta de cadenas con canjilones (forma de guacal) en la cual transporta las bolas de masa que vienen de la modelo k hacia los rodillos aplana bolas los cuales le dan forma de tortilla a la masa.

### **Cuarto de *Proofer* (fase 2)**

Cámara cerrada en la cual los moldes con masa en forma de tortilla, son ingresados a un ambiente de temperatura y humedad controlada, la cual se logra mediante la inyección de vapor de agua. Estas condiciones estimulan a la levadura para acelerar el proceso de fermentación. Este proceso tiene un tiempo estimado de 56 minutos.

### **Semilladora**

Máquina que efectúa el proceso de semillado mediante:

1. Spray de agua: Dispositivos que se activan automáticamente al contacto de los moldes, con un micro switch cuya función es depositar partículas de agua en la parte expuesta de la masa y asegurar la adhesión de la semilla de ajonjolí.
2. Depositador de ajonjolí: Dispositivo que agrega ajonjolí a la masa, se activa por medio de un sensor de metales que le da señal a un a clutch electro-neumático que ase girar un bastón dosificador de ajonjolí.

## **Horno**

Máquina donde se lleva a cabo el proceso de cocción de la masa, consta de cuatro zonas de temperatura, en las cuales existen seis quemadores de gas propano para su calentamiento.

## **Cooler (enfriador)**

Consta de una serie de cadenas en espiral, integrada por ganchos que permiten el flujo de aire ambiental para el enfriamiento natural del producto.

## **Cortadora de Pan**

Máquina que cuenta con sierras rotatorias la cuales cortan el pan en dos partes.

### **2.2. Descripción del Proceso**

Para la elaboración del pan se lleva a cabo una serie de pasos que a continuación se detallan:

- a. Todo comienza en la bodega de materia prima, pues es aquí donde se pesan los ingredientes (manteca, azúcar, sal, dimodan, panoman, propionato, IBX, leche, etc.) que contiene el pan. Luego son transportados en una canasta a la máquina mezcladora (*mixer*).
- b. Elaboración de esponjas (máquina *mixer*): en esta etapa del proceso los ingredientes se mezclan con agua y harina extraída de un silo que se encuentra ubicado a en la parte externa del área de producción. Aquí comienza el proceso de hidratación. Luego es llevado al cuarto frío en un recipiente llamado batea.

- c. Fermentación inicial de esponjas: posteriormente al mezclado se procede a dejar reposar la masa y es aquí donde se inicia el proceso de fermentación, el cual consiste en la reacción de la levadura con los demás ingredientes. En el proceso de fermentación se produce dióxido de carbono, alcohol y ácidos, los cuales aportan las características de sabor, olor y vida del producto. Esta operación se lleva a cabo durante el lapso de 2 horas. Luego es transportado a la segunda fase del mezclado.
  
- d. Elaboración de masa: en esta etapa se mezcla la esponja con los demás ingredientes y en el transcurso de la mezcla de la masa inicia su desarrollo formando la estructura de gluten. Para lograr la apropiada mezcla y formación de gluten, debe obtenerse una masa uniforme, de características secas y elásticas. Luego es transportado por una banda al siguiente proceso.
  
- e. Refinado de masas: esta es la parte del proceso, la masa es desgasificada y la estructura del gluten se termina de formar, para obtener una mejor retención de gases en el proceso de fermentación final. Esta operación se lleva a cabo por medio de cilindros, los cuales constan de un cilindro rotatorio que introduce la masa en otros dos cilindros que giran en sentidos opuestos, comprimiendo la masa.
  
- f. Dividido de masas: aquí se divide la masa en trozos más pequeños con pesos definidos. Esto se logra mediante la divisora, que es una máquina (*Pan-o-mat*) que por medio de un pistón de succión divide la masa en base al volumen succionado.



- g. Moldeado de masas: después de dividirse la masa, las bolas de masa pasan por una plancha móvil, la cual presiona la masa contra otra plancha estática, dándole a la masa la forma deseada y las dimensiones necesarias para su posterior colocación en los moldes.
- h. Agregar harina: antes de ser colocados en los moldes, se unta con harina para que la masa no se pegue en el molde.
- i. En molde: es la colocación de la masa moldeada en los moldes que fijaran las dimensiones del pan. Luego es transportado por medio de bandas al cuarto de fermentación.
- j. Fermentación final: esta parte del proceso es donde, por medio de temperatura y humedad, se estimula la actividad de la levadura con los demás ingredientes provocando la producción de dióxido de carbono el cual queda atrapado en la estructura de la masa, dando forma y tamaño al pan. Esta operación se lleva a cabo en un cuarto cerrado con inyección de vapor de agua y ventiladores para mantener su circulación. Luego, recorriendo la banda transportadora pasa por el semillado.
- k. Semillado: al salir el pan de la fermentación final, estos moldes pasan por el proceso de semillado. Consiste en hacer pasar los moldes con pan ya fermentados sobre un transportador para ser rociados por agua y luego se deposita ajonjolí en parte superior del pan. Luego se sigue sobre la misma banda hasta llegar al horno.
- l. Horneado: etapa en la cual por medio de exposición de calor se fija el tamaño del pan, su color, consistencia y textura externa. Esta operación se lleva a cabo en un horno horizontal durante un lapso de 10 minutos.


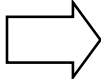




- m. Desmolde: proceso en el cual el pan ya horneado, es retirado mecánicamente de los moldes y colocado en un transportador para su enfriamiento. Este proceso se lleva a cabo con una máquina que consta de inyectores de aire a presión para despegar el pan del molde y de dispositivos de succión o ventosas, los cuales extraen el pan del molde y lo depositan en un transportador o banda.
- n. Enfriamiento: parte del proceso en el cual el pan fija su estructura externa mediante un proceso de evaporación de agua al ser expuesto con el medio ambiente.
- o. Corte: división final del pan en dos partes, mediante sierras rotatorias, con una separación establecida, haciendo pasar el pan en un transportador a través de ellas para su corte.
- p. Empacado: introducción del pan procesado después de su enfriamiento en su empaque plástico, para luego ser colocado en canastas plásticas.
- q. Bodega de producto terminado: luego de ser colocado en las canastas plásticas es llevado al área de producto terminado listo para ser repartido.

### **2.3. Diagrama de proceso del producto**

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad de operaciones y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operación, transporte, inspección, retraso o demora y almacenaje.

**Figura 1. Elementos de los diagramas de proceso**

Nombre	Símbolo
Operación	
Transporte	
Inspección	
Demora	
Almacenaje	
Actividad combinada	

**Fuente:** Benjamín W. Niebel. Ing. industrial, métodos tiempos y movimientos. Pagina 36

### **Operación**

Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación.

### **Transporte**

Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.

## **Inspección**

Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características.

## **Demora**

Ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Con esto se retarda el siguiente paso planeado.

## **Almacenaje**

Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.

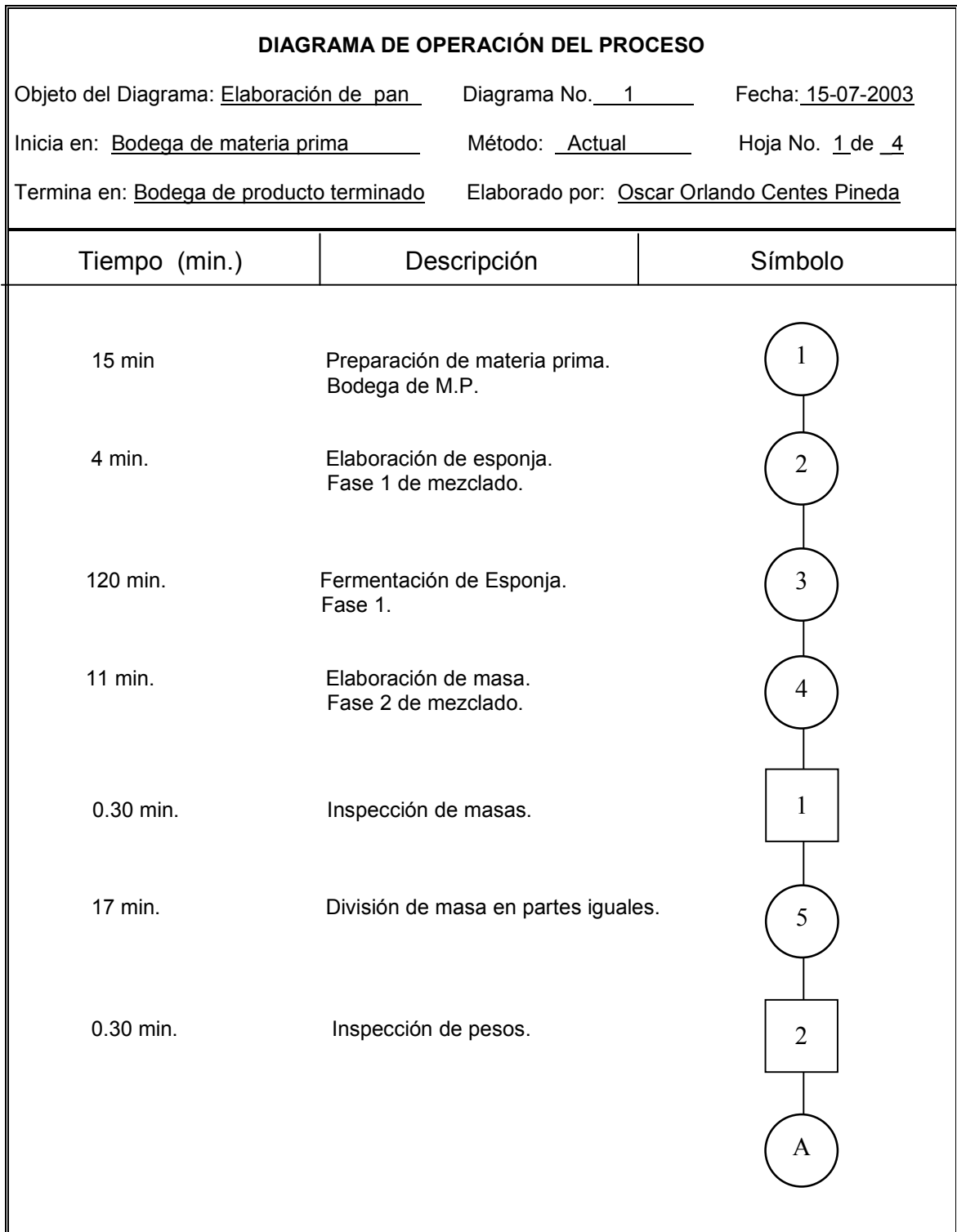
## **Actividad combinada**

Cuando se desea indicar actividades conjuntas combinada por el mismo operario en el mismo punto de trabajo.

### **2.3.1. Diagrama de operaciones**

En este diagrama se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de fabricación de la materia prima, hasta el empaque o producto terminado.

**Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso**



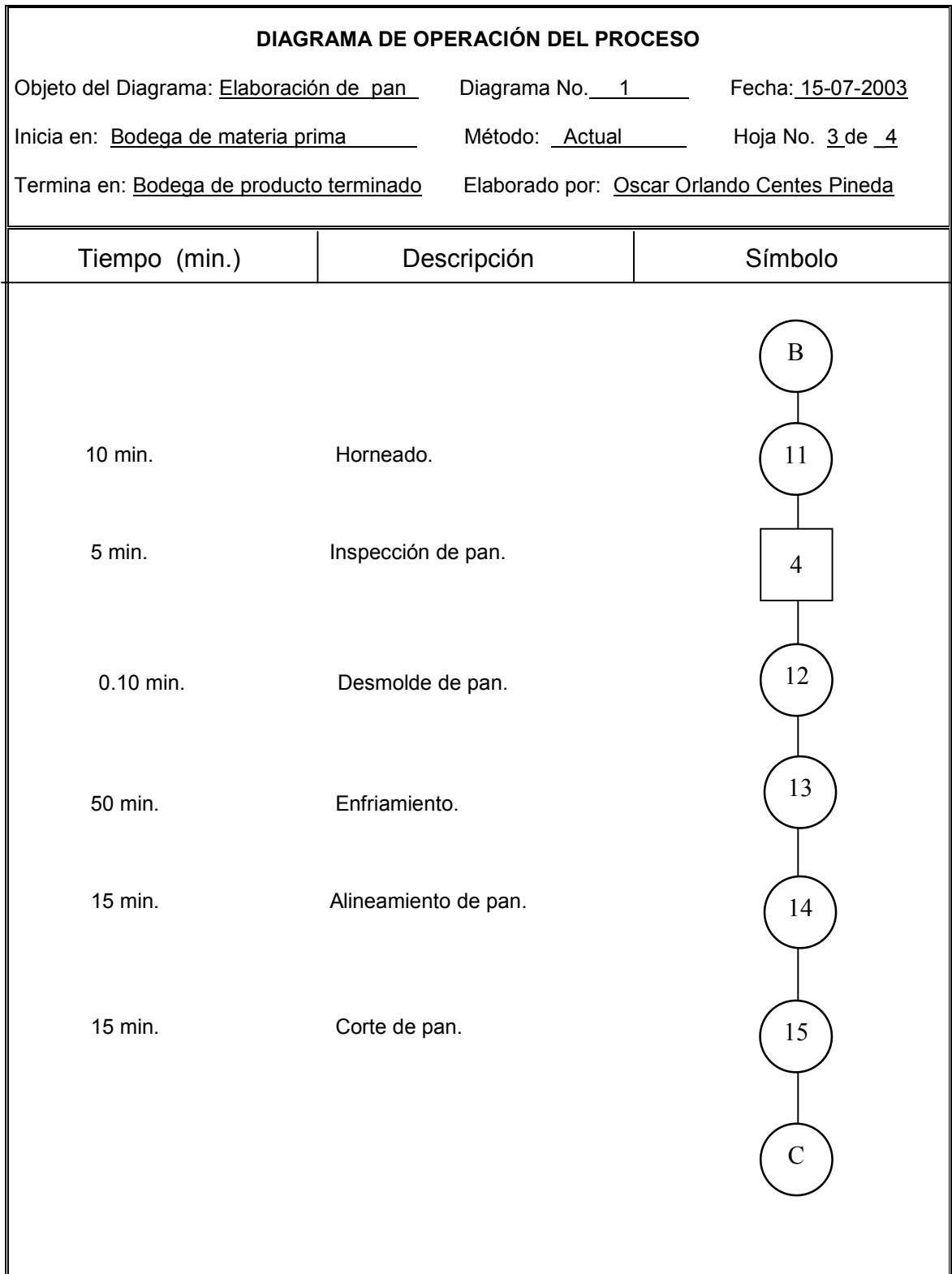
Continuación

**DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO**

Objeto del Diagrama: Elaboración de pan      Diagrama No. 1      Fecha: 15-07-2003  
 Inicia en: Bodega de materia prima      Método: Actual      Hoja No. 2 de 4  
 Termina en: Bodega de producto terminado      Elaborado por: Oscar Orlando Centes Pineda

Tiempo (min.)	Descripción	Símbolo
		A
17 min.	Moldeado de masas. Elaboración de bolas.	6
18 min.	Untado de harina.	7
1 min.	Colocación en molde.	8
0.30 min.	Centrado de masa en molde.	3
56 min.	Fermentación de masa. Fase 2.	9
0.10 min.	Semillado.	10
		B

Continuación



Continuación

**DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO**

Objeto del Diagrama: Elaboración de pan      Diagrama No. 1      Fecha: 15-07-2003



Inicia en: Bodega de materia prima      Método: Actual      Hoja No. 4 de 4

Termina en: Bodega de producto terminado      Elaborado por: Oscar Orlando Centes Pineda

Tiempo (min.)	Descripción	Símbolo
		C
15 min.	Empaque en bolsa.	16
15 min.	Fechado.	17
5 min.	Encestado y apilamiento.	18
50 min.	Almacenamiento. Bodega de P.T.	19



Continuación

RESUMEN			
Evento	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min.)
Operación		19	440.2
Inspección		4	6.3

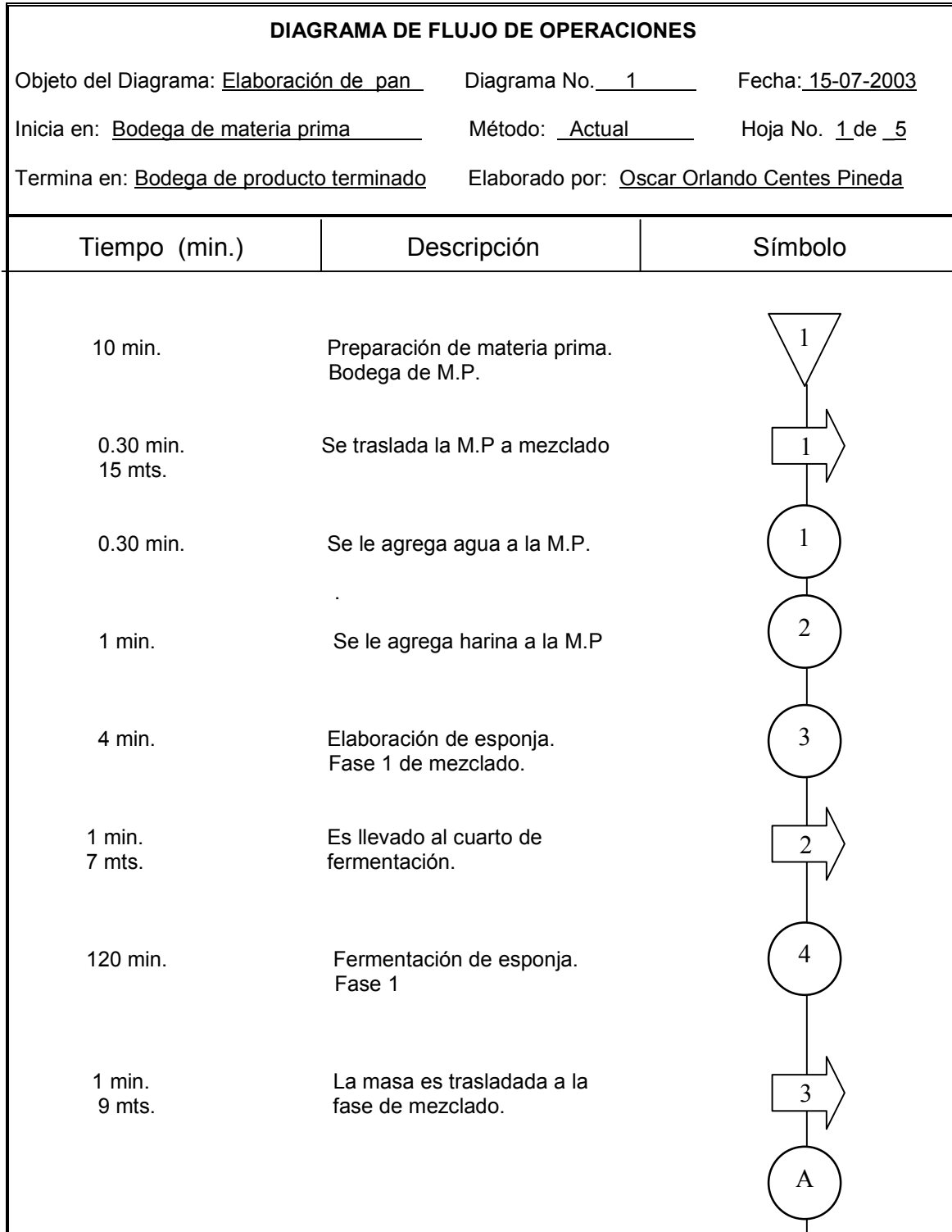
### 2.3.2. Diagrama de flujo de operaciones

Este diagrama indica como fluye o circula un producto. Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo del proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

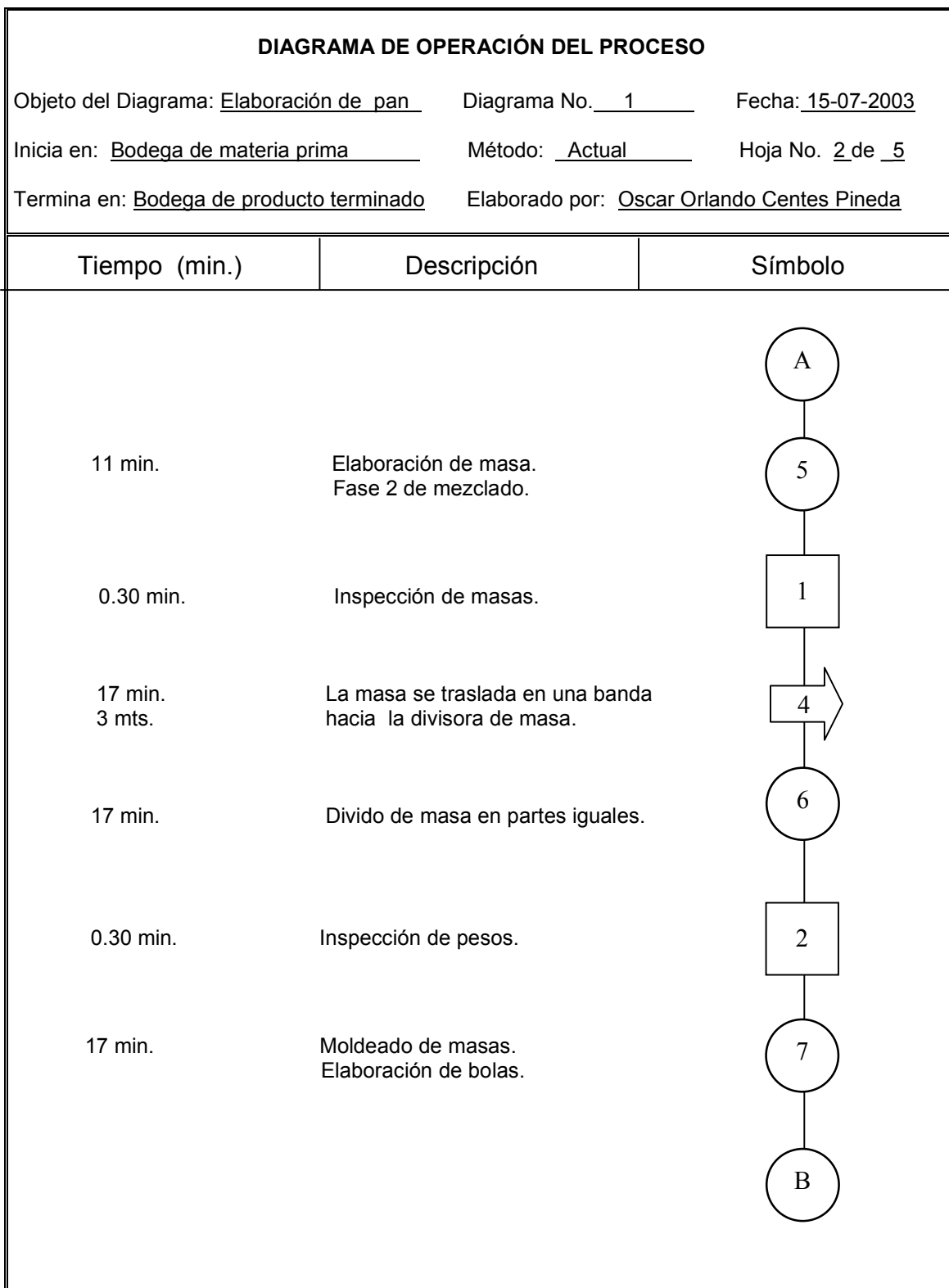
El diagrama de flujo se utiliza específicamente para poner de manifiesto, todos los costos ocultos, así también retrasos, almacenamientos temporales, distancias recorridas.

Además facilita visualizar el sistema total, identificando los posibles puntos de dificultad y así ubicar todas las actividades de control.

**Figura 3. Diagrama de flujo de operaciones**



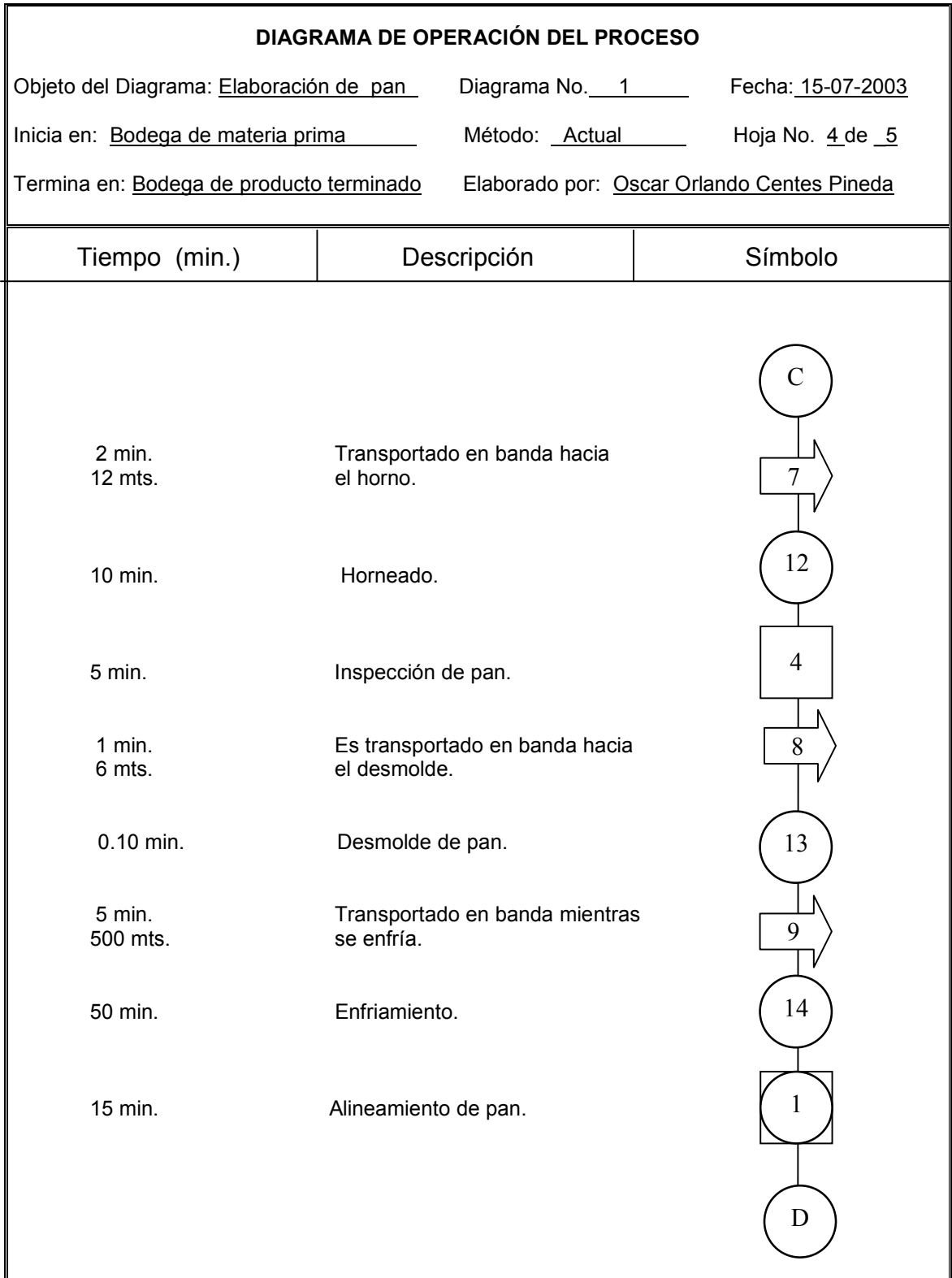
Continuación



Continuación

<b>DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO</b>		
Objeto del Diagrama: <u>Elaboración de pan</u> Diagrama No. <u>1</u> Fecha: <u>15-07-2003</u>		
Inicia en: <u>Bodega de materia prima</u> Método: <u>Actual</u> Hoja No. <u>3</u> de <u>5</u>		
Termina en: <u>Bodega de producto terminado</u> Elaborado por: <u>Oscar Orlando Centes Pineda</u>		
Tiempo (min.)	Descripción	Símbolo
		(B)
18 min.	Untado de harina.	(8)
1 min.	Colocación en molde.	(9)
0.30 min.	Centrado de masa en molde.	[3]
1 min. 8 mts.	Transportado en banda hacia el cuarto de fermentación.	→(5)→
56 min.	Fermentación de masa. Fase 2	(10)
2 min. 12 mts.	Transportado en banda hacia el área de semillado.	→(6)→
0.10 min.	Semillado.	(11)
		(C)

Continuación



Continuación

**DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO**






Objeto del Diagrama: Elaboración de pan      Diagrama No. 1      Fecha: 15-07-2003

Inicia en: Bodega de materia prima      Método: Actual      Hoja No. 5 de 5

Termina en: Bodega de producto terminado      Elaborado por: Oscar Orlando Centes Pineda

Tiempo (min.)	Descripción	Símbolo
		D
15 min.	Corte de pan.	15
15 min.	Empaque en bolsa.	16
15 min.	Fechado.	17
5 min.	Encestado y apilamiento.	18
5 min. 20 mts.	Trasladado hacia bodega de P.T.	10
50 min.	Almacenamiento. Bodega de P.T.	2

Continuación

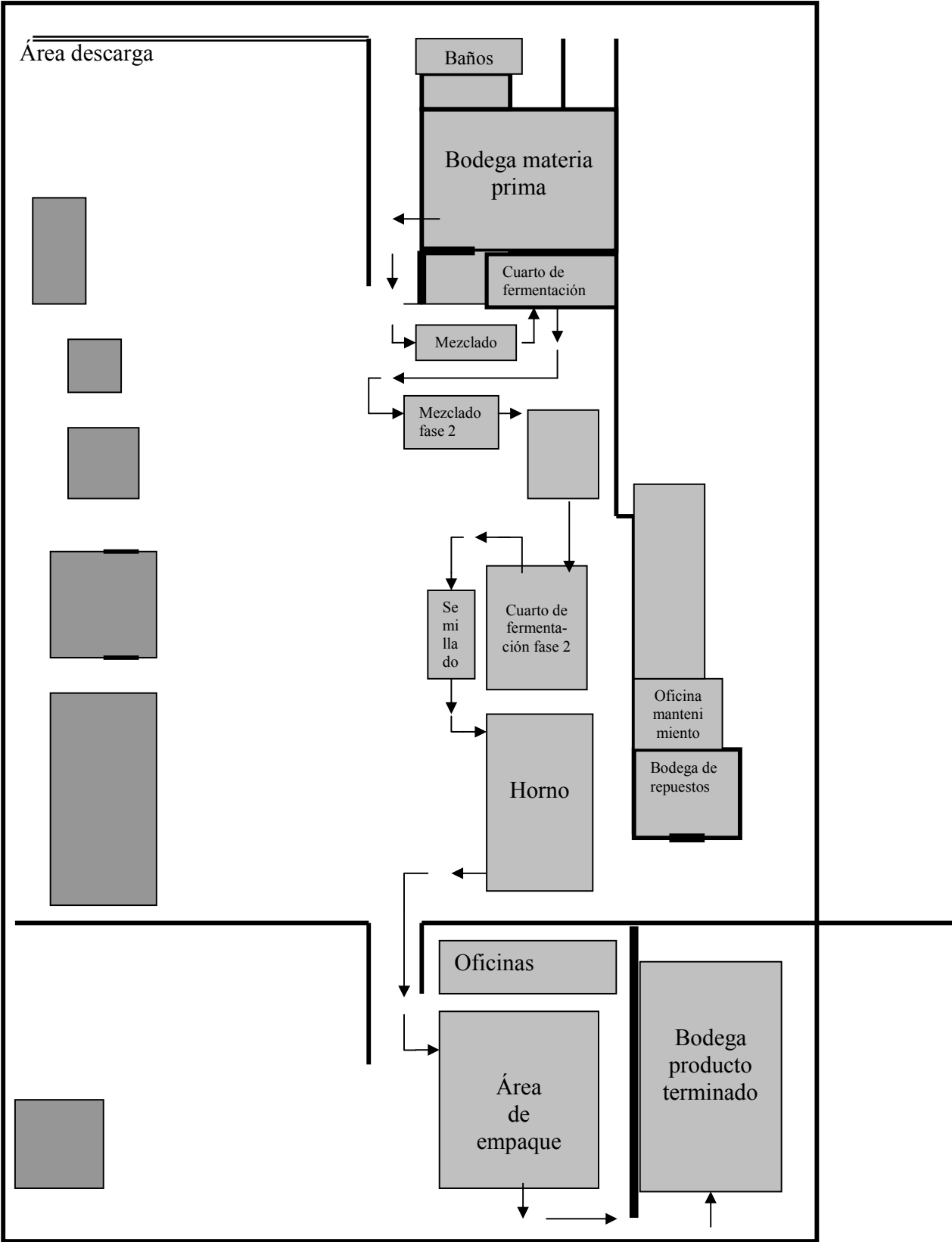
Resumen				
Evento	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min.)	Distancia
Operación		18	355.5	----
Inspección		4	6.3	----
Combinada		1	15	----
Transporte		10	35.3	592 mts.
Almacenaje		2	12	----

### 2.3.3. Diagrama de recorrido del proceso

Es el diagrama realizado en un plano del lugar de trabajo en el que se colocan líneas de flujo que indiquen el movimiento del material de una actividad a otra, se basa en el diagrama de flujo. Este diagrama permite encontrar aquellas áreas de posibles congestionamientos de tránsito y facilita así el poder lograr una mejor distribución en planta.

La aplicación del diagrama de recorrido es ver donde hay lugar para agregar una instalación o dispositivo que permita disminuir la distribución, posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo, áreas de posible congestionamiento de tránsito, distribución en planta.

Figura 4. Diagrama de recorrido





## 2.4 Descripción de área y métodos de inspección

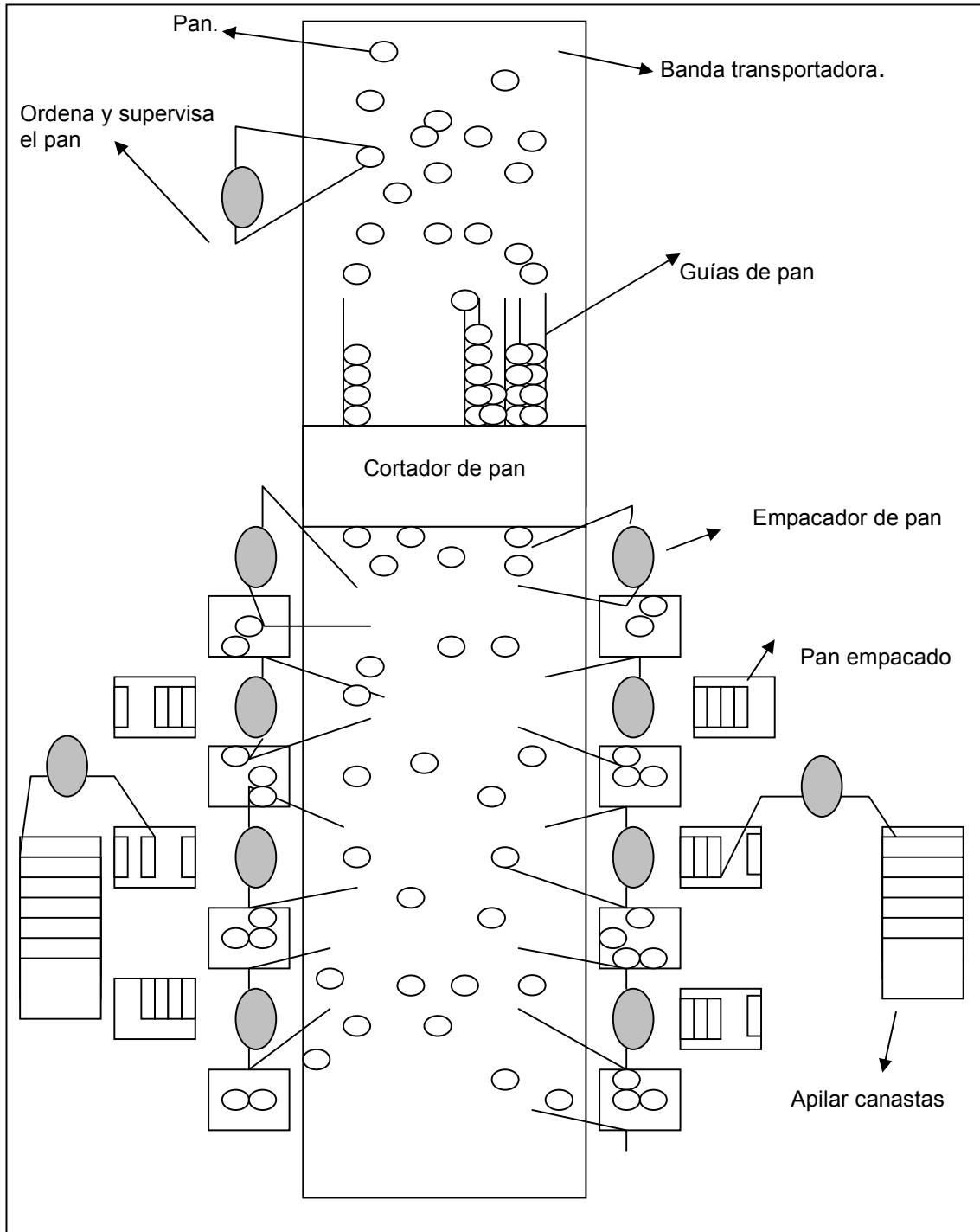
El área de empaque se encuentra ubicado al final de la planta, constituye la penúltima actividad de la producción de pan. El área tiene 10.9 m<sup>2</sup> y está distribuido de la siguiente manera:

Hay una banda transportadora que es la que recibe el pan después de ser enfriado. En la base de esta banda existen unas guías en las cuales se ordena el pan antes de ser cortado, después de ser cortado el pan es transportado por otra banda hacia los empacadores los cuales están colocados a los lados de la banda. Cada empacador tiene a su lado canastas en las cuales coloca el pan cuando este pasa por donde el se encuentra. (figura 5)

El procedimiento para empacar el pan es el siguiente:

- Preparan la bolsa (la toman y la abren).
- Colocan el pan dentro de la bolsa.
- Se cierra la bolsa con un alambre: colocan el alambre en la bolsa y la giran para que el alambre se enrolle y quede cerrada.
- El producto es empacado y colocado en la canasta.
- Otro operario recoge la canasta y coloca un sticker con la fecha de producción y expiración.
- Luego se apilan las canastas, hasta formar una torre de 15 canastas, en espera de ser transportadas a la bodega de producto terminado.

**Figura 5. Descripción del área de empaque**



El tiempo que tarda el pan en ser descargado en la banda transportadora es de 28 segundos, y descarga una cantidad de 144 unidades, que son 6 bandejas, cada bandeja contiene una cantidad de 24 unidades, el tiempo de espera entre una descarga y otra es de 15 segundos. El tiempo promedio de empaque por operario es de 15 segundos.

Lo que significa que en 15 segundos los 8 operarios empaquen 8 bolsas, en un minuto empacaran 32 bolsas, entonces la velocidad de empaque es de 32 paquetes / minuto. Solo hay que tomar en cuenta que los operarios que se encuentran al final de la banda transportadora tienen que esperar que el pan llegue hasta ellos lo que causa una disminución en la velocidad de empaque y en la línea. Además se debe de tomar en cuenta el cansancio que produce la realización de una actividad como ésta.

### **Método de inspección**

El que se utiliza en el área de empaque es el visual, pues el operario que ordena el pan antes de ser cortado, supervisa que no este quemado ni lastimado, pues si lo esta el pan es retirado.



### **3. PROPUESTA DEL EQUIPO A IMPLEMENTAR**

#### **3.1. Descripción de la máquina de empaque**

La máquina de empaque esta construida de acero inoxidable, y la conforman una serie de mecanismos eléctricos, electrónicos, neumáticos y mecánicos para cumplir con este fin. El propósito de implementar esta maquinaria es aumentar la producción y con ello la eficiencia en el área de empaque. Esto se logrará estableciendo una sincronía entre cada fase de la producción de pan.

##### **3.1.1. Equipo mecánico**

La máquina cuenta con distintos mecanismos mecánicos tales como: caja reductora, cadenas de tracción, ejes, cojinetes, tensores, engranajes etc. Cada uno de ellos forma parte primordial para el funcionamiento de la máquina de empaque.

##### **Caja reductora**

La características de la caja reductora son las siguientes:

- Modelo 2225 – B – 02
- Relación 15 : 1
- R.P.M 1800
- Maxim H.P 2.14
- Fuerza de salida 923 Inlb.

## **Cadenas de tracción**

Se utilizan para transmisión de potencia y como transportadores. Pueden usarse para cargas altas y donde sea necesario tener relaciones precisas de velocidad. La máquina cuenta con distintos calibres de cadenas, estas transmiten la potencia de una manera uniforme. Los calibres con los que cuenta son: paso 40, paso 50 y paso 10.

## **Engranajes**

Se utilizan para transmitir potencia y movimiento angular entre ejes paralelos. Se conforma generalmente de piñón y engranes. El piñón generalmente siempre es el elemento motriz y el engrane es el impulsado.

### **3.1.2. Equipo eléctrico**

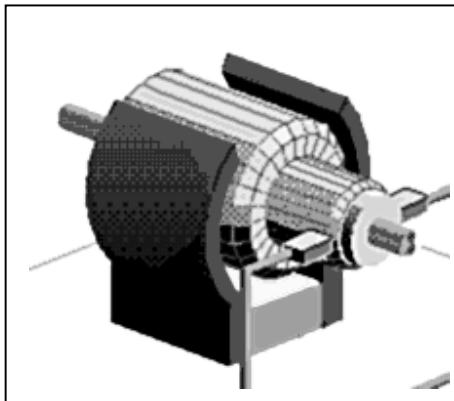
La máquina empacadora cuenta con varios instrumentos eléctricos, tales como: motor eléctrico, contactor, transformador de corriente AC y DC, variador de frecuencia y relees.

Esta máquina opera con los dos tipos de corriente AC y DC, ya que el motor, contactor, guarda motor, variador de frecuencia y sensor traban con corriente alterna de 440 y 120 voltios, mientras los relees, electro-válvulas y encoder trabajan con corriente directa de 24 voltios.

## Motor eléctrico

Es el encargado de generar la potencia en la máquina debido a la acción del campo magnético. Su velocidad puede ser variada según se requiera. La velocidad a la que funciona un motor depende de la intensidad del campo magnético que actúa sobre él, así como de la corriente de ésta. La máquina cuenta con un motor de  $\frac{3}{4}$  H.P.

**Figura 6. Motor eléctrico**

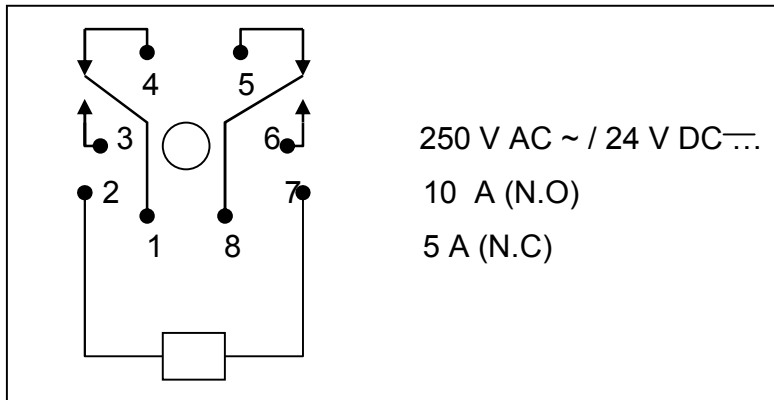


**Fuente:** Enciclopedia Encarta 2002. Microsoft Corporation.

## Relee

Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor. Un relee está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán. Éste requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de sólo unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios. Por tanto, el conmutador permite que una corriente y tensión pequeñas controlen una corriente y tensión mayores.

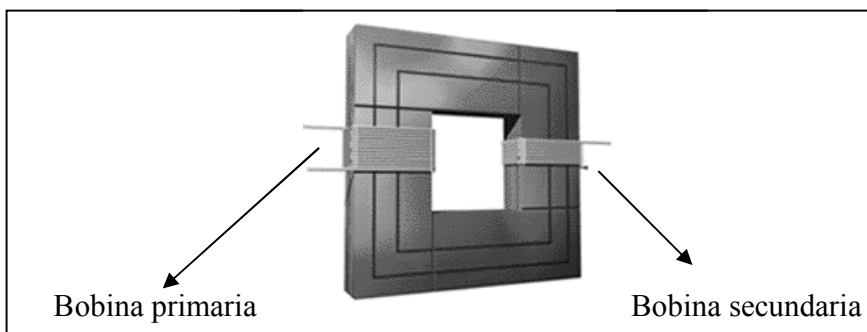
**Figura 7. Diagrama de un rele**



### Transformador de corriente (AC)

Es un dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna (AC) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Como el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

**Figura 8. Transformador**



Fuente: Enciclopedia Encarta 2002. Microsoft Corporation.



### **Transformador de corriente AC – DC**

Es un dispositivo eléctrico que recibe corriente alterna y la convierte en una fuente de corriente continua, con dos terminales de salida una positiva y otra negativa.

### **Guarda motor**

Es un dispositivo eléctrico que se dispara o desconecta al haber una sobre carga de corriente en el sistema y automáticamente se desconecta protegiendo así al motor.

#### **3.1.3. Equipo electrónico: (válvulas, encoder, sensores, etc)**

La máquina de empaque también cuenta con equipo electrónico para su funcionamiento. Este equipo es de gran precisión pues requiere de segundos y milésimas de segundo para que opere. Entre el equipo electrónico tenemos a las electro-válvulas, sensor y encoder.

#### **Electro válvulas:**

Estas electro-válvulas necesitan de una señal eléctrica para su funcionamiento, esta señal la reciben de los reles y al recibirla dejan pasar un flujo de aire el cual acciona cualquier mecanismo al que este conectada.

## **Encoder**

Este dispositivo electrónico es el que controla los puntos en los cuales deben funcionar las electro-válvulas. Esto lo hace por medio de los ángulos de rotación del eje. Cuando el eje se encuentra en cierta posición el encoder recibe la señal y la manda a los relees y estos a su vez mandan la señal a las electro-válvulas. El encoder trabaja con un voltaje de 24 DC.

## **Sensor de pan**

Es un sensor opto-electrónico empleado para la detección óptica. El sensor esta libre de mantenimiento, solo se recomienda limpiar las superficie óptica y las conexiones de enchufe. Este sensor es el que controla cuando debe funcionar los relees, mandando una señal cuando exista pan en la banda de transporte.

### **3.1.4. Equipo Neumático (pistones, compresor, etc.).**

El equipo neumático con que contara la máquina de empaque será: compresor, pistón neumático y regulador de presión.

## **Compresor**

Es el encargado de distribuir y mantener el aire en el sistema de toda la planta.

## **Pistón Neumático**

Este al ser alimentado por aire tiene una función de doble efecto para accionar un elemento mecánico.

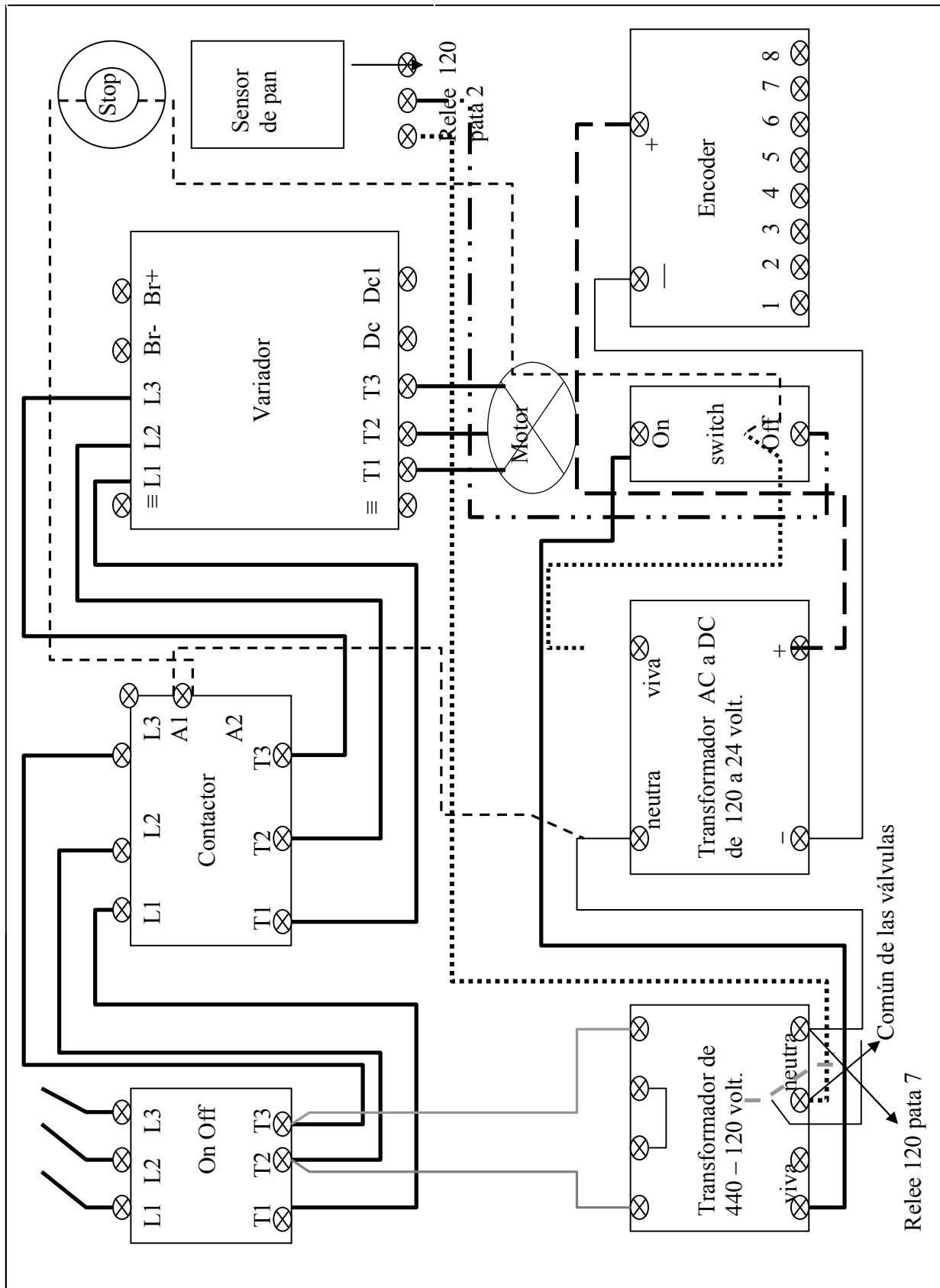
## **Regulador de presión**

Es el encargado de mantener un flujo aire constante en el sistema de la máquina de empaque, éste lo logra a través de una válvula unidireccional que regula la presión de aire.

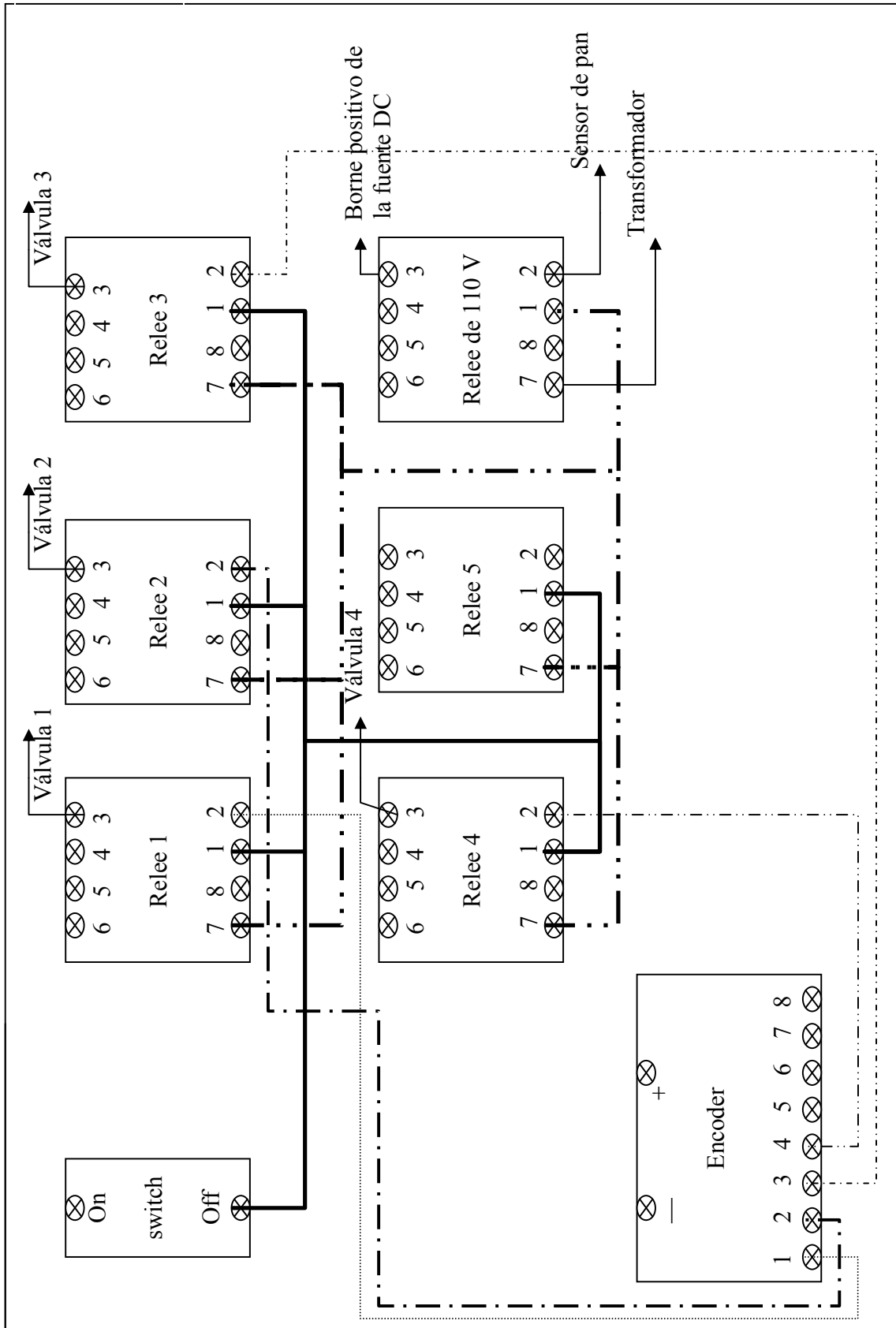
### **3.2. Diagrama eléctrico del funcionamiento de la máquina de empaque**

En él se muestra como está conectado físicamente el sistema en la máquina de empaque

Figura 9. Diagrama eléctrico



Continuación



### 3.3. Ventajas de la implementación del sistema automático de empaque

El nuevo método de trabajo propuesto ofrece ventajas con respecto al método anterior.

- a). Velocidad en el empaque: debido a que la máquina empacadora cuenta con un variador de frecuencia, esto hace que se pueda graduar la velocidad de empaque, los operarios tienen que ajustar la máquina a la velocidad que ellos trabajen. En la tabla 5 se muestran las distintas velocidades a las que puede trabajar la maquina.

**Tabla V. Velocidades de empaque**

VELOCIDADES DE EMPAQUE			
HERTZ	REV/MIN	BOLSAS EMPACADAS	UNIDADES EMPACADA S
20	5	15	75
25	6	18	90
30	7	21	105
35	9	25	125
40	10	28	140
45	11	31	155
50	12	35	175
55	13	38	190
60	14	41	205
65	15	45	225
70	16	48	240

- b). Menor cantidad de operarios: cuando la máquina empacadora esté operando, necesitará menor cantidad de operarios para su funcionamiento, pues sólo necesitará de una persona que controle la máquina, otras que estén colocando el pan en la banda transportadora, y una persona más que esté apilando las canastas al final del proceso.
- c) Eliminar el cuello de botella: eliminando la operación más lenta del proceso, se logra mantener un ritmo de producción eficiente, que hace que aumente la productividad en la empresa.
- d) Menor espacio físico: instalada la máquina empacadora, se requerirá de un menor espacio físico donde este instala, ya que las dimensiones de la máquina empacadora son: 1 metro de ancho, 1.5 metros de altura y 2 metros de largo.
- e) Fácil mantenimiento: el equipo que utiliza la máquina, ya mencionado anteriormente es fácil de desmontar y de manipular. Además, los espacios para trabajar en la máquina son amplios.
- f) Menor costo de operación: debido a que se utilizará menor cantidad de operarios, esto hace que el costo de operación sea menor que como se hacía anteriormente.
- g) Fácil de operar: la máquina empacadora cuenta con dispositivos fáciles de poder manipular, al operario solamente se le debe dar una inducción sobre cómo se opera la máquina, cuáles son los botones de paro emergente y los de encendido. Además, se les debe indicar a todo el personal del área dónde opera la máquina y cuáles son las áreas de peligro.

### **3.4. Distribución de maquinaria y equipo en el área de empaque**

La distribución debe ser de la manera más uniforme, utilizando el menor espacio requerido y confortable para los operarios. La máquina de empaque estará colocada después de la cortadora de pan. Todos los tableros de control van instalados en la máquina de empaque evitando molestias al operario cuando la máquina esté funcionando.

### **3.5. Análisis de costo-beneficio**

Para analizar un análisis de costo-beneficio se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

#### **Para obtener el costo**

1. Identificar primeramente el costo de la inversión más importante de acuerdo a su monto.
2. Identificar los costos complementarios consecuencia del punto 1.

#### **Para obtener el beneficio**

Es necesario que los beneficios que genere un proyecto sean traducidas al mismo tipo de unidad que se manejan en los costos para que estos puedan ser comparados y por lo tanto se facilite la toma de decisiones.

1. Identificar todo el problema que se pretenda resolver con la implantación del proyecto.
2. Cada problema debe ser traducido a la unidad de referencia del costo y referenciado a una cierta unidad de tiempo.



### **3.5.1. Costo de la inversión**

El costo de la inversión debe interpretarse como la oportunidad de invertir cierta cantidad de recursos en momentos definidos, a cambio de recibir otros beneficios por dicha inversión.

La inversión que se hará para implementar un sistema automático de empaque en una industria panificadora, debe de tomar en consideración factores que intervienen directa e indirectamente con el beneficio a obtener.

#### **3.5.1.1 Costo de repuestos**

Este costo es aquel en el que incurrió la empresa para la reparación y construcción de la máquina de empaque. A continuación, en la tabla VI. se presenta la lista y el precio de los repuestos utilizados.

**Tabla VI. Lista de repuestos**

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRECIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TOTAL</u>
Unidad de mantenimiento	<u>Q 1,000.00</u>	1	<u>Q 800.00</u>
1 caja alenbraile	<u>Q 50.00</u>	1	<u>Q 50.00</u>
Sensor	<u>Q 500.00</u>		<u>Q 500.00</u>
Contactador siemes 3TF42	<u>Q 300.00</u>	1	<u>Q 300.00</u>
Electrovalbulas 5/2 raíz ¼	<u>Q 200.00</u>	4	<u>Q 800.00</u>
Encoder	<u>Q 6,000.00</u>	1	<u>Q 6,000.00</u>
Guarda motor	<u>Q 350.00</u>	1	<u>Q 350.00</u>
Maniful de aluminio	<u>Q 500.00</u>	1	<u>Q 500.00</u>
Motor eléctrico 3/4 hp.	<u>Q 1,000.00</u>	1	<u>Q 1,000.00</u>
Pie de cadena paso 40	<u>Q 22.00</u>	25	<u>Q 550.00</u>
Pie de manguera de 8 mm.	<u>Q 3.50</u>	30	<u>Q 105.00</u>
Pistón neumático	<u>Q 1,200.00</u>	2	<u>Q 2,400.00</u>
Racor de 1/2 raíz para 10 mm.	<u>Q 8.00</u>	4	<u>Q 32.00</u>
Racor de 1/8 raíz para 8 mm.	<u>Q 8.00</u>	8	<u>Q 64.00</u>
Racor de 3/4 raíz para 8 mm.	<u>Q 8.00</u>	8	<u>Q 64.00</u>
Regulador de presión de ½	<u>Q 600.00</u>	1	<u>Q 600.00</u>
Relee de 8 pines MMK2P – 1	<u>Q 150.00</u>	4	<u>Q 600.00</u>
Transformador de corriente 440 - 120 AC	<u>Q 900.00</u>	1	<u>Q 900.00</u>
Transformador de corriente AC -DC 120 -24	<u>Q 900.00</u>	1	<u>Q 900.00</u>
Unión de cadena paso 40	<u>Q 10.00</u>	10	<u>Q 100.00</u>
Variador de frecuencia	<u>Q 1,500.00</u>	1	<u>Q 1,500.00</u>
Varios	<u>Q 500.00</u>	1	<u>Q 500.00</u>
			<u>Q 18,615.00</u>

Nota: todos los precios y costos fueron tomados con la cotización del dólar al día 22/10/03: \$.1 = Q. 8.18

### **3.5.1.2. Costo de mano de obra**

Este costo será tomado como el sueldo de un mecánico durante el lapso del proyecto, el cual será de 12 meses. El sueldo de un mecánico es de Q2,500.00 X 6 meses es = Q 30,000.

### **3.5.2 Costos de operación**

Aquí se toman en cuenta todos aquellos costos que intervienen cuando la máquina empacadora este en operación y todo lo que conlleva a mantenerla en funcionamiento.

Los costos que intervienen son los siguientes.

- Mano de obra directa (M.O.D.)
- Mano de obra indirecta (M.O.I.)
- Mantenimiento.

#### **COSTO DE M.O.D.**

El costo de mano de obra directa es aquel que se relaciona directamente con el producto en el área de empaque y será distribuido entre los operarios que trabajan directamente en el área. Con el nuevo sistema, se pretende que solamente trabajen el área 6 personas las cuales se distribuirán de la siguiente manera: 2 operarios se encontrarán situados antes de la cortadora de pan, otros 2 después de la cortadora, los cuales se encargarán de colar en pan el la banda transportadora la cual lleva el pan hacia la máquina de empaque, otro operario será el encargado de operar la máquina y, por último, otra persona será la que apile las bolsas empacadas en las canastas.

El costo M.O.D. de las 6 personas encargadas del área de empaque, cada una de ellas con un sueldo Q. 2,000.00 hacen un total M.O.D. de Q.12,000.00 mensuales.

### **COSTO DE M.O.I.**

El costo de mano de obra indirecta, involucra a todas aquellas personas que de una u otra forma tienen que ver con la producción del pan especial de 5 pulgadas. Entre ellas tenemos un supervisor, un jefe de mecánicos, Ing. de mantenimiento, Ing. de planta, Ing. de producción, encargados de limpieza.

A continuación se describen los sueldos de ellos:

**Tabla VII. Costo de M.O.I.**

<u>Descripción del puesto</u>	<u>Sueldo</u>	<u>No. de personas</u>	<u>Total</u>
Supervisor	Q 4,000.00	1	Q 4,000.00
Jefe de mecánicos	Q 5,000.00	1	Q 5,000.00
Gerente de mantenimiento	Q 9,000.00	1	Q 9,000.00
Ing de planta	Q 6,000.00	1	Q 6,000.00
Ing. De producción	Q 6,000.00	1	Q 6,000.00
Encargado de limpieza	Q 1,500.00	2	Q 3,000.00
		Total de M.O.I.	Q <u>33,000.00</u>

### Costo de mantenimiento

Son los costos periódicos necesarios para operar y mantener activo durante su vida útil a la maquinaria. Por lo general, consiste en gastos de materiales, lubricantes y repuestos de maquinaria. Estos costos se pueden manejar mensual o anualmente, esto depende de la empresa.

A continuación se describen los gastos de mantenimiento, éstos se tomarán como gastos mensuales.

**Tabla VIII. Costo de mantenimiento**

<u>Descripción</u>	<u>Sueldo</u>	<u>No. de personas</u>		<u>Total</u>
Mecánico	Q 2,500.00	2	Q	5,000.00
Repuestos varios	Q 500.00		Q	500.00
		Total	Q	<u>5,500.00</u>

### 3.5.3. Valor presente neto

Es el valor presente de los ingresos menos el valor presente de los egresos, o sea, el valor presente de los ingresos netos a una tasa de descuento y representa el excedente sobre la rentabilidad, a valores de hoy.

El costo de la inversión es igual a la sumatoria de costo de la maquinaria más el de repuestos más el costo de mano de obra.

$$\begin{aligned}\text{Costo de inversión} &= \text{Q. } 150,000.00 + \text{Q. } 18,615.00 + \text{Q. } 30,000.00 \\ &= \text{Q. } 198,615.00\end{aligned}$$

El costo de producción es igual a la sumatoria de mano de obra directa anual, más mano de obra indirecta anual, más el costo de mantenimiento anual.

$$\text{M.O.D.} = \text{Q. } 12,000.00 \times 12 = \text{Q. } 144,000.00$$

$$\text{M.O.I.} = \text{Q. } 33,000.00 \times 12 = \text{Q. } 396,000.00$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \text{Q. } 5,500.00 \times 12 = \text{Q. } 66,000.00$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de producción anual} &= \text{Q. } 144,000.00 + \\ &\quad \text{Q. } 396,000.00 + \\ &\quad \underline{\text{Q. } 66,000.00} \\ &\quad \text{Q. } 606,000.00 \end{aligned}$$

Los ingresos anuales por ventas ascienden a Q. 1.500,000.00

Cálculo del V.P.N.

**Tabla IX. Cálculo del V.P.N.**

(1)	(2)	(3)	(4)
Año	Inversión	Costo de producción	Total de egresos (2 + 3)
0	198,615.00	-	198,615.00
1	-	606,000.00	606,000.00
2	-	606,000.00	606,000.00
3	-	606,000.00	606,000.00
4	-	606,000.00	606,000.00
5	-	606,000.00	606,000.00

Continuación

(5)	(6)	(7)	(8)
Ingresos totales X ventas	Ingresos netos (5) – (4)	Factor P / F 30 %	Total de egresos (6) X (7)
-	- 198,615.00	1.0000	- 198,615.00
1.500,000.00	894,000.00	0.7692	687,664.80
1.500,000.00	894,000.00	0.5917	528,919.80
1.500,000.00	894,000.00	0.4552	406,948.80
1.500,000.00	894,000.00	0.3501	312,989.40
1.500,000.00	894,000.00	0.2693	240,754.20
		Total =	1.978,662.00

El valor presente neto es de Q. 1.978,662.00 a una tasa de descuento de 30%. Es decir que se tiene un excedente de Q. 1.978,662.00 a valores de hoy.

### 3.5.3.1. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el interés que hace equivalentes los costos con los ingresos. Consiste en determinar el % de utilidad sobre la inversión.

El TIR es la tasa de interés con la cual el VP de los ingresos netos se hace igual a VP de los egresos. La TIR se basa en que los ingresos brutos de una empresa o proyecto serán capaz de: reintegrar los costo (inversiones y gatos) y obtener una tasa de retorno.

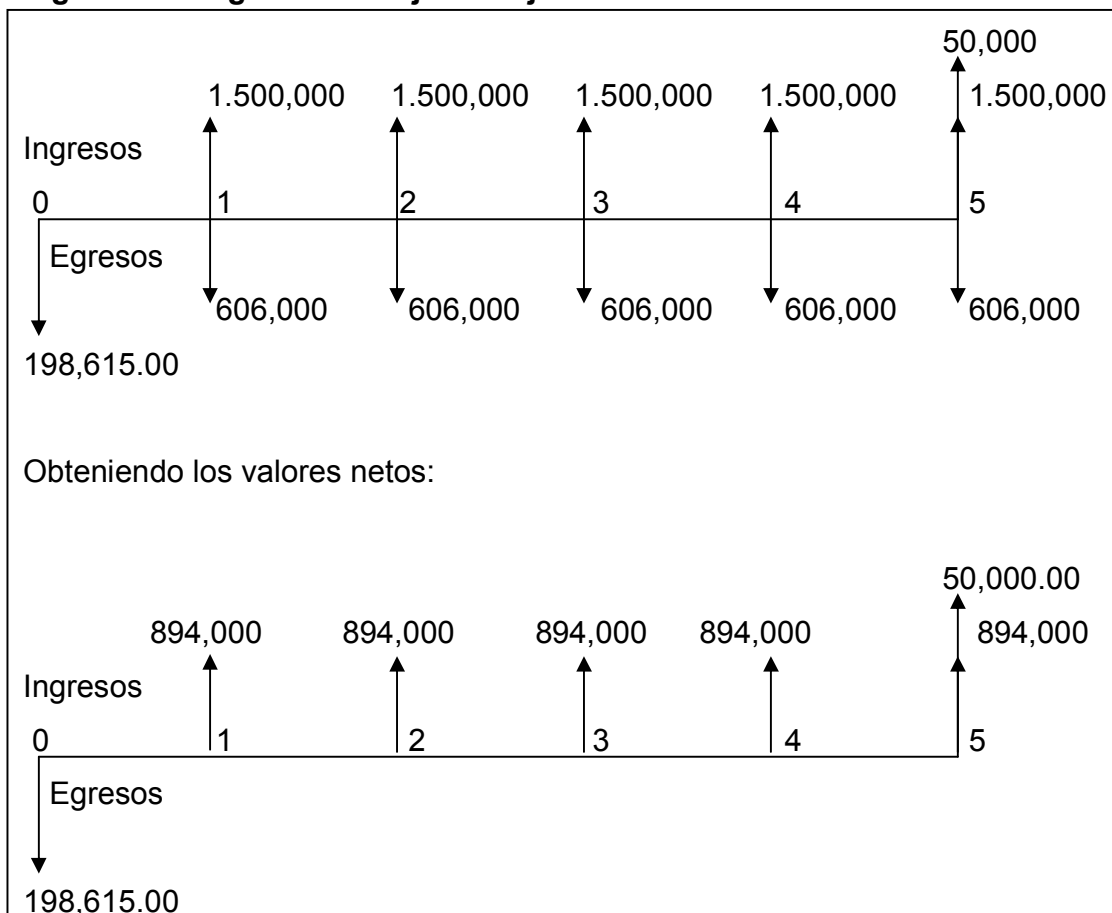
El método consiste en establecer una ecuación de tasa de retorno que iguale el VP de los egresos con el VP de los ingresos, es decir que la diferencia entre ambos sea cero ( $VP_{eg.} - VP_{ing.} = 0$ ).

El procedimiento es:

- 1ro. Determinar el flujo de caja y visualizarlo por medio de un diagrama.
- 2do. Establecer la ecuación de la TIR, que haga que  $VP_{eg.} - VP_{ing.} = 0$
- 3ro. Seleccionar los valores de  $i$  hasta determinar el valor  $i$  que satisfaga la ecuación.

### Paso No. 1

**Figura 10. Diagrama de flujo de caja**





## Paso No. 2

La ecuación de TIR

$$0 = VPing. - VPegr.$$

$$0 = -198,615.00 + 894,000.00 X ( P/A, 450.06\%, 5 \text{ años} ) + 50,000.00 X ( P/F, 450.06\%, 5 \text{ años} )$$

$$0 = -198,615.00 + (894,000.00 X 0.222153404) + (50,000 X 0.000198)$$

$$0 = -198,615.00 + 198605.1432 + 9.93$$

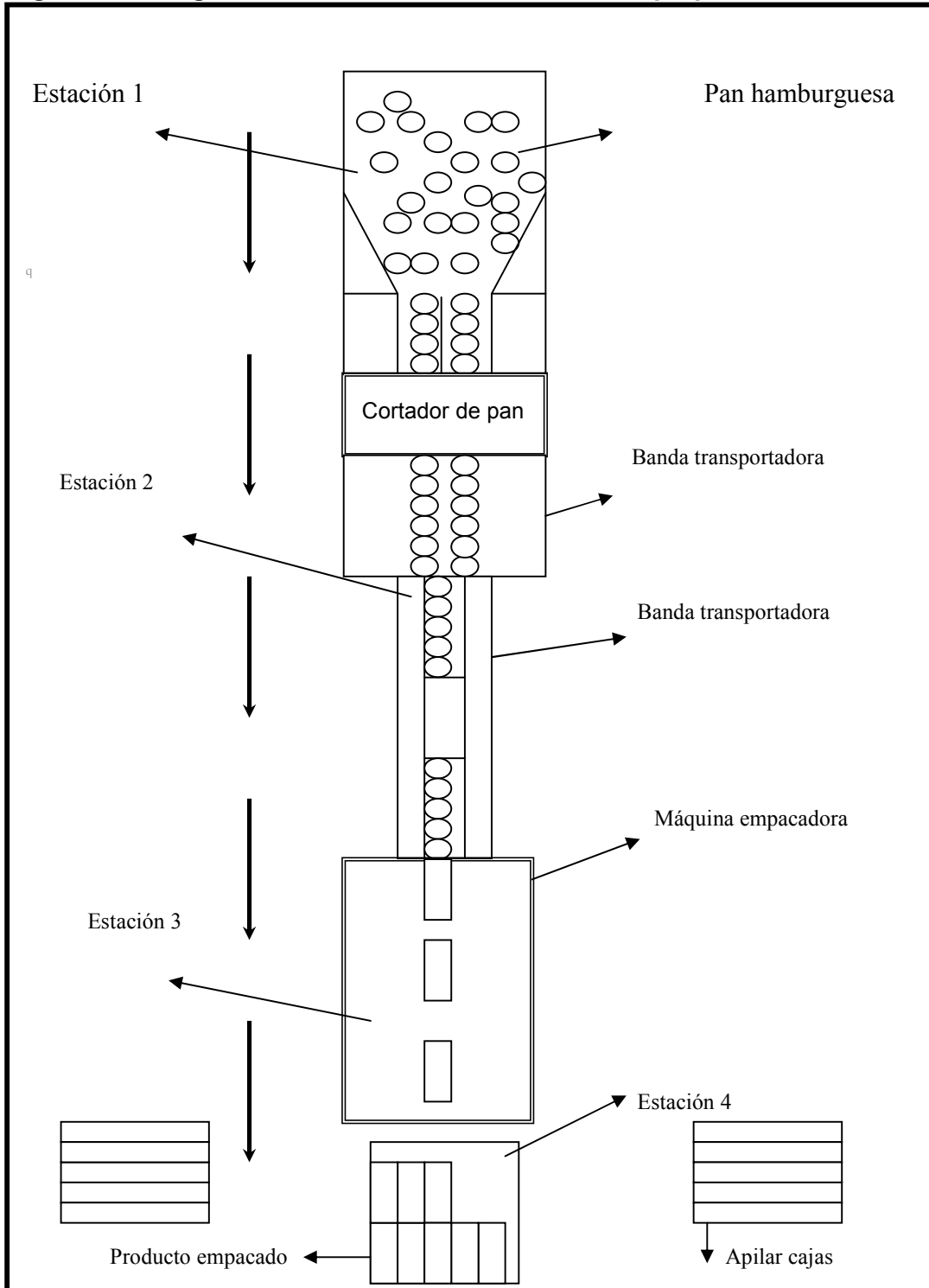
$$0 = -198,615.00 + 198,615.0732$$

$$0 = 0$$

Debido a que la tasa interna de retorno es alta si es factible realizar la inversión en la máquina de empaque.

### 3.6. Diagrama de recorrido del proceso en el área de empaque

Figura 11. Diagrama de recorrido en el área de empaque



## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO AUTOMÁTICO**

### **4.1. Método de control en el área de empaque**

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre tiempo de una variable de un producto o de un proceso, con el propósito de distinguir sus variaciones debido a causas comunes o causas especiales (atribuibles).

No siempre es indispensable que un punto caiga fuera de los límites de control. Lo que se observa en una carta de control no sólo es que un punto caiga fuera de los límites de control, sino cualquier formación o patrón de puntos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”.

La carta de control típica se compone de 3 líneas paralelas, comúnmente horizontales, que rematan a la izquierda en una escala numérica X. La línea central de una carta de control representa el promedio de la variable que se está graficando. Las otras dos líneas son de control superior e inferior sirven para ver gráficamente si el proceso está en control estadístico. Si al menos una de las dos puntas está fuera de los límites de control, entonces ésta es una señal de que el proceso está fuera de control estadístico, por lo que es necesario investigar.

Usos de la carta de control: su uso fundamental es contribuir a cada una de las actividades del Control Total de Calidad (CTC), controlar, mejorar e innovar procesos distinguiendo variables aleatorias de las especiales.

#### **4.1.1. Gráficos de control**

Los gráficos de control son técnicas estadísticas usadas para el estudio y control de procesos repetitivos.

##### **Gráfico de control por atributos**

Muestran la variación de la fracción defectuosa, o sea el número de defectos de la producción. Estos gráficos son una ayuda para la supervisión de la producción ya que proporciona datos acerca de cuándo y dónde ejercer presión para mejorar la calidad.

##### **Gráfico P**

Este gráfico se aplica a características de calidad que sólo pueden observarse como atributos. La gráfica P representa la ventaja de un menor costo, pues puede aplicarse a cualquier número de características que deseen observar en un artículo. El gráfico reduce considerablemente la porción defectuosa promedio de la producción.

##### **Gráfico np**

Este gráfico se utiliza cuando el tamaño de la muestra en las cartas p es constante, es más conveniente usar la carta np en la que se gráfica el número de artículos defectuosos por muestra, en lugar de proporción. Los límites de control para la carta np se obtienen bajo el supuesto de la distribución binomial, por lo que están dados por igual que la carta p donde n es tamaño de la muestra y p es la proporción promedio de artículos defectuosas por muestra.

La inspección se llevará a cabo en la máquina de empaque, en la cual se tomará como base las bolsas de empaque, las cuales pueden ser rechazadas debido a diferentes causas.

A continuación se muestran los datos obtenidos durante la inspección de 15 días consecutivos, cada día se inspecciona un lote, un lote contiene 400 unidades de bolsa, y las fracciones defectuosas por lote son las siguientes:

**Tabla X. Datos de grafico de control**

<b>Lote</b>	<b>Tamaño del lote</b>	<b>Cantidad de bolsas defectuosas (np)</b>	<b>Fracción de bolsas defectuosas (P)</b>
1	400	20	0.0500
2	400	5	0.0125
3	400	15	0.0375
4	400	12	0.0300
5	400	13	0.0325
6	400	19	0.0475
7	400	25	0.0625
8	400	9	0.0225
9	400	14	0.0350
10	400	6	0.0150
11	400	0	0.0000
12	400	2	0.0050
13	400	18	0.0450
14	400	3	0.0075
15	400	5	0.0125
		$\Sigma = 166$	$\Sigma = 0.415$

Cálculo para el gráfico P:

P promedio

$$P = \frac{\sum P}{n} = 0.415 / 15 = 0.0276$$

calculando límites:

$$LSC = P + 3 \sqrt{P(1-P)/n}$$

$$LCC = P$$

$$LIC = P - 3 \sqrt{P(1-P)/n}$$

$$LSC = 0.0276 + 3 \sqrt{0.0276 (1-0.0276) / 15} = 0.1545$$

$$LCC = 0.0276$$

$$LIC = 0.0276 - 3 \sqrt{0.0276 (1-0.0276) / 15} = 0.0993$$

Cálculo para el gráfico np:

np promedio

$$np = \frac{\sum np}{n} = 166 / 15 = 11.067$$

calculando límites:

$$LSC = np + 3 \sqrt{np(1-P)}$$

$$LCC = np$$

$$LIC = np - 3 \sqrt{np(1-P)}$$

$$LSC = 11.067 + 3 \sqrt{11.067 (1-0.0276)} = 20.91$$

$$LCC = 11.067$$

$$LIC = 11.067 - 3 \sqrt{11.067 (1-0.0276)} = 1.231$$

Figura 12. Gráfico P

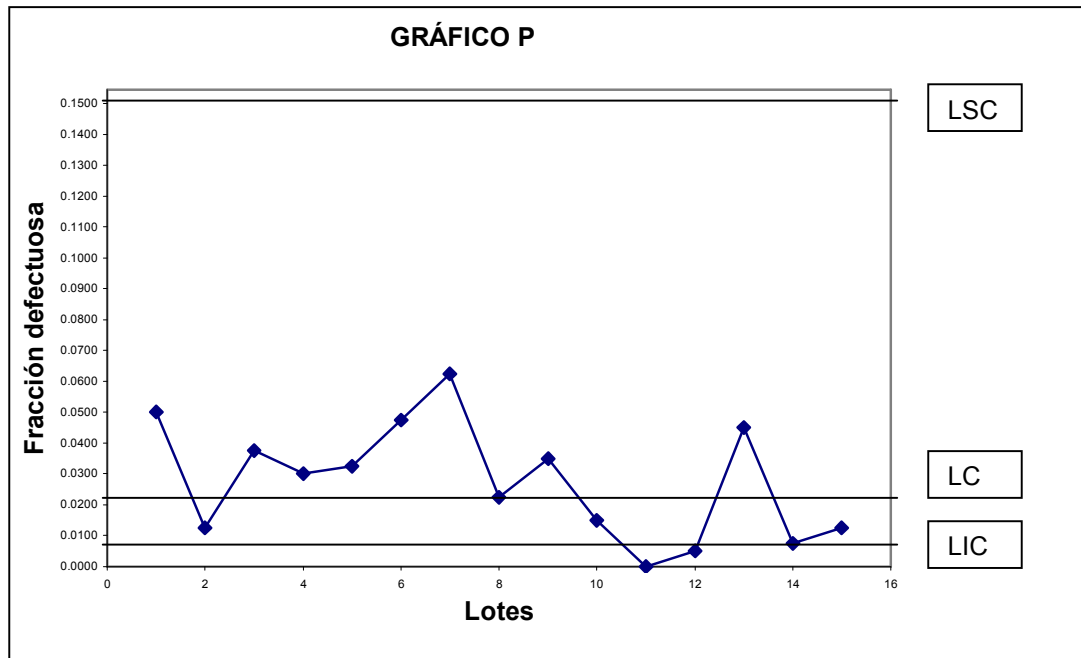
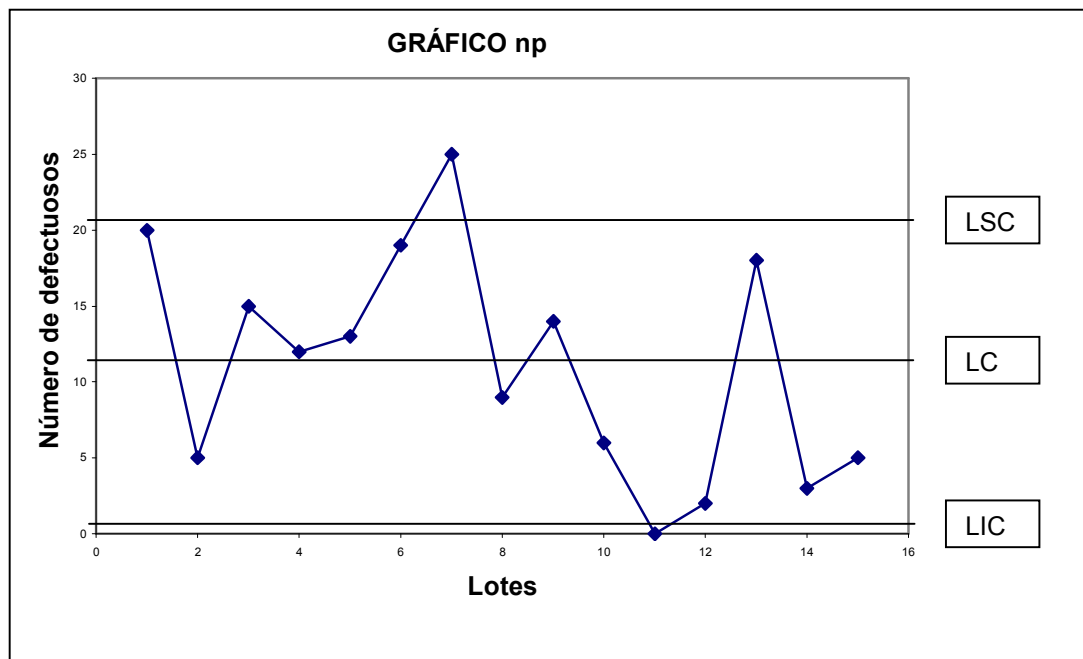


Figura 13. Gráfico np



## **4.2 Medición de la productividad**

Es la relación entre producción final y factores productivos utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a la que genera el trabajo: la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada, o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo.

Lo habitual es que la producción se calcule utilizando números índices (relacionados, por ejemplo, con la producción y las horas trabajadas), y ello permitirá averiguar la tasa en que varía la productividad.

Una de las claves del éxito de una empresa reside en saber incrementar la productividad. Pero, para ello, es preciso tener en cuenta el rendimiento total de la actividad productiva de los factores, y no sólo la productividad del trabajo. Cuando se aumenta la inversión en capital (compra de maquinaria) para reducir las necesidades del factor trabajo (y por lo tanto elevar la productividad de este factor) el objetivo debe ser aumentar el rendimiento de todos los factores. En la práctica, la productividad de cada factor es muy difícil de calcular porque no se puede identificar con exactitud qué parte de la producción se debe a cada uno de ellos. Además, la cantidad de factores utilizados en la producción varía con el tiempo. Debido a estas dificultades, las estadísticas relativas a la productividad deben interpretarse con cautela.

Las mejoras a corto plazo de los índices pueden reflejar una mejor utilización de la capacidad productiva, y no una mejora real de la productividad. En general, no se pueden realizar comparaciones entre diversos países porque en cada uno de ellos varía la forma de obtener datos sobre productividad.



Por lo común se vincula el crecimiento de los salarios a las mejoras en la productividad. Muchas empresas utilizan un sistema de pagos en función del trabajo realizado, de forma que parte del salario depende del rendimiento de cada trabajador. También es frecuente que la empresa que está negociando los salarios con los trabajadores asegure que la subida salarial sólo será posible si se produce un incremento de la producción; ésta es una forma de amenazar con una reducción de personal o plantilla si la subida salarial no va acompañada de un aumento de la productividad.

#### 4.2.1 Productividad de trabajo

Ahora, se estudiará el incremento en la productividad, obtenido con los cambios propuestos. La productividad se definió como la relación entre la producción obtenida en un proceso y los factores o recursos que se emplean para obtener dicho resultado.

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{Insumo gastado}} = \frac{\text{Desempeño alcanzado}}{\text{Recurso consumidos}}$$

- a) Productividad factor mano de obra: anteriormente, un operario empacaba 1 paquete en 12 segundos, en un minuto 4 paquetes, 8 operarios empacarán 32 paquetes en un minuto, en 15 minutos empacarán 480 paquetes, en una hora 1,920 paquetes, en 8 horas empacarán 15,360 paquetes. El número total de operarios en el área es de 11 una persona que le da vuelta al pan, 8 empacadores y 2 encajadores.

La productividad sería, producto / insumos:

$$\text{Productividad de trabajo} = \frac{15,360 \text{ paquetes}}{11 \text{ personas} \times 8 \text{ horas}} = 174.54 \text{ paquete / hora - hombre}$$

- b) Con el método propuesto, utilizando una velocidad media de 50 hertz, se empacarán 35 paquetes en un minuto, en una hora 2,100 paquetes, y en 8 horas 16,800 paquetes. Esto se hará utilizando 6 personas, una persona que le da vuelta al pan, 2 empacadores, un operario que controle la máquina y 2 encajadores.

$$\text{La productividad} = \frac{16,800 \text{ paquetes}}{6 \text{ personas} \times 8 \text{ horas}} = 350 \text{ paquete / hora - hombre}$$

La productividad se incrementó en un 100%:

$$\text{Cálculo del \%} = ( 350 - 174.54 / 174.54 ) = 1.005 \times 100 = 100 \%$$

#### **4.3. Balance de líneas**

En su concepto más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten las actividades simultáneas en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo. Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica.

#### **Equilibrio**

Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.

## **Continuidad**

Una vez iniciada la línea de producción debe continuar, pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones.

## **Cantidad**

El volumen o cantidad de producción deben ser suficientes para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

### **El balance de líneas se utiliza para:**

- Evitar cuello de botella.
- Estimar producción que se puede tener.
- Lograr definir la eficiencia con que se trabaja.
- Tratar de definir cuál es la velocidad de producción.
- Determinar el número ideal de obreros a asignar a una línea de producción

Hay que tomar en cuenta que la tasa de producción dependerá del operario mas lento.

### **4.3.1. Producción diaria**

Para calcular el balance de líneas en la producción diaria, se necesitarán de los siguientes datos.

- Los tiempos de la operaciones.
- Determinar el número de operadores necesarios para cada operación.

- Conocido el tiempo del ciclo minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Conocido el número de estaciones de trabajo asignar elementos de trabajo a las mismas.
- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.

Para calcular el número de operarios necesarios para el arranque de la operación, se aplica la siguiente fórmula:

$$NO = TE * IP/E$$

NO = número de operadores para la línea.

TE = tiempo estándar de la pieza.

IP = índice de producción.

E = eficiencia planeada.

**Tabla XI. Balance de líneas TE**

Operación	TE (min).
Estación 1	0.020
Estación 2	0.050
Estación 3	0.025
Estación 4	0.040
	$\Sigma = 0.160$

La producción requerida es de 16,800 paquetes.

El turno de trabajo es 8 horas.

Se plantea una eficiencia de 90%.

IP = índice de producción

IP = Producción / total minutos día.

IP = 16,800 / (8 \* 60)

IP = 35

$$NO = TE * IP/E$$

NO estación 1 = 0.020 X 35 / 0.90 = 0.77

NO estación 2 = 0.050 X 35 / 0.90 = 1.94

NO estación 3 = 0.030 X 35 / 0.90 = 1.16

NO estación 4 = 0.060 X 35 / 0.90 = 2.33

**Tabla XII. Balance de líneas número de operadores reales**

Operación	TE (min).	NO teóricos	NO reales
Estación 1	0.020	0.77	1
Estación 2	0.050	1.94	2
Estación 3	0.030	1.16	2
Estación 4	0.060	2.33	3
			$\Sigma = 8$

Operación	TE (min).	Min estándar asignados
Estación 1	0.020 / 1 = 0.020	0.025
Estación 2	<b>0.050 / 2 = 0.025</b>	0.025
Estación 3	0.030 / 2 = 0.015	0.025
Estación 4	0.060 / 3 = 0.020	0.025

Como se ve en la tabla, la operación dos es la que tiene el mayor número de minutos asignados y es la que determina la producción de la línea.

Paquete por día = (2 operarios X 480 min.) / 0.050 tiempo estándar = 19,200 paquetes.

La eficiencia de la línea es:

$E = (\text{minutos estándar por operación}) / (\text{minutos estándar asignados por número de operarios}) \times 100$

$$E = (0.160 / (0.025 \times 8)) \times 100 = 80 \%$$

## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1. Mantenimiento**

Es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y d e el servicio para el cual fue diseñado.

Todas la propiedades físicas de una planta pueden fallar o deteriorarse por causas naturales de antigüedad o por defectos del uso. Es posible que las causas del deterioro o falla sean inherentes al equipo, o bien a consecuencia de factores externos tales como el medio circulante y el personal que en él interviene.

#### **Actividades de mantenimiento**

Tiene como objetivo conservar en perfecto estado de funcionamiento todos los elementos productivos de la empresa, para lograr su máximo rendimiento, con la calidad adecuada y con un mínimo costo. Implica las siguientes actividades:

- Eliminar daños sistemáticos que producen un aumento en los costos de mantenimiento.
- Repara los daños que puedan producirse en máquinas e instalaciones en un mínimo de tiempo.
- Verificar la calidad de fabricación de máquinas e instalaciones para evitar deterioros prematuros.

- Reacondicionar máquinas e instalaciones.
- Prever las posibles averías con anticipación suficiente para que estas no se produzcan, eliminando los imprevistos.
- Realizar una correcta gestión de existencia de repuestos y de materiales de mantenimiento.

### **Factores que subrayan la importancia del mantenimiento**

- Creciente mecanización; es cada vez mayor en la industria, ha reducido el costo de mano de obra directa; pero a la vez ha impuesto la exigencia de conservar debidamente los medios de producción y el servicio que presenta.
- Aumento de inventarios de repuestos; la mecanización de la industria y la complejidad de los elementos que la forman exige la existencia de repuestos y accesorios.
- Controles más estrictos de producción; aun cuando esta clase de controles ha reducido al mínimo los inventarios de materiales entre las distintas operaciones, ha provocado que sea mayor el impacto de las interrupciones en la producción.
- Plazos de entrega cortos; han hecho que disminuyan los inventarios de productos terminados proporcionando un mejor servicio al cliente, al mismo tiempo han aumentado el efecto perjudicial de las interrupciones en la producción.



- Exigencias crecientes de buena calidad; una buena calidad en el producto terminado mejora las ventas, pero también hace relevante la urgencia de corregir cualquier condición impropia de producción como de la calidad de la misma.
- Costos mayores; son el resultado de una mano de obra cada vez más cara y el constante aumento de los precios de materia prima y accesorios.

#### **5.1.1. Mantenimiento preventivo**

Es la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratan de eliminar las averías que originan las interrupciones.

Un buen mantenimiento preventivo se debe coordinar con: visitas, éstas son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado; para ser consideradas como tales, las visitas deben ser rápidas, deteniendo el equipo (si es necesario) el menor tiempo posible, verificar las inspecciones en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo trabaja en condiciones de rendimiento óptimo.

## **Mantenimiento preventivo contra avería**

Las averías son costosas, directa o indirectamente, porque pocas veces falla uno de los elementos de una instalación sin provocar un desarreglo en un componente relacionado con lo que se reduce su tiempo admisible de avería. En la tentativa de aminorar las averías la extensión de las operaciones de mantenimiento preventivo pueden llegar a tal punto que su costo exceda al de las averías.

### **5.1.2. Mantenimiento correctivo**

Este se subdivide en reparación y mantenimiento de avería.

#### **Reparación de avería**

Se le llama también correctivo, es una reacción que se produce cuando la máquina o instalación ha dejado de funcionar. Su función se inicia al presentarse la avería, es decir, se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo se planean actividades.

#### **Mantenimiento de avería**

El tipo de avería ya se ha previsto, sea por medios estadísticos o por instrucciones del fabricante; aunque no se ha localizado en el tiempo. Pero ya se ha elaborado un plan previo de reparación acorde con los recursos con los que se cuenta.

## 5.2. Hojas del control de funcionamiento de la máquina

El propósito de las hojas de control es mantener funcionando la máquina de empaque, con un alto rendimiento durante su vida útil. Los distintos tipos de chequeo que se le realizara a la máquina de empaque varían desde verificación visual hasta cambio de piezas por deterioro.

### 5.2.1. Revisión diaria

Tabla XIII. Revisión diaria

Elemento	Observaciones
Regulador de presión	La presión de aire se debe mantener en un rango de 40 – 60 Psi.
Unidad de mantenimiento	La unidad de mantenimiento se debe de purgar, para evitar el condensado en el sistema
Máquina de empaque	Limpiar la banda transportadora. Limpiar el área de trabajo

### 5.2.2. Revisión semanal.

**Tabla XIV. Revisión semanal**

<b>Elemento</b>	<b>Observaciones</b>
Faja	Revisar la tensión en la faja
Sensor	Limpiar espejo reflector
Máquina de empaque	Limpieza general
Cadenas	Lubricar cadenas y engranajes
Engranajes	Revisar tensión en cadenas

### 5.2.3. Revisión trimestral

**Tabla XV. Revisión trimestral**

<b>Elemento</b>	<b>Observaciones</b>
Caja reductora	Cambiar aceite y cojinetes
Cojinetes	Cambiar los cojinetes que sean sellados y engrasar los que requieran de engrase
Faja	Cambiar faja
Motor eléctrico	Cambiar carbones Limpieza general Cambiar cojinetes
Tablero eléctrico	Limpiar contactos
Máquina de empaque	Limpieza general Engrasar piezas

### **5.3. Stock de repuestos**

Para estar listos ante cualquier emergencia, se debe mantener un stock de repuestos en bodega, con el fin de responder ante cualquier necesidad o emergencia. A continuación se detallan una lista de los repuestos de la máquina de empaque:

1. Un transformador de corriente AC – DC.
2. Un motor de  $\frac{3}{4}$  HP de 2 cm en el eje de diámetro
3. Una caja reductora modelo 2225-B-02
4. Un transformador de corriente AC de 440 - 120
5. Reles de 8 pines tipo MK 2P-1 de 250 V AC ~ / 28 VDC
6. Faja número 54
7. Cadena paso 40 y 50
8. Electro-válvulas 5/2 de raíz de  $\frac{1}{4}$
9. Manguera de 8 mm. de diámetro

## CONCLUSIONES

1. La medición de la productividad reveló que la eficiencia se incrementó un 100%, debido a que se logró disminuir el número de personas utilizadas en el área, la velocidad de empaque aumentó y por consiguiente el número de unidades empaçadas.
2. La eficiencia obtenida en el balance de líneas en la producción diaria fue de 80%, lo cual indica que se está trabajando bien pero se puede mejorar.
3. El análisis de costo-beneficio, nos proporcionó por medio del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno que sí es factible la implementación del equipo automático en la empresa, pues la Tasa Interna de Retorno es alta y el Valor Presente Neto tiene un excedente alto y por consiguiente la recuperación de la inversión es pronta.
4. El tipo de mantenimiento que se le debe dar a la máquina de empaque es el preventivo, esto se hará siguiendo el formato que se estableció en las hojas de control de la máquina.
5. Se estableció un proceso continuo, ya que las operaciones de empaque que se realizaban anteriormente a mano fueron eliminadas por la máquina de empaque.





## RECOMENDACIONES

1. Para que los benéficos de la implementación del nuevo método perduren a lo largo del tiempo, será necesario que el ingeniero de planta en la empresa busque otras nuevas formas de mejoramiento continuo para beneficio de la empresa.
2. Involucrar a todos los miembros de la empresa, sin importar su puesto, en la búsqueda constante de mejoras al proceso de pan.
3. Los beneficios del aumento obtenido en la productividad, deberán extenderse a todos los niveles de la organización, de tal forma que todos, la dirección y los trabajadores, puedan desarrollarse y mejorar su nivel de vida.
4. Deberán evaluarse y cuestionarse en cada área de trabajo, de tal forma que se identifiquen nuevos problemas y solución a los mismos.
5. Debe tenerse presente que el personal es el recurso más importante de la empresa. Sin su participación, ningún método de trabajo, por optimizado que sea, podrá tener éxito. Deberá entonces prestarse la debida atención a su desarrollo, como capacitación y promociones de puesto.
6. Mantener un ambiente agradable en el área de trabajo, para que los operarios y supervisor se desenvuelvan de mejor forma en sus labores.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Niebel, Benjamín. **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos.** 3ra. Edición México: Editorial Alfa-omega, S.A. 1990.
2. Krick, Edward. **Ingeniería de métodos.** México: Editorial Limusa, S.A., 1967.
3. Harrington, James. **Cómo incrementar la calidad en la productividad.** 2ª ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1988.
4. Samuels, Sydney Alexander. **Preparación y evaluación de proyectos de infraestructura.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
5. Torres Méndez, Sergio Antonio. **Ingeniería de plantas.** Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001.
5. Blank, Leland y Anthony Tarquin. **Ingeniería económica.** 2da. Edición. Colombia: Editorial MacGraw-Hill, 1990.