



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN
LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S.A.**

Julio Enrique Román Gamboa

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN
LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO ENRIQUE ROMÁN GAMBOA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 5 de mayo de 2016.


Julio Enrique Román Gamboa

Guatemala 9 de agosto de 2016

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Peralta:

Por este medio hago constar que revisé y aprobé el trabajo de graduación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S.A.”**, elaborado por el estudiante Julio Enrique Román Gamboa, con carné 2012-12900, previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

Considero que llena satisfactoriamente los requisitos establecidos por el reglamento de trabajos de graduación de la facultad de ingeniería, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, me es grato suscribirme,

Atentamente,


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Colegiado No. 3071

Asesor



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Julio Enrique Román Gamboa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Martha Wolford Estrada
Ingeniera Industrial
Colegiada 8659

Inga. María Martha Wolford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

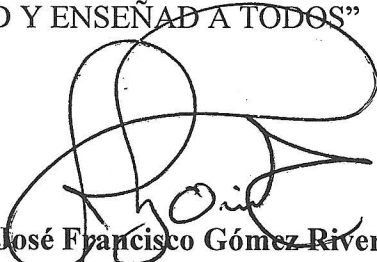
Guatemala, octubre de 2016.

/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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Julio Enrique Román Gamboa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp

De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.012-2017

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 E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE LA INOCUIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOLA EN SALUVITA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Julio Enrique Román Gamboa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

2017
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, enero de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, guiarme e iluminar mi camino. Sin ti nada de esto hubiese sido posible.
- Mis padres** Julio Amílcar Román y Gilma de Román, todo lo que soy se los debo a ustedes. Gracias por apoyarme a alcanzar mis sueños, los amo.
- Mi hermana** Mabel Alejandra Román Gamboa, porque has sido mi compañera de vida. Te amo y que mi triunfo te motive a seguir adelante.
- Mis abuelos** Julio César Román y Ana de Román, por su amor. Carlos Gamboa y Cira Robles (q. e. p. d.), gracias por ser unos segundos padres para mí y por todo su amor. Los amo.
- Mis tíos** Verónica de Santizo, Eddy Román y en especial a Carlos Gamboa, Víctor Gamboa, Eric Gamboa, Edgar Román (q. e. p. d.) y Edgar Sánchez.
- Mis primos** Por su cariño, apoyo y que mi ejemplo los motive a alcanzar sus metas y cumplir sus sueños.
- Mi novia** Lidice Alvarez, gracias por creer en mí, por todo tu apoyo, comprensión y amor. Te amo mucho.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser abrimme las puertas al conocimiento y permitirme alcanzar esta meta.
Facultad de Ingeniería	Por formarme profesionalmente y darme el honor de ser parte de ella.
Mis amigos	Josselyn Alvarez, Raúl Chang, Josué Beltetón, Carlos Sánchez, Miguel Ángel Colindres, Ángel Palacios, Luis Aguirre, Walter Granados, Edgar Chis, Samuel Chis y Jorge Corado, por su amistad, apoyo y cada uno de los momentos compartidos.
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez	Por compartir sus conocimientos, brindarme su tiempo y apoyo en mi trabajo de graduación
Saluvita, S.A.	Por abrimme las puertas y brindarme el apoyo para la realización de este trabajo.
Licda. Carmen Alicia Domínguez Juárez	Por su apoyo en mi carrera y su cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	3
1.1.4. Organización.....	3
1.1.5. Producto	4
1.2. Proceso de producción de granola	5
1.2.1. Distribución de planta	6
1.2.2. Diagrama de operaciones de proceso	8
1.2.3. Diagrama de flujo.....	10
1.2.4. Diagrama de recorrido	15
1.3. Instalaciones físicas de la planta de producción.....	17
1.3.1. Descripción de las paredes.....	20
1.3.2. Descripción de los pisos	22
1.3.3. Descripción de techo	23
1.3.4. Iluminación.....	25
1.3.5. Ventilación	28

1.3.6.	Señalización	32
1.4.	Maquinaria empleada en el proceso de producción	34
1.4.1.	Hornos industriales.....	34
1.4.2.	Selladora continua vertical	36
1.4.3.	Ralladora de coco	38
1.4.4.	Dosificadora volumétrica	39
1.4.5.	Mantenimiento actual del equipo	40
1.4.6.	Análisis de riesgos y puntos críticos de control en la maquinaria.....	40
1.4.6.1.	Riesgos físicos	41
1.4.6.2.	Puntos críticos de control	43
1.4.6.3.	Identificación de puntos críticos de control.....	45
2.	PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO....	51
2.1.	Mantenimiento y su relación con la inocuidad.....	51
2.2.	Tipo de mantenimiento por implementar	52
2.3.	Inventario y codificación de equipos	53
2.4.	Inventario de repuestos, lubricantes e insumos	55
2.5.	Estructura del plan de mantenimiento	58
2.5.1.	Visitas o inspecciones	58
2.5.1.1.	Inspecciones visuales	58
2.5.1.2.	Reparaciones menores	59
2.5.1.3.	Métodos no destructivos.....	59
2.5.1.4.	Rutinas de inspección para equipos.....	60
2.5.2.	Revisiones.....	61
2.5.2.1.	Reparaciones	61

	2.5.2.2.	Desmontaje y reemplazo de partes.....	61
	2.5.2.3.	Rutinas de revisión de equipos.....	62
2.5.3.		Lubricación periódica.....	63
	2.5.3.1.	Importancia de la lubricación.....	63
	2.5.3.2.	Tipos de lubricantes.....	63
	2.5.3.3.	Rutinas de lubricación.....	64
2.5.4.		Limpieza.....	65
	2.5.4.1.	Rutinas de limpieza de la maquinaria.....	66
	2.5.4.2.	Mejoramiento de las instalaciones.	67
	2.5.4.2.1.	Iluminación.....	67
	2.5.4.2.2.	Ventilación.....	84
	2.5.4.2.3.	Señalización industrial.....	92
	2.5.4.2.4.	Pisos, techos y paredes.....	95
	2.5.4.3.	Rutinas de limpieza para las instalaciones.....	100
2.6.		Análisis de costos.....	101
	2.6.1.	Costo total de la propuesta.....	102
	2.6.2.	Análisis beneficio costo.....	120
3.		IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	125
	3.1.	Planificación del mantenimiento.....	125
	3.2.	Registros para programar el mantenimiento.....	126
	3.2.1.	Ficha histórica del equipo.....	126
	3.2.2.	Hoja de ruta.....	127

3.2.3.	Orden de trabajo de mantenimiento	128
3.2.4.	Fichas de lubricación.....	130
3.3.	Departamento de mantenimiento	131
3.3.1.	Descripción de puestos	131
3.3.2.	Organización	134
3.3.3.	Ejecución de las órdenes de trabajo	135
3.4.	Capacitación del personal de producción sobre inocuidad.....	138
3.4.1.	Procedimiento para el lavado de manos	138
3.4.2.	Manipulación correcta de alimentos	141
3.4.3.	Enfermedades transmitidas por alimentos	144
3.4.4.	Importancia de la limpieza y desinfección	146
3.4.5.	Indumentaria	148
4.	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN.....	151
4.1.	Desechos generados	152
4.1.1.	Cáscara de coco	152
4.1.2.	Residuos de avena.....	153
4.1.3.	Bolsas plásticas.....	154
4.1.4.	Cartón.....	155
4.1.5.	Tusa	156
4.2.	Método actual de manejo de desechos.....	157
4.2.1.	Descripción del método	157
4.2.2.	Responsables.....	158
4.3.	Control propuesto para el manejo de desechos	158
4.3.1.	Clasificación de desechos	158
4.3.1.1.	Orgánicos	159
4.3.1.2.	Inorgánicos.....	159

4.3.1.3.	Código de colores para contenedores	159
4.3.2.	Ficha para el control de desechos	160
4.3.2.1.	Formato de la ficha de control	161
4.3.2.2.	Responsables del control	162
4.3.3.	Almacenamiento y cuantificación.....	162
4.3.4.	Destino final de desechos.....	164
5.	CONTROL Y MEJORA CONTINUA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	167
5.1.	Importancia del control del mantenimiento	167
5.2.	Sistema para el control del mantenimiento.....	171
5.2.1.	Control de las órdenes de trabajo.....	172
5.2.2.	Procesamiento de las órdenes de trabajo	174
5.2.3.	Reporte semanal	177
5.2.3.1.	Formato del reporte	178
5.2.3.2.	Encargados de su elaboración	179
5.3.	Supervisión del mantenimiento y limpieza.....	179
5.4.	Índices de evaluación del mantenimiento	182
5.4.1.	Índice de confiabilidad	183
5.4.2.	Eficacia del equipo.....	184
5.4.3.	Índice de horas de averías	185
5.4.4.	Índice de trabajos atendidos	186
	CONCLUSIONES	187
	RECOMENDACIONES.....	189
	BIBLIOGRAFÍA.....	191

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	4
2.	Granola Saluvita.....	5
3.	Distribución de la planta Saluvita, S.A.....	7
4.	Diagrama de operaciones de proceso de la granola	9
5.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de granola	12
6.	Diagrama de recorrido del proceso de granola	16
7.	Área de hornos.....	18
8.	Área de lavado y mezclado	18
9.	Área de empaque.....	19
10.	Área de producto terminado.....	19
11.	Paredes.....	21
12.	Piso	23
13.	Techo	24
14.	Alumbrado general.....	26
15.	Alumbrado general localizado	26
16.	Alumbrado localizado	27
17.	Ventilación natural.....	30
18.	Ventilación mecánica positiva	31
19.	Ventilación mecánica negativa.....	31
20.	Señalización en paredes	33
21.	Señalización en puertas	33
22.	Hornos Industriales dobles.....	35
23.	Hornos industriales simples	35

24.	Selladora.....	37
25.	Componentes de la selladora	37
26.	Ralladora de coco	38
27.	Dosificadora volumétrica de sólidos.....	39
28.	Matriz de evaluación de riesgos	42
29.	Árbol de decisiones.....	44
30.	Árbol de decisiones empleado al proceso de horneado	46
31.	Árbol de decisiones empleado al proceso de rallado.....	47
32.	Árbol de decisiones empleado al proceso de dosificación	48
33.	Árbol de decisiones empleado al proceso de empaque.....	49
34.	Estructura del código para maquinaria	54
35.	Cavidades del ambiente	69
36.	Tubo fluorescente 32W.....	83
37.	Extracción por el techo	85
38.	Dimensiones de la nave industrial	87
39.	Gráfico velocidad del viento vs caudal de aire	90
40.	Extractor eólico	91
41.	Señal de peligro.....	93
42.	Señales de prohibición.....	93
43.	Señales de obligación.....	94
44.	Piso epóxico	95
45.	Curva sanitaria.....	96
46.	Pintura látex antibacterial.....	99
47.	Gastos de operación enero 2014 - junio 2016	111
48.	Ventas históricas de enero 2014 - junio 2016.....	116
49.	Diagrama de flujo de efectivo	122
50.	Ficha histórica del equipo	127
51.	Hoja de ruta	128
52.	Orden de trabajo de mantenimiento.....	129

53.	Ficha de lubricación	130
54.	Nueva organización.....	134
55.	Diagrama de flujo del proceso de ejecución de órdenes de trabajo	136
56.	Procedimiento para el lavado de manos	140
57.	Indumentaria propuesta.	149
58.	Cáscara de coco	152
59.	Residuos de avena.....	153
60.	Bolsas plásticas	154
61.	Cajas de cartón	155
62.	Hojas de tusa	156
63.	Código de colores para contenedores.....	160
64.	Ficha para el control de desechos	161
65.	Área para almacenamiento de desechos	163
66.	Ciclo de control de proceso.....	169
67.	Control del mantenimiento para la empresa.....	170
68.	Estructura para el control del mantenimiento	172
69.	Ficha para el control de órdenes de trabajo	174
70.	Procesamiento de órdenes de trabajo.....	176
71.	Reporte semanal de mantenimiento	178
72.	Lista de control para limpieza de la planta	181

TABLAS

I.	Símbolos de los diagramas de operaciones de proceso.....	8
II.	Símbolos adicionales en diagramas de flujo	11
III.	Datos de iluminancia en la planta de producción.....	28
IV.	Análisis de riesgos de la maquinaria.....	42
V.	Recursos empleados en cada proceso.....	45
VI.	Códigos de área y proceso	54
VII.	Codificación de equipos.....	55
VIII.	Lista inicial de repuestos, lubricantes e insumos	56
IX.	Lista inicial de repuestos, lubricantes e insumos (continuación)....	57
X.	Rutinas de inspección.....	60
XI.	Rutinas de revisión	62
XII.	Rutinas de lubricación.....	64
XIII.	Rutinas de limpieza.....	66
XIV.	Clasificación de los trabajos y rangos de iluminación	68
XV.	Coeficiente del reflexión.....	70
XVI.	Factor de mantenimiento para luminarias.....	71
XVII.	Coeficiente de utilización para luminarias.....	73
XVIII.	Reflectancias efectivas de techo y piso	75
XIX.	Factores de multiplicación	76
XX.	Renovaciones de aire por hora	89
XXI.	Rutinas de limpieza.....	100
XXII.	Costos de ventilación.....	102
XXIII.	Costo de iluminación.....	103
XXIV.	Costos de mejora en paredes, piso y techo.....	104
XXV.	Costos de señalización	105
XXVI.	Costos del inventario inicial de repuestos, materiales e insumos	106

XXVII.	Costos del inventario inicial de repuestos, materiales e insumos (continuación)	107
XXVIII.	Costo inversión inicial.....	108
XXIX.	Gastos de operación del mes de junio de 2016	109
XXX.	Gastos de operación enero 2014 - junio 2016	110
XXXI.	Índices estacionales para los gastos de operación	113
XXXII.	Pronóstico de riesgo para los gastos de operación.....	114
XXXIII.	Ventas históricas.....	115
XXXIV.	Índices estacionales para las ventas.....	118
XXXV.	Pronóstico de riesgo de ventas	119
XXXVI.	Flujo de caja del proyecto	121
XXXVII.	Puesto de auxiliar de mantenimiento	132
XXXVIII.	Puesto de gerente de mantenimiento.....	133
XXXIX.	Destino final de los desechos.....	165

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A_p	Área proyectada del techo horizontalmente
A_s	Área superficial del techo
B/C	Relación beneficio costo
cm	Centímetros
E	Iluminación
F_m	Factor de mantenimiento
h_{ca}	Cavidad del cuarto
h_{cc}	Cavidad del techo
h_{cp}	Cavidad del piso
K	Coefficiente de utilización
K'	Factor de utilización corregido
Kg	Kilogramos
Lb	Libras
Lx	Iluminancia
min	Minutos
m	Metros
m^2	Metros cuadrados
m^3	Metros cúbicos
OMS	Organización mundial de la salud
Qe	Caudal extraído
Ra	Renovaciones de aire por hora

RCA	Relación de cavidad para paredes
RCC	Relación de cavidad para el cielo raso
RCP	Relación de cavidad para el piso
W	Potencia eléctrica en Watts
ρ	Coeficiente de reflexión
ρ_c	Coeficiente de reflexión para el techo
ρ_{cc}	Reflectancia efectiva de cavidad
ρ_f	Coeficiente de reflexión para el piso
ρ_p	Coeficiente de reflexión para la pared
\emptyset	Flujo lumínico total

GLOSARIO

Avería	Daño que impide el funcionamiento de un equipo o máquina.
Batch	Procesos que sufre la materia prima cuando es transformada en sucesivas operaciones hasta obtener un producto final.
Blower	Término en inglés usado para referirse al ventilador de una máquina.
Confiabilidad	Cualidad de una máquina de operar determinado tiempo sin que esta llegue a fallar.
Contaminación	Es la introducción de sustancias a un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso.
Control	Es la actividad de planificar y regular un proceso con el objetivo de ejecutarlo de manera eficaz.
Corrosión	Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos.
Check list	Son formatos utilizados para realizar tareas repetitivas, controlar su cumplimiento o recolectar datos de forma ordenada y sistemática.

Desecho	Son materiales o sustancias que no tienen utilidad en un proceso.
Diagrama	Representación gráfica de un proceso o fenómeno que se utiliza para resolver un problema.
Eficacia	Es la capacidad de lograr un objetivo que se desea o se espera.
Eficiencia	Es la capacidad de alcanzar un objetivo pero con la utilización óptima de los recursos.
Higiene	Conjunto de conocimientos y técnicas que aplican los individuos para el control de los factores que pueden ocasionar efectos nocivos para la salud.
Iluminación	Es la acción o efecto de iluminar un espacio mediante el conjunto de dispositivos artificiales o mediante el aprovechamiento de fuentes naturales, como lo es la luz solar.
Iluminancia	Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie pro unidad de área. Su unidad de medida es el lux.
Indumentaria	Nombre genérico que se le da a la ropa o equipo que cubre y resguarda el cuerpo del ambiente o de agentes que puedan dañarlo.

Inocuidad	Concepto que implica que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con el uso previsto.
Lubricación	Es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento respecto de la otra, mediante la separación por una sustancia llamada lubricante.
Lixiviados	Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.
Microorganismo	Ser vivo o sistema biológico que solo puede visualizarse por microscopio los cuales en su mayoría son unicelulares.
Nave industrial	Edificio de uso industrial que alberga la producción y/o almacena los bienes industriales, junto con los obreros y máquinas.
<i>Outsourcing</i>	Proceso por el cual una empresa delega una porción de negocio a una compañía externa.
<i>Pallet</i>	Es una estructura de madera o plástico empleado para el movimiento de la carga.

Proceso	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas encargadas a la transformación de entradas a salidas o productos dentro de un sistema.
Reflectancia	Capacidad de un cuerpo de reflejar la luz.
Riesgo	Medida de magnitud de daños frente a una situación peligrosa.
<i>Stand-by</i>	Estado de una máquina que se encuentra conectada pero en reposo a la espera de ser utilizada.
Termocupla	Sensor de temperatura más común. Es fabricado por dos alambres de diferente material soldados en uno de sus extremos, que al momento de presenciar un cambio de temperatura se genera una diferencia de potencial el cual aumenta con la temperatura.
TMAR	Tasa de descuento.
Ventilación	Renovación de aire del interior de una edificación mediante la extracción o inyección de aire.
VPN	Valor presente neto

RESUMEN

En toda empresa dedicada a la producción de alimentos, la inocuidad es un factor crítico del cual dependerá la calidad del producto final y que lo acepten los consumidores. Las máquinas forman parte importante dentro del proceso de transformación de la materia prima. Por eso, deben estar en las mejores condiciones, de manera que su interacción con los alimentos no produzca riesgos para la inocuidad de estos.

En el presente trabajo, se dan a conocer los antecedentes y la situación actual de la empresa Saluvita, S.A. Para ello, se expuso su historia; se dio a conocer su misión, visión, organización y la granola, como producto estrella de esta empresa. Se elaboró un análisis del proceso de elaboración de granola mediante diagramas de proceso, flujo y de recorrido. Además, se describen las características de las instalaciones físicas, como el techo, piso, paredes, ventilación, iluminación y señalización. Se describe su condición actual la maquinaria utilizada en el proceso, el mantenimiento actual y se realizó un análisis de riesgos y puntos críticos de control mediante un árbol de decisiones, para determinar la necesidad del mantenimiento y limpieza de los equipos.

Se presenta el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, cuya finalidad será mejorar las condiciones en que los equipos prestan el servicio para el cual fueron creados. Asimismo, se propone prolongar la vida útil de la maquinaria y garantizar la eliminación de los riesgos para la inocuidad de los productos.

Se proponen las rutinas de mantenimiento de los equipos, formatos para el registro de dichas rutinas, formatos para el control de la limpieza de la planta, la creación de un departamento de mantenimiento y un método para el manejo y control de los desechos generados en la producción.

Dentro del plan de mantenimiento también se proponen mejoras para la planta, la iluminación, ventilación, techo, piso, paredes y señalización industrial. Las mejoras se basan en los principios de las buenas prácticas de manufactura. Se estimaron los costos para las mejoras y las herramientas, repuestos e insumos necesarios para las tareas de mantenimiento y limpieza, para luego realizar un análisis financiero de la inversión para determinar la rentabilidad de la misma.

Por último, se propone un sistema de control y el uso de indicadores del mantenimiento para controlar y medir la eficiencia con la cual las tareas han sido ejecutadas, medir el desempeño del personal que las realiza, determinar la confiabilidad que se ha logrado en los equipos y la progresiva reducción de las fallas.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo como herramienta de mejora de la inocuidad del proceso de elaboración de granola en Saluvita, S.A.

Específicos

1. Determinar el tipo de plan de mantenimiento más conveniente para la empresa para mejorar las condiciones de la maquinaria y eliminar los riesgos que afecten la inocuidad del proceso.
2. Analizar si la planta de producción posee las condiciones adecuadas en ámbitos de higiene para la elaboración de productos alimenticios.
3. Identificar los riesgos físicos generados por la condición actual de la maquinaria que puedan afectar la inocuidad del proceso.
4. Establecer los principios de las buenas prácticas de manufactura en mejoramiento de las instalaciones físicas de la planta de producción.
5. Establecer un control para el manejo y disposición de desechos generados en la producción para mejorar las condiciones higiénicas de la planta.

6. Desarrollar un sistema para el control de las órdenes de trabajo de mantenimiento de los equipos e instalaciones.

INTRODUCCIÓN

La industria alimenticia reviste gran importancia en la actualidad. De ella depende la satisfacción de la necesidad de alimentación de la sociedad.

La empresa Saluvita S.A. se ha preocupado por mejorar las medidas higiénicas, de manera que los productos ofrecidos al consumidor final en el mercado sean de calidad y no lo dañen. El prestigio para una empresa es muy importante y el control de la inocuidad es fundamental ya que sin este concepto, los clientes perderían la confianza en la marca.

En la empresa Saluvita, S.A. se evidencia el desconocimiento de la importancia del mantenimiento y de los principios de las buenas prácticas de manufactura. Por ello, la empresa se ve obligada a mejorar estos aspectos. Una empresa de alimentos necesita dar mantenimiento a sus equipos para eliminar toda clase de riesgos que se puedan generar por contaminación de partículas dañinas para el consumidor. Estas pueden originarse por el desgaste de la máquina, presencia de corrosión o suciedad.

Gracias a que el concepto de mantenimiento es muy amplio, puede abarcar labores secundarias. Entre ellas se pueden mencionar el mejoramiento de las instalaciones con base en los principios de las buenas prácticas de manufactura, el manejo de los desechos generados en la producción y la limpieza de la planta.

Por estas razones, el plan de mantenimiento preventivo funcionará como una herramienta que garantizará la producción de alimentos inocuos, mejorando la calidad del producto y satisfacción del consumidor final.

El presente trabajo de graduación está dividido en los siguientes capítulos: antecedentes y situación actual de la empresa. En él se describirá la empresa, se dará a conocer su misión, visión, organización, producto, proceso productivo, descripción de las instalaciones y maquinaria. Además, se expondrá la clase de mantenimiento que se le da a los equipos en la actualidad.

La propuesta de mejora se describirá en el capítulo dos. Se explica el plan de mantenimiento preventivo, su estructura, las rutinas para los equipos y las mejoras para las instalaciones de la empresa. Todo ello, se propone coadyuvar en la solución del problema.

En el capítulo tres se explica la implementación de la mejora. Se describirá cómo se programarán las tareas de mantenimiento y los formatos que se utilizarán. También se describirá la creación de un departamento de mantenimiento y la capacitación al personal de producción sobre inocuidad alimenticia.

En el capítulo cuatro se propone un sistema para el manejo de desecho generados en la producción de manera que mejore la limpieza de la planta y promueva el reciclaje dentro de la empresa.

Por último, el seguimiento, control y mejora continua estará descrito en el capítulo cinco donde se propone un sistema para el control de las órdenes de trabajo, la supervisión de las tareas de limpieza y el empleo de indicadores para medir la eficacia del plan de mantenimiento.

1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En este capítulo se presentan los aspectos importantes de la empresa Saluvita, S.A. Se describen los antecedentes de la empresa, su descripción, su historia, el producto, misión, visión y organización. Se presenta la situación actual de la empresa en cuanto a su proceso productivo, la distribución y descripción de las instalaciones físicas, el tipo y condición de maquinaria utilizado en la producción.

1.1. Descripción de la empresa

Saluvita, S.A. es una empresa dedicada a la producción de granola desde el año 1990. Se encuentra ubicada en el kilómetro 40.2 de la carretera a Chimaltenango, lotificación Oklahoma, Sector Nebraska, lote 20, en el municipio de Sumpango, departamento de Sacatepéquez.

1.1.1. Historia

La empresa fue fundada en 1990 en la ciudad de Escuintla, departamento de Escuintla. Sus primeros pedidos fueron de aproximadamente 50 libras que solicitaban diversas tiendas naturistas de la ciudad. Estos productos se elaboran de forma artesanal en un horno de cocina.

La empresa se trasladó a la ciudad de Guatemala, en virtud del incremento de la demanda del producto en esta ciudad. A raíz de ello, se adquirió el primer horno industrial en el año 1993.

En el año 2000 ya contaba con tres hornos y los pedidos llegaban desde los supermercados, entonces llamados Híper Paiz y Paíz, en las ciudades de Guatemala y Quetzaltenango. La empresa contó con seis hornos en el año 2006 y los supermercados La Torre y otros ubicados en todo el país, también solicitaron el producto.

Las instalaciones de la ciudad de Guatemala fueron insuficientes, por lo cual Saluvita, S.A. se trasladó a ubicación actual. Allí, se construyó una nave industrial que actualmente satisface sus necesidades de capacidad y crecimiento.

El producto se distribuye mediante un servicio de *outsourcing* que presta la empresa La Flecha, S.A. cuyas instalaciones se encuentran en Boca del Monte. Esta empresa distribuye el producto a los supermercados del país mediante pedidos semanales. Además, se envía el producto a distintos supermercados nacionales como La Bodegona, que tiene tiendas en La Antigua, Chimaltenango, Palín, Ciudad Vieja y Escuintla.

Desde mediados de 2015, Saluvita S.A. ha decidido prestar servicios de maquila a marcas de granola que operan en El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

1.1.2. Misión

“Somos una empresa que ofrece un producto, con precio justo y alta calidad que buscan la satisfacción y bienestar de nuestros clientes”.¹

¹ Plan estratégico de la empresa Saluvita, S.A.

1.1.3. Visión

“Ser una empresa competitiva en Centroamérica, reconocida por desarrollar, producir y distribuir alimentos nutritivos e innovadores para nuestros clientes contando con el entusiasmo de nuestros colaboradores, la participación de los proveedores, contribuyendo con nuestras acciones a un medio ambiente sustentable”.²

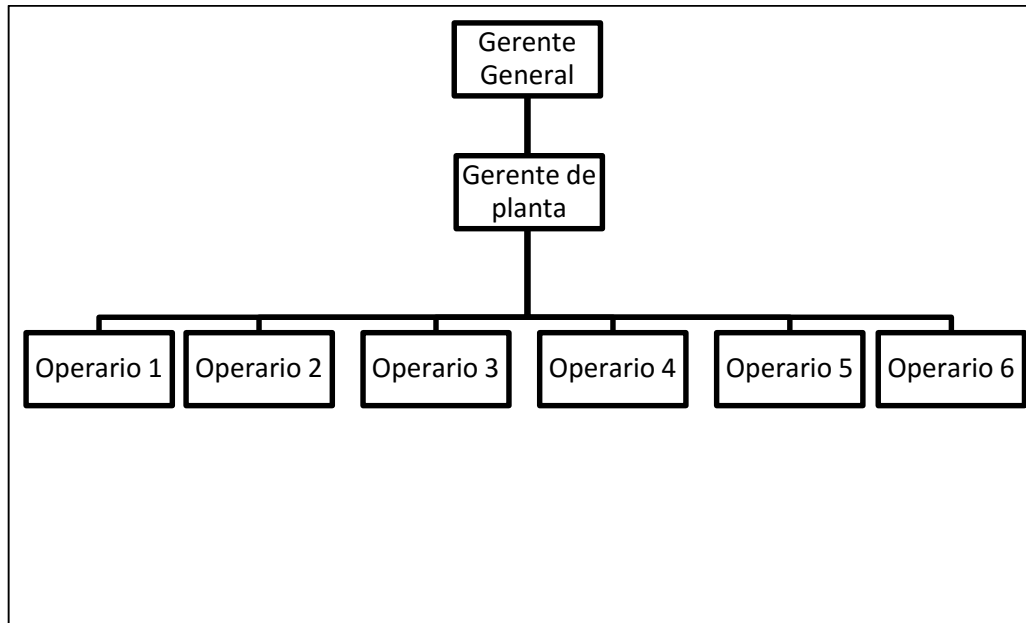
1.1.4. Organización

La estructura organizacional de Saluvita, S.A. incluye los siguientes puestos:

- Gerente general: encargado de que la empresa funcione de manera adecuada.
- Gerente de planta: responsable del control de la producción de la empresa.
- Operarios: encargados de la manufactura del producto.

² Plan estratégico de la empresa Saluvita, S.A.

Figura 1. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

1.1.5. **Producto**

Granola Saluvita es el producto líder de la empresa. Es la marca insignia y pretende ser un producto de calidad. La granola se elabora mediante un proceso artesanal donde cada materia prima se prepara con anterioridad para luego mezclarla y empacarla.

La granola es producida en una única presentación de 454 gramos. La materia prima que se utiliza es avena, ajonjolí, coco, panela, pasas, pepitoria y manía. El empaque es transparente y cuenta con la información nutricional del producto.

Figura 2. **Granola Saluvita**



Fuente: elaboración propia.

1.2. **Proceso de producción de granola**

La granola se fabrica mediante un proceso artesanal, aunque la maquinaria se utiliza para satisfacer la demanda del mercado.

En el proceso incluye la avena, el coco rallado y la panela como materias primas principales.

Estos alimentos son procesados en operaciones diferentes, al final, se combinan para formar la granola base. Después, mediante un proceso sencillo de mezclado manual, se incorporan las pasas y el ajonjolí. Por último, la mezcla se dosifica en los empaques que posteriormente se sellan para su distribución.

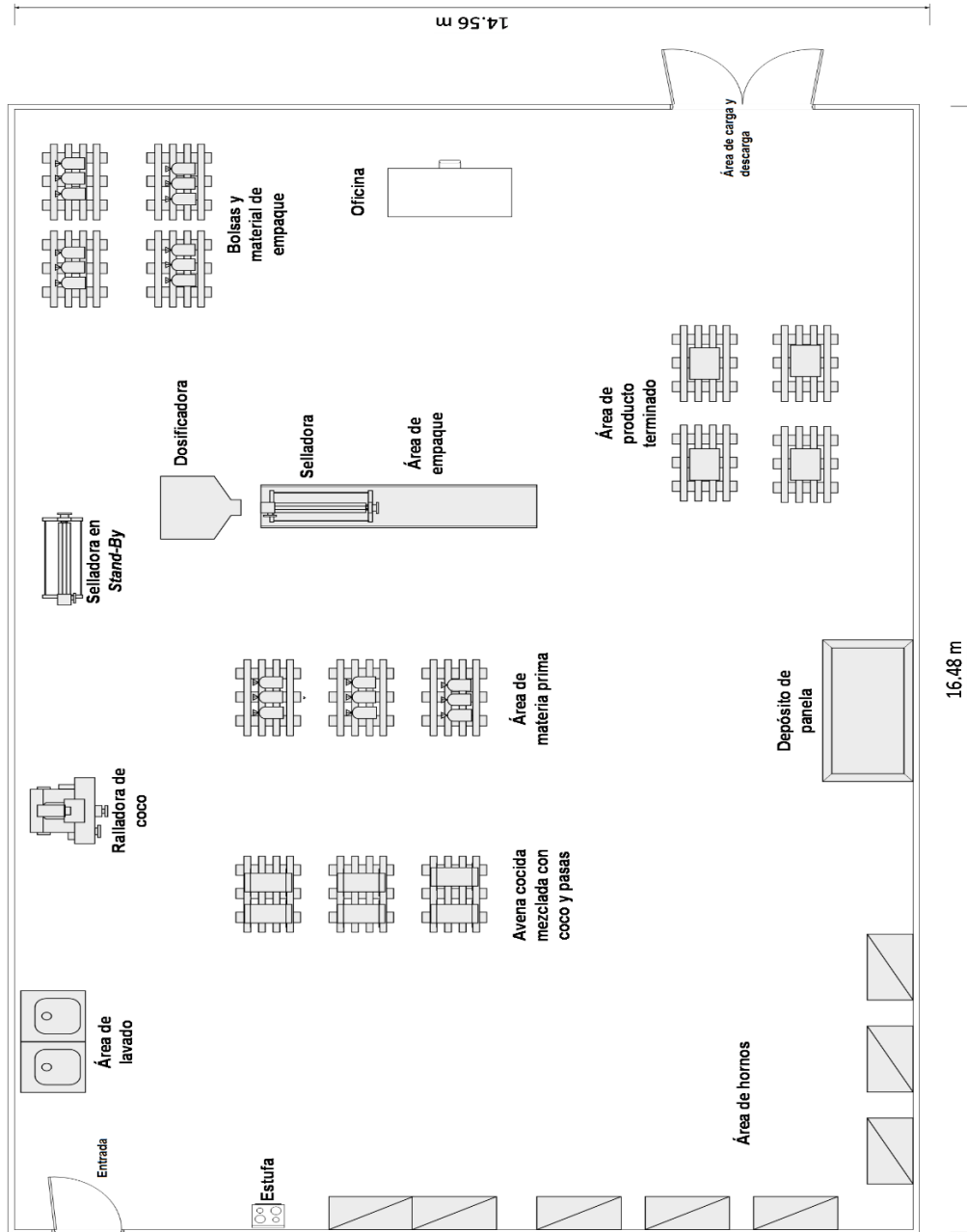
1.2.1. Distribución de planta

La distribución de planta es una representación gráfica de las condiciones donde se lleva a cabo el proceso de producción. Cada área de la nave industrial, las máquinas, rutas de evacuación, ventanas y paredes se identifican con precisión. Existen diversos tipos de distribución de maquinaria y ambientes de la planta, los principales son:

- Distribución orientada al proceso: es aquella donde los flujos de trabajo no están estandarizados para todas las unidades de producción. Normalmente, este tipo de distribución se encuentra en fábricas de producción intermitente, como lo son maquilas, talleres e imprentas.
- Distribución de posición fija: utilizada cuando no es posible mover el producto debido a su tamaño. El producto permanece fijo y el equipo, las herramientas y el personal es trasladado hacia el producto. Tal es el caso en la construcción de edificios, barcos y aviones.
- Distribución orientada al producto: utilizada cuando se fabricará un producto estándar, generalmente en volúmenes grandes, es decir, en fábricas de producción continua. Esta distribución es la que posee la empresa actualmente.

La distribución de la planta Saluvita se presenta en la siguiente figura.

Figura 3. Distribución de la planta Saluvita, S.A.

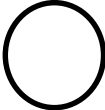
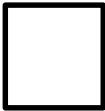


Fuente: elaboración propia con el software Visio 2013.

1.2.2. Diagrama de operaciones de proceso

Es una representación gráfica de las operaciones, inspecciones, holguras y materiales llevadas a cabo en un proceso productivo de manera cronológica de cualquier producto. Cada tarea está representada por un símbolo estándar, los cuales son descritos en la siguiente tabla.

Tabla I. **Símbolos de los diagramas de operaciones de proceso**

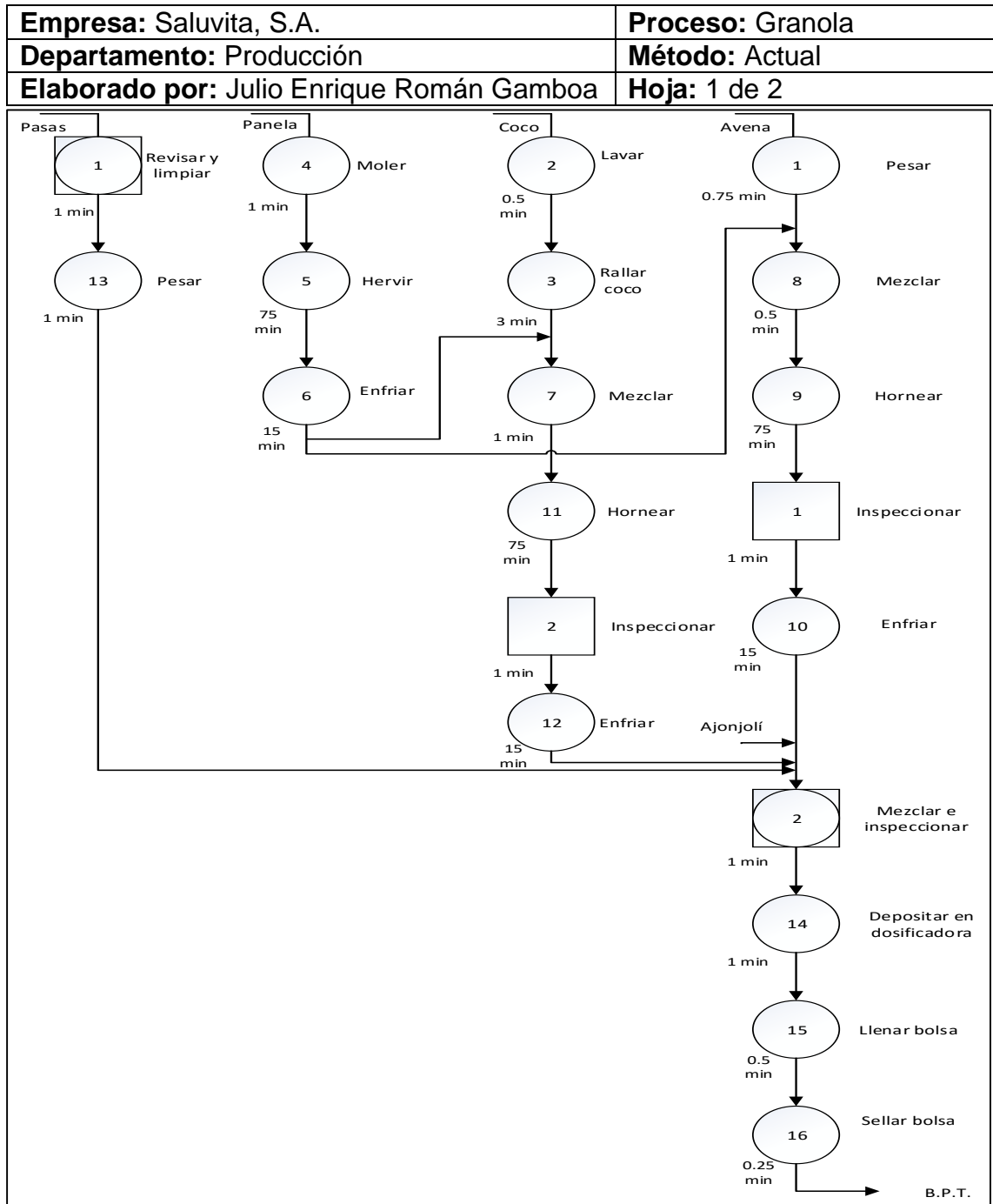
Símbolo	Descripción
	Operación
	Inspección

Fuente: elaboración propia.

Las dimensiones de cada símbolo están normalizadas a 1 cm de diámetro para el círculo y para el lado del cuadrado. En cada símbolo que representa operación e inspección, se le escribe en la parte superior izquierda el tiempo (minutos) y, en la parte derecha, una breve descripción de tarea realizada. En todo diagrama se coloca un resumen de las figuras y el tiempo total del proceso en la parte final.

A continuación se muestra el diagrama de operaciones de proceso de la producción de granola.



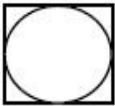
Figura 4. Diagrama de operaciones de proceso de la granola



Continuación de la figura 4.

Empresa: Saluvita, S.A.	Proceso: Granola
Departamento: Producción	Método: Actual
Elaborado por: Julio Enrique Román Gamboa	Hoja: 2 de 2

Resumen del diagrama de operaciones de proceso de la granola

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Operación		16	279.5
Inspección		2	2
Combinada		2	2
Total		20	283.5

Fuente: elaboración propia con el software Visio 2013.

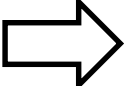


1.2.3. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es similar al diagrama de operaciones de proceso con la diferencia que toma en cuenta el transporte, las demoras y el almacenaje.

El transporte consiste en llevar la materia prima de un lugar a otro, a una distancia mayor a 1.5 m en el proceso. La demora ocurre cuando es necesario esperar cierto tiempo antes de llevar a cabo una operación y donde la materia prima no sufre ningún cambio.

El almacenaje se refiere al espacio donde la materia prima se coloca antes del proceso o el producto ya terminado, puede ser un almacén, bodega o un área determinada. Como los eventos anteriores, estos dos nuevos también pueden representarse por un símbolo, los cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla II. **Símbolos adicionales en diagramas de flujo**

Símbolo	Descripción
	Transporte
	Almacenaje
	Demora

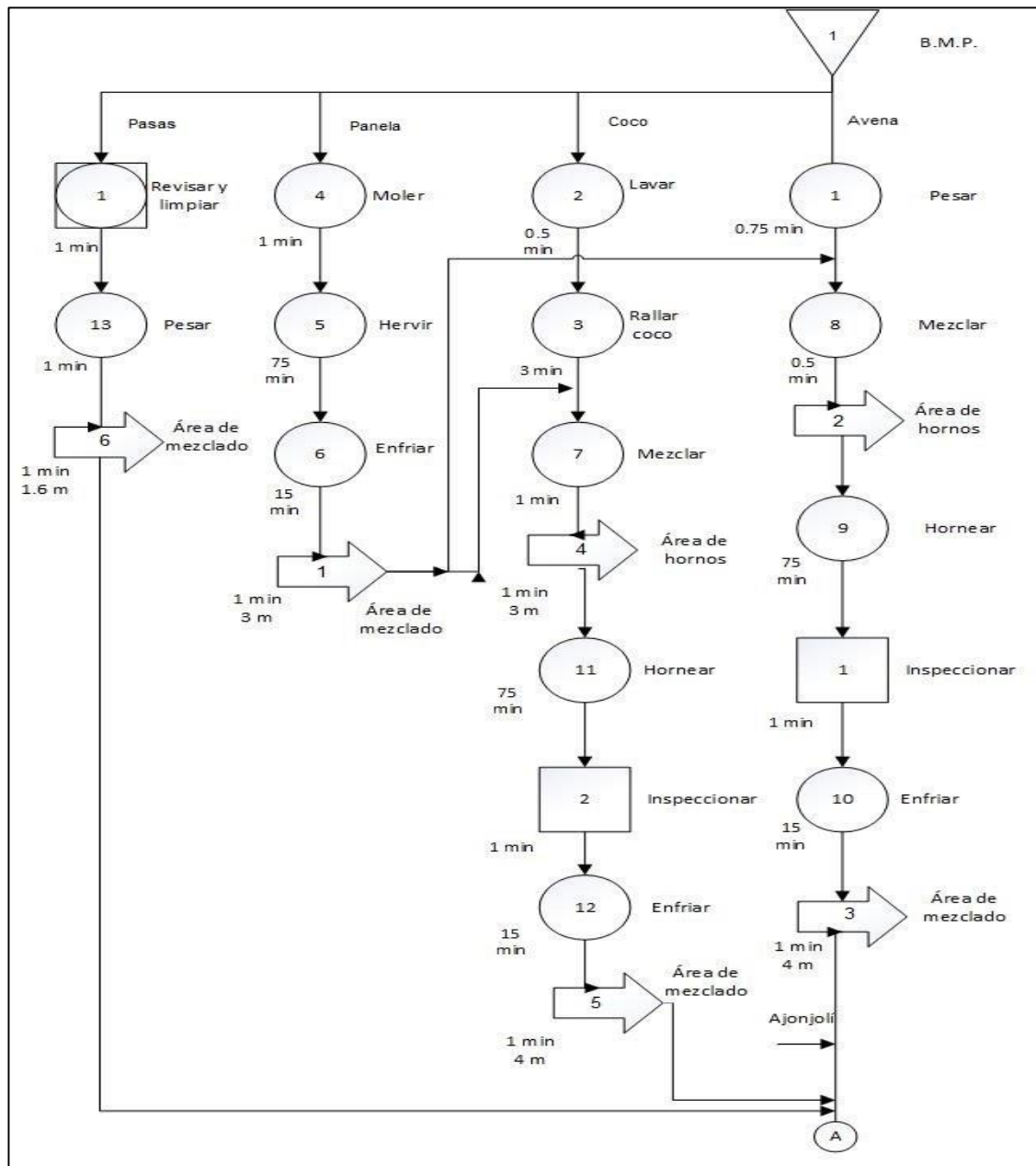
Fuente: elaboración propia.

El tiempo y la descripción del evento se expresan de la misma manera que en los diagramas de operaciones de proceso. La única diferencia es que en los transportes se especifica la distancia recorrida (metros) debajo del tiempo que toma recorrer dicha distancia.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de granola.

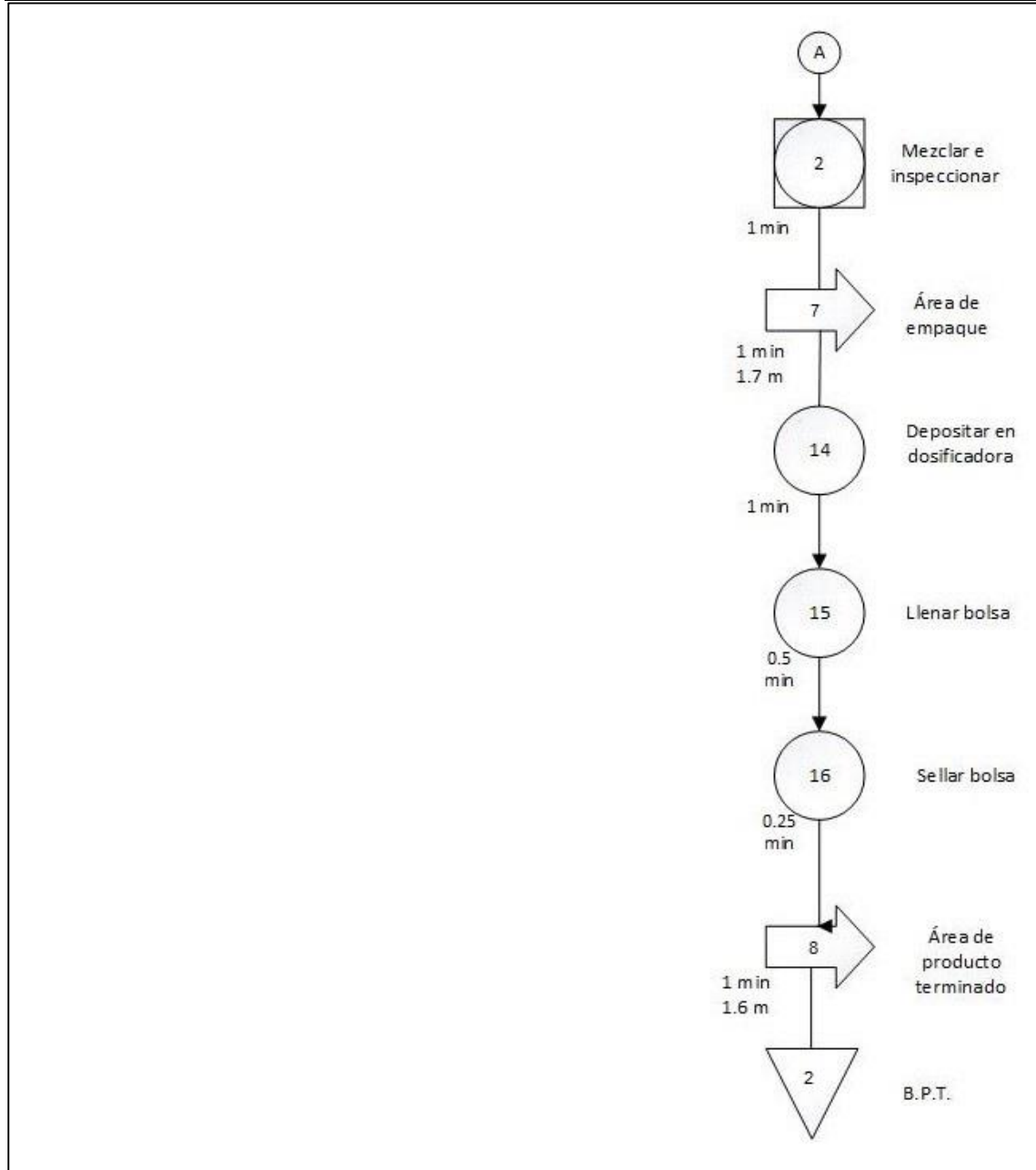
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de granola

Empresa: Saluvita, S.A.	Proceso: Granola
Departamento: Producción	Método: Actual
Elaborado por: Julio Enrique Román Gamboa	Hoja: 1 de 3



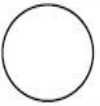
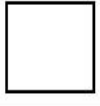
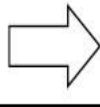
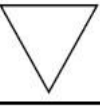
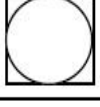
Continuación de la figura 5.

Empresa: Saluvita, S.A.	Proceso: Granola
Departamento: Producción	Método: Actual
Elaborado por: Julio Enrique Román Gamboa	Hoja: 2 de 3



Continuación de la figura 5.

Empresa: Saluvita, S.A.	Proceso: Granola
Departamento: Producción	Método: Actual
Elaborado por: Julio Enrique Román Gamboa	Hoja: 3 de 3

Resumen del diagrama de flujo de operaciones de proceso de la granola				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
Operación		16		279.5
Inspección		2		2
Transporte		8	21.9	8
Almacenamiento		2		
Combinada		2		2
Total		30	21.9	291.5

Fuente: elaboración propia con el software Visio 2013.

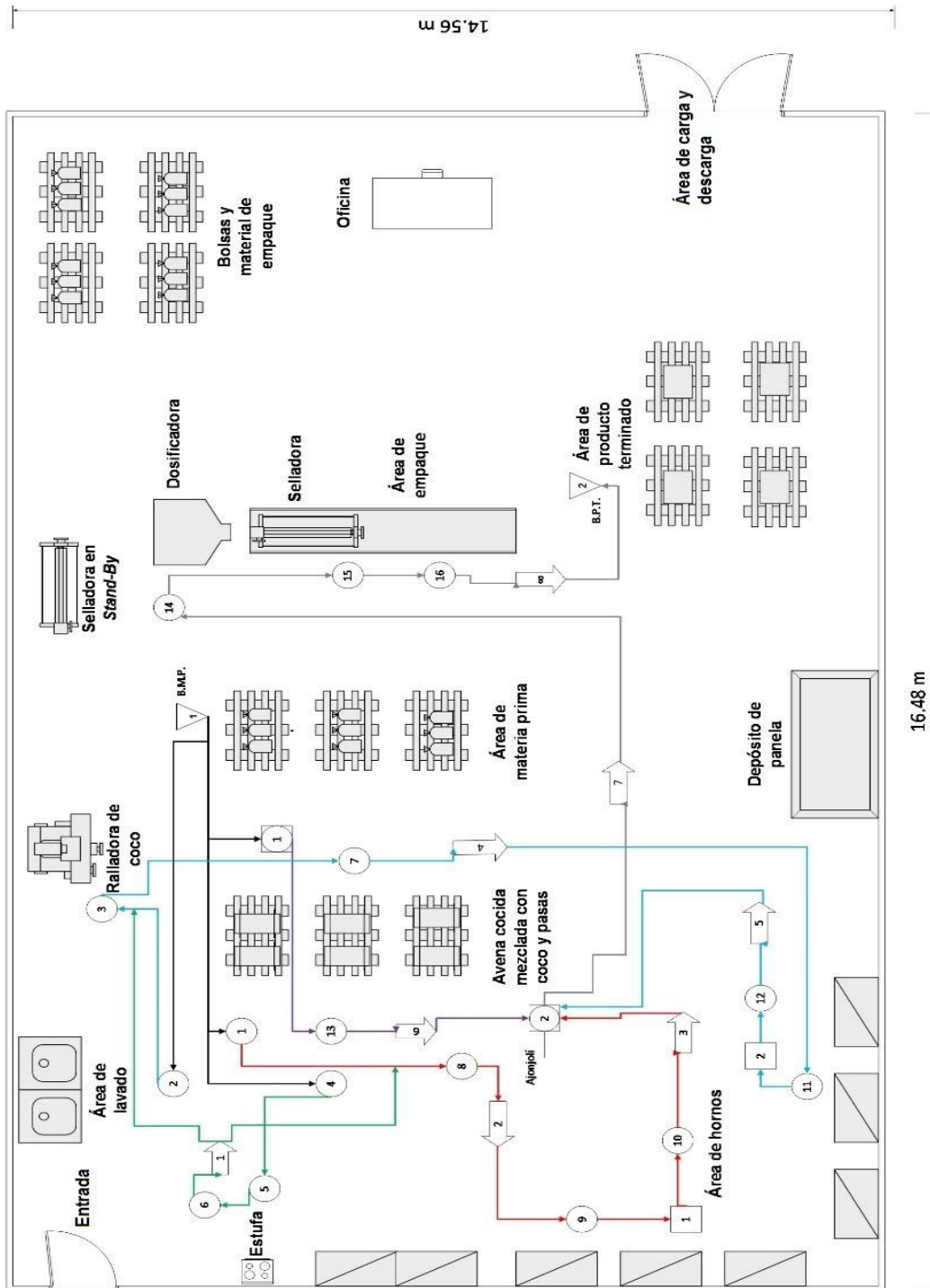
1.2.4. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es la representación gráfica del diagrama de flujo, sobre el plano de la distribución de planta. En este diagrama se representa el proceso de forma más dinámica y se puede visualizar cada uno de los eventos descritos en el diagrama de flujo.

La información que proporciona este diagrama, se puede utilizar cuando se realice una mejora o se desarrolle un nuevo método para la empresa, ya que se reducen las distancias y demoras, mediante la redistribución de planta.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de recorrido del proceso de elaboración de granola.

Figura 6. Diagrama de recorrido del proceso de granola



Fuente: elaboración propia con el software Visio 2013.

1.3. Instalaciones físicas de la planta de producción

El inmueble donde se desarrolla el proceso de producción son las instalaciones físicas de una planta de esa naturaleza. Para garantizar la inocuidad en un proceso de elaboración de alimentos, las instalaciones deben presentar ciertas características en su construcción. Por ejemplo, se ven reflejadas en el tipo de piso, paredes, iluminación, ventilación y el techo.

La planta de la empresa Saluvita, S.A. es un edificio de primera categoría con un techo de dos aguas con lámina de zinc, construida en la parte trasera de una residencia. Cuenta con varias áreas, entre ellas, la de hornos, mezclado, empaque, lavado, producto terminado y una oficina. Dichas áreas están identificadas por la maquinaria o el mobiliario, ya que carecen de paredes que las separen.

El área de hornos cuenta con ocho hornos industriales a gas que sirven para el horneado del coco y la avena. El área de mezclado es donde los operarios mezclan los componentes ya procesados utilizando recipientes de plástico, como palanganas y toneles. El área cuenta con *pallets* de madera donde se colocan los recipientes de plástico para mezclar la granola, antes de colocarla en la dosificadora.

El área de lavado cuenta con una pila convencional. Allí se efectúa la limpieza personal, el lavado de la materia prima y de los utensilios. En el área de empaque hay dos mesas largas. En ellas está una selladora continua vertical para empaquetar la granola y distribuirla en cajas de cartón.

En el área de producto terminado, se colocan, sobre *pallets* o tarimas de madera, las cajas de producto listas para su distribución.

Por último, está el área de oficina. La utiliza el gerente de producción para llevar a cabo el control, administración y planificación de la producción.

Figura 7. **Área de hornos**



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 8. **Área de lavado y mezclado**



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 9. **Área de empaque**



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 10. **Área de producto terminado**



Fuente: Saluvita, S.A.

1.3.1. Descripción de las paredes

Una pared puede definirse como una estructura sólida vertical que protege o define un espacio y separa ambientes. Los tipos de paredes industriales son los siguientes:

- Pared colgante: construida fuera de plomos o que se inclina en su parte superior.
- Pared de fábrica: está fabricada de ladrillo o piedra labrada o sin labrar y mezcla cal y arena.
- Pared escarpada: posee más grueso por la parte inferior que en la superior.
- Pared mediana o medianera: es la pared común entre dos casas.
- Pared maestra: son las principales y más gruesas porque sostienen el edificio.

Las paredes son factores muy importantes al considerar la higiene de las instalaciones físicas. Según los principios de las buenas prácticas de manufactura, las paredes deben poseer las siguientes características:

- Impermeables y lisas
- Color claro y sin grietas
- Fáciles de limpiar
- Poseer en el borde inferior una curva sanitaria

Esas especificaciones evitan que las paredes acumulen suciedad o microbios y facilitan las tareas de limpieza y desinfección. La nave industrial de Saluvita, S.A. está formada por cuatro paredes maestras fabricadas de bloques de hormigón. Están recubiertas por un repellado y pintadas con pintura a base de agua de color blanco y amarillo, en mal estado.

Esto significa que las paredes son inadecuadas para garantizar la inocuidad en el proceso, ya que no son fáciles de limpiar y han acumulado suciedad en las esquinas.

Figura 11. **Paredes**



Fuente: Saluvita, S.A.

1.3.2. Descripción de los pisos

La función de un piso es transmitir las cargas hacia el suelo y proporcionar una superficie de uso, lisa, fácil de limpiar y mantener. Según las buenas prácticas de manufactura el piso debe facilitar las tareas de limpieza y desinfección para garantizar la higiene del proceso.

Los tipos de cargas que deben soportar los pisos industriales son las siguientes:

- Cargas móviles: creadas por vehículos en movimiento, montacargas y cualquier vehículo con ruedas en contacto con la superficie.
- Cargas puntuales: generadas por los soportes de máquinas o estructuras de almacenamiento.
- Cargas uniformemente distribuidas: creadas por grupos de máquinas o producto terminado en *pallets*.

El piso de la empresa es de concreto sin pulir, con manchas y grietas visibles, donde suelen acumularse los residuos de avena, polvo y suciedad. El piso se limpia de manera convencional, es decir, se barre y trape. En la siguiente figura se muestra el piso en la empresa.

Figura 12. **Piso**



Fuente: Saluvita, S.A.

1.3.3. Descripción de techo

El techo es un elemento que corona toda la construcción y su función principal es proteger el interior de la nave industrial de los factores climatológicos y la intemperie. Los factores determinantes para un techo industrial son:

- Impermeabilidad
- Duración
- Seguridad
- Pendientes
- Aislamiento térmico y acústico

El techo debe ser construido de manera que se facilite su limpieza y reduzca la acumulación de suciedad y desprendimiento de partículas.

Saluvita, S.A. posee un techo construido con un diseño de dos aguas, con láminas de zinc y de plástico transparente. Su pendiente es de 15 grados. Sin embargo, no se somete a una limpieza programada y en la actualidad no es impermeable, de manera que no garantiza la inocuidad en el proceso.

Figura 13. **Techo**



Fuente: Saluvita, S.A.

1.3.4. Iluminación

La iluminación es fundamental en todo proceso de producción. La planta debe de poseer iluminación adecuada, ya sea natural o artificial, de manera que facilite las tareas llevadas a cabo en la producción.

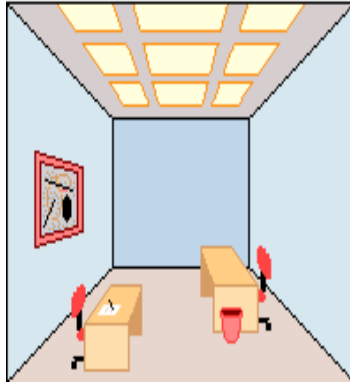
Iluminación natural: la iluminación natural, es decir, proveniente del sol, se debe prever en las estructuras físicas de la empresa. Para ello, se debe contar con ventanas y láminas transparentes.

Iluminación artificial: la iluminación artificial se emplea cuando la luz natural no satisfaga los requerimientos de iluminación. Es decir, cuando el recinto o edificio no se haya construido para aprovecharla. Para este tipo de iluminación se emplean lámparas con los distintos métodos que se describirán a continuación.

Métodos de alumbrado: indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, se distinguen tres casos:

- Alumbrado general: proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación extendido y se usa habitualmente en oficinas y comercios. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

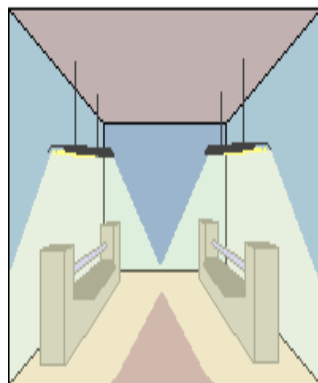
Figura 14. **Alumbrado general**



Fuente: elaboración propia.

- Alumbrado general localizado: proporciona una distribución no uniforme de la luz, de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto de la planta puede contar con luz más tenue.

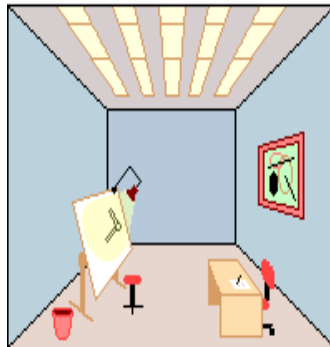
Figura 15. **Alumbrado general localizado**



Fuente: elaboración propia.

- Alumbrado localizado: se emplea cuando se necesita iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo.

Figura 16. **Alumbrado localizado**



Fuente: elaboración propia.

Según las buenas prácticas de manufactura, las lámparas deben estar protegidas en caso de roturas. No se permiten cables colgantes o en mal estado que causen algún peligro para el personal. La intensidad de la luz no deberá ser menor que:

- 540 lx en todos los puntos de inspección
- 220 lx en las áreas de trabajo
- 110 lx en otras áreas

El tipo de iluminación empleado en la planta Saluvita, S.A. es natural y artificial. La iluminación natural se logra mediante cuatro láminas plásticas transparentes. De esta manera, se ahorra costos de energía eléctrica. Para la iluminación artificial se emplea un alumbrado general deficiente con nueve luminarias.

En la empresa hay determinadas áreas que presentan deficiencia en la intensidad de la luz. Se tomaron medidas de los luxes en las áreas del proceso, obteniéndose así los siguientes datos.

Tabla III. **Datos de iluminancia en la planta de producción**

Área	Iluminancia (lx)
Hornos	90
Lavado	2000
Mezclado	2000
Empaque	40
Oficina	40

Fuente: elaboración propia.

Con base en los datos de iluminancia se aprecia que las áreas de horneado, empaque y la oficina presentan deficiencia en la iluminación porque no cumplen con las buenas prácticas de manufactura. Por esta razón se debe diseñar un sistema de iluminación que cumpla con los requerimientos de iluminancia especificados.

1.3.5. Ventilación

Se denomina ventilación al suministro o extracción de aire de una zona, local o edificio. La ventilación es importante en una planta procesadora de alimentos, ya que se debe de evitar el calor excesivo y la eliminación de contaminantes, mediante la circulación de aire.

En las buenas prácticas de manufactura se establece que la dirección de la corriente de aire no debe ir de una zona contaminada a una limpia y las aberturas de ventilación deben de estar protegidas por mallas para evitar el ingreso de contaminantes a la planta.

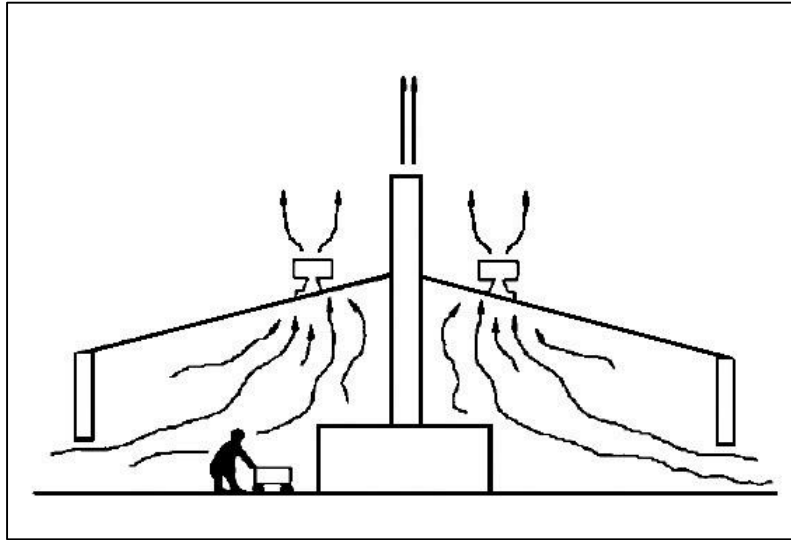
La forma de renovar el aire de un recinto puede ser:

- Renovación natural: consiste en renovar el aire interior de un recinto mediante las condiciones de construcción de espacio, sin que intervenga algún equipo mecánico.
- Renovación artificial: puede darse de dos maneras:
 - Estática: depende de una instalación para hacer circular el aire con las que evacuará el aire por renovar.
 - Dinámica: se genera mediante equipos que impulsan o extraen, para generar una depresión en el recinto.

Ventilación natural: es el tipo de ventilación donde se aprovechan los medios naturales disponibles para inducir aire en el interior del edificio, pasarlo por él y después expulsarlo. Estos medios son los siguientes:

- La energía cinética del viento.
- Tiro natural provocado por la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el aire exterior.
- Zonas de baja presión próximas a las aristas de la pared perpendicular a la dirección del viento.

Figura 17. **Ventilación natural**



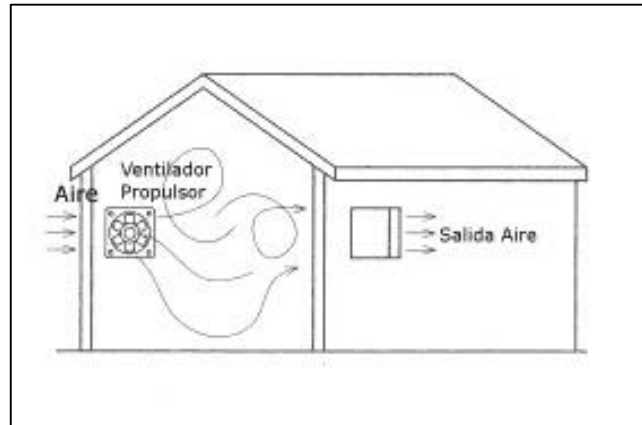
Fuente: GOBERNA, Ricardo. *Ventilación Industrial*. p. 15.

Ventilación mecánica: es el tipo de ventilación generada por todos los medios que fueron diseñados para renovar el aire dentro de las instalaciones industriales. Se genera mediante medios mecánicos, comúnmente, por ventiladores accionados por motores eléctricos.

Este tipo de ventilación mecánica, a la vez, se divide en:

- Ventilación mecánica positiva: es cuando el aire es introducido al recinto por medios mecánicos y se dispersa en todo el recinto antes de salir.

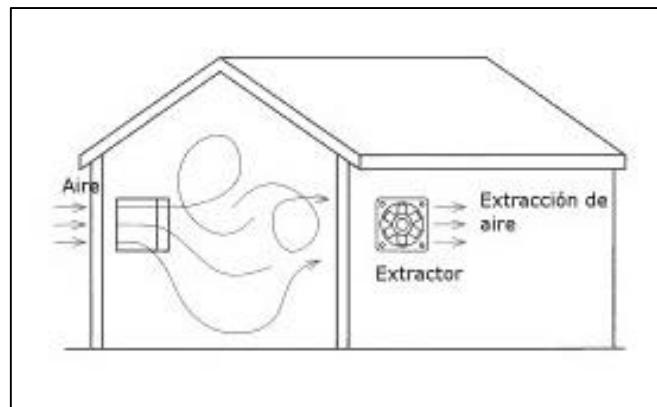
Figura 18. **Ventilación mecánica positiva**



Fuente: <http://refrinoticias.com/?p=397>. Consulta: 27 de junio de 2016.

- Ventilación mecánica negativa: es cuando el aire es extraído por medios mecánicos del recinto lo cual provoca una depresión en relación con la presión atmosférica.

Figura 19. **Ventilación mecánica negativa**



Fuente: <http://refrinoticias.com/?p=397>. Consulta: 27 de junio de 2016.

La ventilación en Saluvita, S.A. es natural generada por diez ventanas a lo largo de las paredes; las cuales, por su reducido tamaño no promueven la circulación del aire.

El proceso de horneado libera demasiado calor el cual no se extrae porque se carece de un sistema apropiado de ventilación. Esto provoca incomodidad al personal.

1.3.6. Señalización

Es un aspecto importante dentro de cualquier empresa. Llama la atención de los trabajadores e informa sobre qué hacer en determinadas situaciones de riesgo.

Es recomendable que, dentro de las instalaciones de la empresa, se coloquen carteles para llamar mejor la atención de los colaboradores. Esto se puede lograr aumentándoles el tamaño o diseñándolos de forma más llamativa. También es importante la señalización dentro de la planta para indicar las rutas de evacuación establecidas y las delimitaciones entre áreas de trabajo.

La empresa posee diferentes carteles de señalización. El inconveniente es que son muy pequeños y no están a la vista de los trabajadores. A continuación se muestra la señalización de la planta.

Figura 20. Señalización en paredes



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 21. Señalización en puertas



Fuente: Saluvita, S.A.

1.4. Maquinaria empleada en el proceso de producción

La maquinaria utilizada en la elaboración de productos alimenticios juega un papel importante en el proceso. Por eso, es importante evaluarla para verificar la inocuidad al elaborar los alimentos. De esta manera se previenen los peligros que puedan presentarse durante los procesos. A continuación se describirá cada una de los equipos.

1.4.1. Hornos industriales

Los hornos industriales son equipos en los cuales se calientan materiales o elementos a una temperatura superior a la temperatura ambiente. Su energía calorífica puede provenir de diferentes medios como la llama (producida por combustibles sólidos, líquidos o gaseosos) y la electricidad (arco voltaico, inducción o resistencias). La transferencia de calor en estos equipos se da por conducción y convección.

La empresa Saluvita, S.A. cuenta con ocho hornos industriales que funcionan con gas propano. Se utilizan en los procesos de horneado para el coco y la avena. Poseen dos tipos de hornos: simples y dobles. Los hornos cuentan con una carcasa de aluminio y están montados sobre una base de acero. Los componentes principales son el ventilador (*blower*) el cual permite la circulación de aire caliente dentro de la cámara de cocción, el quemador de gas, la termocupla y el panel de control. En la parte frontal cuentan con un medidor de temperatura en grados Celsius.

La condición actual de los hornos no es apta para procesar alimentos debido a que presentan suciedad interna y externa, y corrosión en ciertas partes.

Figura 22. **Hornos industriales dobles**



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 23. **Hornos industriales simples**



Fuente: Saluvita, S.A.

1.4.2. Selladora continua vertical

La selladora se utiliza para cerrar por completo la bolsa de granola, la cual queda lista para empacarla y exportarla. Saluvita cuenta con dos selladoras de tipo continuo verticales, una está en operación y la otra en *stand-by*.

El equipo posee un sistema de control de temperatura constante y control de velocidad por pulsos. Esto permite sellar todo tipo de plásticos termo-sellables. La longitud de sellado puede ser ilimitada y continuo.

Una vez conectado el equipo, los elementos térmicos comienzan a producir calor, con lo cual se eleva la temperatura. La banda transportadora conduce la bolsa plástica a la parte donde se efectúa el sellado. La parte de manejo de la selladora está compuesta por engranajes que manejan las cintas y la banda transportadora. Para ello, se utiliza un solo motor eléctrico y todos los elementos trabajan en forma sincronizada. La refrigeración es suministrada por un ventilador accionado por un motor eléctrico.

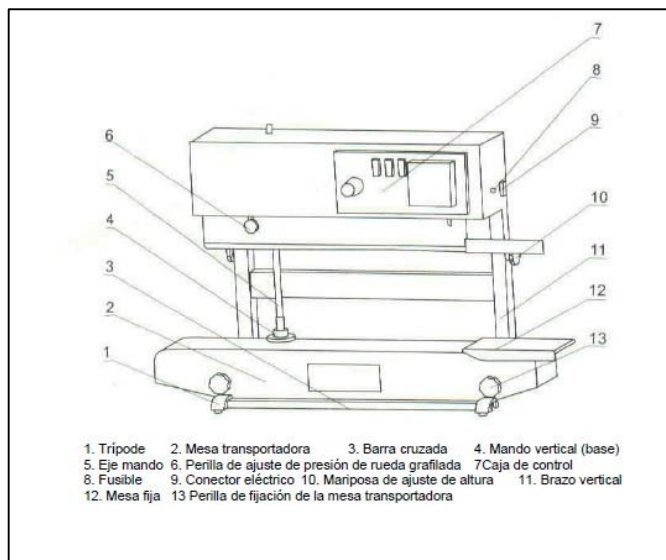
Actualmente, el equipo no recibe mantenimiento ni limpieza, lo cual es un riesgo para el producto ya empacado.

Figura 24. **Selladora continua vertical**



Fuente: Saluvita, S.A.

Figura 25. **Componentes de la selladora**



Fuente: *Manual de selladora continúa marca Comek. p. 5.*

1.4.3. Ralladora de coco

La ralladora de coco transforma este alimento tiras finas, las cuales se horneadas, posteriormente. Su construcción es sencilla y está fabricada de aluminio en su totalidad.

Su mecanismo de corte consiste en una cuchilla rotativa la cual es accionada por un eje montado sobre dos rodamientos de esferas. La cuchilla es accionada mediante una faja de sección trapezoidal conectada a un motor eléctrico monofásico.

Figura 26. Ralladora de coco



Fuente: Saluvita, S.A.

1.4.4. Dosificadora volumétrica

Una dosificadora es una máquina electromecánica encargada de entregar y dosificar una proporción de un material mediante el pesaje del mismo. El movimiento circular del vaso provoca que el producto caiga en su interior y a través de la abertura de una tapa es dispensado para su empaque.

La empresa Saluvita, S.A. cuenta con un dosificador volumétrico con capacidad de 70 lbs. fabricado con acero inoxidable. Está provisto de un vaso cónico que permite ajustar un peso de determinado producto según su volumen y dosificarlo mediante una tolva giratoria.

La máquina, a pesar de su poco tiempo de uso, no recibe mantenimiento preventivo, solo la limpieza rutinaria al final de cada jornada de trabajo.

Figura 27. Dosificadora volumétrica de sólidos



Fuente: Saluvita, S.A.

1.4.5. Mantenimiento actual del equipo

Dado que la empresa desconoce la importancia del mantenimiento, los equipos, actualmente no se someten a tareas de mantenimiento, solo reciben limpieza superficial y recurren a reparaciones de emergencia cuando fallan elementos mecánicos. Esto provoca pérdidas de tiempo en la producción que se reflejan en los costos.

El mantenimiento, además de ser una herramienta importante en la reducción de fallas y paros imprevistos en las máquinas, también es un factor importante en la inocuidad de los productos alimenticios. En la siguiente sección se muestra un análisis de los riesgos que la falta de mantenimiento de los equipos puede generar en la inocuidad del proceso.

1.4.6. Análisis de riesgos y puntos críticos de control en la maquinaria

El sistema de análisis de riesgos y puntos de control (HACCP, siglas de su nombre en inglés) es una herramienta empleada para el mejoramiento de la inocuidad en los procesos productivos, con lo cual se ayuda a eliminar o prevenir los riesgos para el consumidor final.

Los riesgos que normalmente se presentan en las empresas dedicadas a la producción de alimentos son: físicos, químicos y microbiológicos. En este caso, que se trata de la maquinaria, se enfrentan riesgos físicos.

1.4.6.1. Riesgos físicos

Riesgo puede definirse como cualquier agente químico, físico o biológico presente en los alimentos que puede ocasionar un efecto negativo en la salud del consumidor final.

Los riesgos físicos se pueden presentar en forma de metales, vidrio, piedras, plástico y huesos. En el proceso de elaboración de granola se presentan riesgos físicos provenientes de la maquinaria. Algunos riesgos que pueden afectar la inocuidad del proceso son:

- Partículas metálicas generadas por el desgaste de elementos mecánicos.
- Corrosión en partes en contacto con los alimentos.
- Polvo o suciedad proveniente de elementos mecánicos.
- Falta de mantenimiento de las máquinas.

El análisis de riesgos en la maquinaria se realizará mediante el empleo de la siguiente matriz establecida en las normas HACCP.

Figura 28. **Matriz de evaluación de riesgos**

Riesgo ↑	AR	AR	AR
	BS	MS	AS
	MR	MR	MR
	BS	MS	AS
	BR	BR	BR
	BS	MS	AS
	Severidad →		

Referencias:
Riesgo: probabilidad de que el peligro ocurra.
Severidad: magnitud de las consecuencias que pueden resultar de un peligro

RIESGO	SEVERIDAD
AR: alto riesgo	AS: alta severidad
MR: mediano riesgo	MS: mediana severidad
BR: bajo riesgo	BS: baja severidad

Fuente: CARRO, Roberto. *Normas HACCP: sistema de análisis y puntos críticos de control*.
 p. 10.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de los riesgos que pueden presentarse en la maquinaria empleando la matriz anterior.

Tabla IV. **Análisis de riesgos de la maquinaria**

	Riesgo	Severidad		
		AR /BS	AR/MS (3)	AR/AS (2) (4)
1) Partículas metálicas				
2) Corrosión				
3) Polvo o suciedad		MR/BS	MR/MS (1)	MR/AS
4) Mantenimiento		BR/BS	BR/MS	BR/AS

Fuente: elaboración propia.

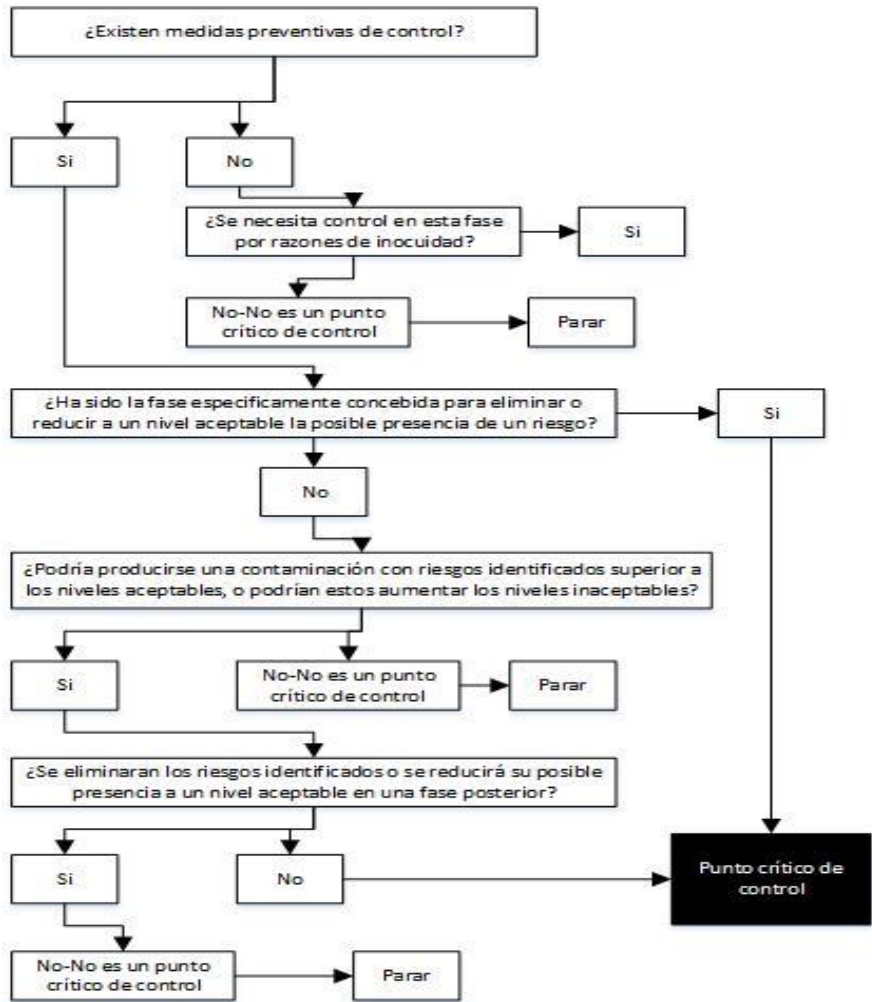
Como se puede observar, la corrosión y la falta de mantenimiento de la maquinaria tienen mayor relevancia en los riesgos físicos. Por otra parte, el polvo, suciedad y partículas presentes en los equipos son riesgos de menor grado y menor severidad, pero se deben prevenir y corregir, puesto que también revisten importancia.

1.4.6.2. Puntos críticos de control

Un punto crítico de control puede definirse como una etapa específica del proceso en la cual puede aplicarse una medida de control. Es esencial para eliminar un peligro o riesgo para la inocuidad del proceso. Una vez identificados los peligros o riesgos, se reconocen los puntos críticos de control.

Para la identificación de los puntos críticos de control en el proceso, se contestan las preguntas descritas en el siguiente árbol de decisiones para cada operación del proceso donde interactúe la maquinaria.

Figura 29. **Árbol de decisiones**



Fuente: <https://dieteticaieselgetares.files.wordpress.com/uso-arbol-decisiones.pdf>. Consulta: 29 de junio de 2016.

1.4.6.3. Identificación de puntos críticos de control

Para realizar la identificación de los puntos críticos de control, se utilizará la siguiente tabla que muestra cada máquina utilizada en el proceso productivo. Se muestra el recurso y la operación correspondiente en la elaboración de granola.

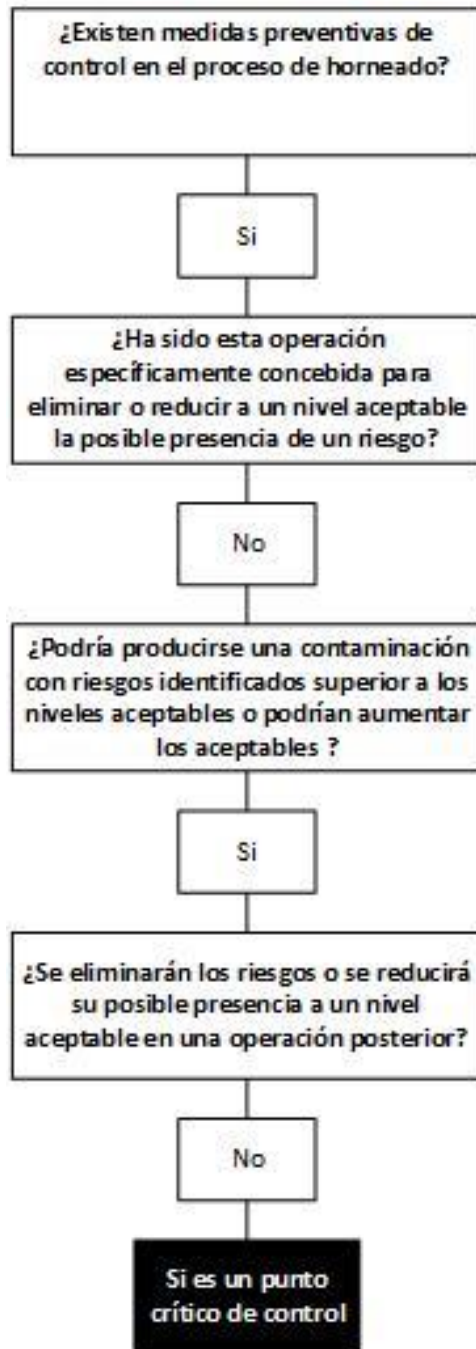
Tabla V. **Recursos empleados en cada proceso**

Operación Involucrada	Recurso
Horneado	Hornos industriales
Rallado	Ralladora de coco
Dosificación	Dosificadora
Empaque	Selladora

Fuente: elaboración propia.

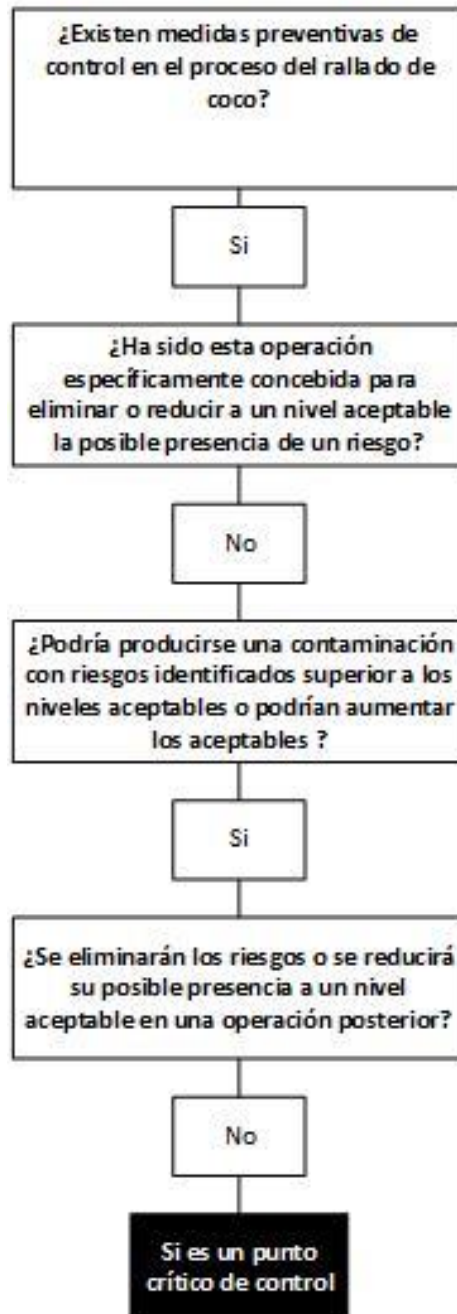
Una vez identificada cada máquina en las operaciones principales en la producción de granola, se corrobora si corresponden a los puntos críticos de control. Esto se realiza respondiendo cuatro preguntas incluidas el árbol de decisiones descrito en la figura 29.

Figura 30. **Árbol de decisiones empleado al proceso de horneado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Árbol de decisiones empleado al proceso de rallado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Árbol de decisiones empleado al proceso de dosificación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Árbol de decisiones empleado al proceso de empaque**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar existen cuatro puntos críticos de control, que corresponden a los procesos de mezclado, horneado, dosificado y empaque. La maquinaria involucrada son los hornos, selladoras, dosificadora y la ralladora de coco.

Esto significa que se deben aplicar medidas de control en las etapas del proceso mencionadas. De esta manera, se prevendrán y eliminarán riesgos o peligros que afecten la inocuidad del proceso de elaboración de granola.

2. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un plan de mantenimiento preventivo tiene como finalidad la planificación, asignación y control de las tareas de mantenimiento preventivas aplicadas a los equipos utilizados en la producción. Un plan de mantenimiento preventivo también tiene como objetivo la reducción de paradas inesperadas de los equipos o la aparición de fallas imprevistas que afecten el ritmo de producción y generen pérdidas para la empresa.

En este capítulo, se presenta la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Saluvita. El objetivo es conservar el servicio que presta la maquinaria, mejorar las instalaciones físicas y la inocuidad en el proceso.

2.1. Mantenimiento y su relación con la inocuidad

Mantenimiento puede definirse como una serie de tareas o acciones encaminadas a la preservación y la prolongación del servicio que brindan las máquinas, equipos e instalaciones.

A pesar de que su implementación representa costos y que muchos gerentes de empresas lo ven como pérdidas; en realidad a largo plazo, resulta ser una inversión por los beneficios que genera. Las máquinas son elementos importantes dentro de un proceso productivo debido a que gracias a ellas la transformación de la materia prima a producto terminado es posible.

En la industria alimenticia, la inocuidad es un término usado para describir las condiciones y prácticas destinadas a preservar la calidad de los alimentos para prevenir la contaminación y las enfermedades producidas por estos. Puede aseverarse que el mantenimiento de los equipos y la inocuidad son dos conceptos íntimamente relacionados, en la industria de alimentos. Aplicando el mantenimiento se garantizaran alimentos inocuos y libres de contaminantes que pueden generarse, en este caso, por equipos en mal estado, corroídos y sin limpieza.

Por esta razón, el mantenimiento se debe aplicar a máquinas que interactúan con alimentos para prevenir los riesgos que puedan correr los consumidores finales.

2.2. Tipo de mantenimiento por implementar

Hay diferentes tipos de mantenimiento. A continuación se describen los más importantes.

- **Mantenimiento correctivo:** también llamado mantenimiento reactivo. Se lleva a cabo al presentarse la falla en el equipo. Es decir que, si en el sistema no se presentan fallas, el mantenimiento es nulo. Este es actualmente aplicado en la empresa.
- **Mantenimiento preventivo:** se basa en la programación de las tareas para prevenir las fallas en los equipos. Su característica principal es la inspección para identificar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

- Mantenimiento predictivo: se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. Evalúa el estado de la maquinaria y decide intervenir o no. Este mantenimiento optimiza el preventivo debido a que se intervienen los equipos en el momento oportuno. De esta manera se generan grandes ahorros.

Con base en los conceptos descritos anteriormente, lo recomendable para la empresa es la implementación de un plan de mantenimiento preventivo debido a las ventajas de este, sobre el correctivo y su facilidad de implementación.

2.3. Inventario y codificación de equipos

El inventario y la codificación de equipos son importantes para identificar cada máquina en cada área de la planta y su ubicación en el proceso, de forma más simplificada para realizar las tareas de mantenimiento.

La nomenclatura que se ha propuesto para la identificación y codificación de cada uno de los equipos contiene los siguientes elementos:

- Proceso: corresponde al tipo de proceso que realiza la máquina.
- Ubicación: corresponde a la ubicación del equipo en la planta
- Correlativo de máquina: se coloca si hay más de un mismo tipo de máquina.

Tabla VI. **Códigos de área y proceso**

Proceso	Código
Horneado	H
Dosificado	D
Empaquetado	E
Rallado	R
Ubicación	Código
Área de horneado	01
Área de empaque	02
Área de mezclado	03

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se establece el código para cada máquina con el formato que se presenta en la siguiente figura. La codificación de cada máquina se presenta en la tabla VII.

Figura 34. **Estructura del código para maquinaria**

Proceso	Ubicación	Correlativo del equipo
----X----	----XX----	----XX----

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Codificación de equipos**

Maquina	Codificación
Horno 1	H-01-01
Horno 2	H-01-02
Horno 3	H-01-03
Horno 4	H-01-04
Horno 5	H-01-05
Horno 6	H-01-06
Horno 7	H-01-07
Horno 8	H-01-08
Selladora 1	E-02-01
Selladora 2	E-02-02
Dosificadora	D-02-01
Ralladora de coco	R-03-01

Fuente: elaboración propia.

2.4. Inventario de repuestos, lubricantes e insumos

El inventario de repuestos, lubricantes e insumos es importante porque cuando se realice el mantenimiento preventivo, se debe disponer de los repuestos y de las herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas. La necesidad de este inventario responde a que estos elementos deben estar disponibles en el momento oportuno y prevenir su carencia.

También ayudará a la reducción de costos ya que se dispondrá de lo necesario en las cantidades óptimas. Debido a que la empresa Saluvita, S.A. no posee un plan de mantenimiento establecido, no se tiene un registro histórico de los repuestos e insumos que se necesita en cada máquina.

Con el manual del fabricante e investigaciones de campo se logró establecer una lista de los repuestos y lubricantes necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de los equipos.

También se incluyeron los insumos para la limpieza y mejoramiento de las instalaciones. Se iniciara con la mínima cantidad y, conforme el plan avance, se podrán establecer cantidades óptimas.

Tabla VIII. **Lista inicial de repuestos, lubricantes e insumos**

Material, repuesto o herramienta	Cantidad	Motivo de uso
Grasa grado alimenticio LOCTITE VIPER LUBE	1 libra	Lubricación de rodamientos de ralladora
Aceite Lubrisa OIL GL-190	2 galones	Lubricación de caja reductora de dosificadora
Aceite Shell Telus 46i	1 galón	Lubricación de conjunto de la caja de tornillo sin fin
Rodamientos rígidos de bolas	4 unidades	Reemplazo de rodamientos de ralladora
Faja sección trapezoidal B-20	6 unidades	Reemplazo de faja de ralladora de coco
Botella de aire comprimido	2 botellas	Limpieza de elementos eléctricos de dosificadora
Brocha de 4"	2 unidades	Limpieza de elementos eléctricos de dosificadora
Alicate de electricista	2 unidades	Mantenimiento eléctrico de dosificadora
Juego de destornilladores phillips y de castigadera	2 unidades	Reemplazo de elementos en selladora y tareas de mantenimiento eléctrico

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Lista inicial de repuestos, lubricantes e insumos (continuación)**

Material, repuesto o herramienta	Cantidad	Motivo de uso
Caja de herramientas de 24"	1 unidad	Almacenamiento de herramientas
Martillo de bola de 16 onzas	2 unidades	Tareas de mantenimiento
Paños de tela	10 unidades	Limpieza de equipos
Guantes de hule	4 pares	Empleados en labores de limpieza
Hidrolavadora	1 unidad	Limpieza exterior e interior de la planta
Escobas y trapeadores	2 unidades	Empleados en labores de limpieza
Desinfectante de piso	4 galones	Empleados en labores de limpieza
Impermeabilizante de techo	2 cubetas	Mantenimiento de techo
Contenedores de basura	3 unidades	Almacenamiento de desechos generados en la producción
Pintura antibacterial látex	1 cubeta	Mantenimiento de paredes
Linterna de mano	1 unidad	Usada para inspeccionar el interior de equipos
Desengrasante	2 botellas	Limpieza interior de los hornos industriales
Cepillo de cerdas metálicas	1 unidad	Limpieza de corrosión en hornos
Juego de llaves cola-corona	1 juego	Usadas para mantenimiento interno de equipos
Waipe	6 libras	Limpieza general de equipos
Termocupla tipo J	8 unidades	Reemplazo del horno industrial
Cinta de aislar de 1"	2 rollos	Reparaciones eléctricas y fugas de gas
Pintura anticorrosiva color verde Sherwin Williams	2 galones	Mantenimiento de carcasa de hornos

Fuente: elaboración propia.

2.5. Estructura del plan de mantenimiento

Después de la identificación y codificación de los equipos y repuestos, se elabora el plan de mantenimiento preventivo con base en las cuatro áreas básicas en el mantenimiento preventivo las cuales son: visitas, revisiones, lubricación y limpieza. Las rutinas de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos se determinaron con base en el manual del fabricante, las cuales se dividirán dentro de las cuatro áreas antes mencionadas.

Dentro de las labores secundarias del mantenimiento se sabe que corresponde a todas las actividades de mejora que no incluyen máquinas, como las instalaciones físicas, por eso, esas tareas estarán comprendidas dentro de las rutinas de limpieza. La razón de incluir estas labores es que para garantizar la inocuidad del proceso es necesario incluir las instalaciones, las cuales pueden representar riesgos si no reciben mantenimiento y limpieza.

2.5.1. Visitas o inspecciones

Las visitas o inspecciones consisten en revisiones menores, ya sean visuales o ajustes de menor importancia. La razón de estas es que constituyen la base para verificar el funcionamiento seguro y eficiente del equipo, sin detener la actividad en un lapso específico o suspender completamente el equipo.

2.5.1.1. Inspecciones visuales

Consiste en tareas de revisión de elementos mediante el uso de la observación, por ejemplo, revisar el nivel de aceite de una maquina o ver la presión de trabajo de una caldera.

Este tipo de tareas también abarca el empleo de los otros sentidos, como el olfato, oído y tacto. Por ejemplo, el olor de una fuga de gas, sentir con la mano el calentamiento anormal de un motor o que algún elemento produzca un ruido que no es usual en operación.

2.5.1.2. Reparaciones menores

Este tipo de intervenciones son ajustes menores, programados en los planes de mantenimiento. Pueden ser ajustes de alguna faja, apretar una tuerca, alineación de un eje o cualquier tipo de tarea que se realice directamente en el lugar sin necesidad de desarmar o mover el elemento a otro lugar.

2.5.1.3. Métodos no destructivos

El empleo de estos métodos es parte de un buen programa de mantenimiento ya que nos proporcionan información sin desarmar componentes.

La termografía, ultrasonido o los líquidos penetrantes son métodos no destructivos. Se emplean para predecir fallas sin perder tiempo en el desmontaje innecesario.

2.5.1.4. Rutinas de inspección para equipos

Descritas las tareas de inspección, se especifican, a continuación, las rutinas de inspección para los equipos de la empresa.

Tabla X. Rutinas de inspección

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No. Tarea	Descripción	Rutina	Tiempo (min)
Equipo: Hornos industriales			
1	Verificar el funcionamiento de los ventiladores	Diaria	1
2	Revisión de fugas en la línea de gas	Mensual	1
3	Revisión de la conexión eléctrica del motor del ventilador	Mensual	2
4	Inspección del sensor de temperatura	Trimestral	15
5	Verificar el sistema de ventilación del horno	Semestral	5
Equipo: Ralladora de coco			
1	Revisión de la conexión eléctrica	Diaria	1
2	Revisión de la tensión en la faja	Diaria	1
3	Revisión de estado de los rodamientos	Semanal	3
4	Revisar presencia de corrosión en la estructura	Semanal	2
Equipo: Selladora continua vertical			
1	Inspección de cables eléctricos y conexiones flojas	Diaria	1
2	Revisión de ruedas conducidas	Diaria	1
3	Después de su uso, dejar enfriar ajustado la temperatura inicial a cero y dejar operar el ventilador de enfriamiento	Diaria	15
Equipo: Dosificadora			
1	Verificar desgaste en elementos en contacto	Diaria	1
2	Verificar que el motor no produzca ruidos extraños	Semanal	1
3	Revisar fugar de aceite en la caja reductora	Semanal	5
4	Revisar el nivel de aceite del reductor	Semanal	1
2	Verificar el estado de los dientes de la corona de la caja reductora	Mensual	30

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Revisiones

Una vez el personal encargado ha detectado, mediante la observación, las posibles fallas prematuras, es necesario intervenir para que no se compliquen a largo plazo. El tiempo para las revisiones no debe exceder la hora y, preferiblemente, se den llevar a cabo en el lugar donde se encuentra el equipo. En casos extremos, el elemento o pieza se tendría que trasladar al taller de mantenimiento.

2.5.2.1. Reparaciones

Son tareas que consisten en reparar fallas o desperfectos no críticos en los equipos. Durante este proceso la producción podría detenerse por un tiempo breve. Por ejemplo, fugas, cambio de fajas y cojinetes.

2.5.2.2. Desmontaje y reemplazo de partes

Este tipo de tareas surge de la necesidad del cambio programado, o no, de elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina, mediante el uso de repuestos previamente almacenados e inventariados y listos para usarse.

Algunos ejemplos de estas actividades es el cambio de faja de una transmisión por poleas o el cambio de un sensor de temperatura.

2.5.2.3. Rutinas de revisión de equipos

En la siguiente tabla se muestran las rutinas de revisión de los equipos empleados en el proceso.

Tabla XI. Rutinas de revisión

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No. tarea	Descripción	Rutina	Tiempo (min)
Equipo: Hornos industriales			
1	Ajustar los tornillos de la terminal del control eléctrico	Trimestral	10
2	Cambio del electrodo de ignición de la llama	Anual	10
3	Limpiar las parrillas de soporte para las bandejas	Diaria	25
4	Cambio de la termocupla J	Anual	60
Equipo: Ralladora de coco			
1	Cambio de faja de transmisión	Semestral	60
2	Reemplazo del motor eléctrico	Anual	45
3	Reemplazo de los rodamientos del eje de cuchilla	Anual	45
Equipo: Selladora continua vertical			
1	Cambio de cintas de sellado	Semestral	30
2	Cambio de las escobillas de carbón del motor DC	Semestral	35
3	Cambio de cintas de transmisión	Semestral	30
Equipo: Dosificadora			
1	Cambio de faja de transmisión	Semestral	60
2	Apretar los tornillos en la base del motor	Semanal	5
3	Revisar los ejes del reductor	Anual	15
4	Revisión general de la caja reductora	Anual	45

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Lubricación periódica

La lubricación consiste en la acción de aplicación de un lubricante para reducir el rozamiento entre dos superficies muy cercanas y en movimiento relativo entre ellas. De esta manera se reduce el desgaste que se pueda ocasionar si entraran en contacto.

2.5.3.1. Importancia de la lubricación

La lubricación es importante para preservar los elementos mecánicos que están en contacto entre sí. De esta forma se logra un funcionamiento continuo y suave entre ellos. La ausencia de lubricación puede ocasionar la destrucción de los elementos, causando daños irreparables, calor y fallo general.

2.5.3.2. Tipos de lubricantes

Los lubricantes pueden dividirse en sólidos (grafito), semisólidos (grasas) y líquidos (aceites). El uso de cada uno dependerá del elemento por lubricar, del manual del fabricante y el entorno donde se encuentre el elemento.

Los lubricantes también pueden clasificarse según la base con la que hayan sido elaborados. A continuación se describen los tres tipos de bases.

- Mineral: se obtienen tras la destilación del barril de crudo después del gasóleo y antes que el alquitrán.
- Vegetal: se obtiene de vegetales, como el maíz y el olivo.

- Sintético: es una base artificial y su producción es tres o cinco veces más costosa que la base mineral. Son fabricadas en el laboratorio y pueden provenir del petróleo o no.

Los lubricantes que se emplearán para las rutinas de mantenimiento son los aceites sintéticos y las grasas, los cuales ya han sido descritos en la tabla VIII.

2.5.3.3. Rutinas de lubricación

A continuación se muestra una tabla con las rutinas de lubricación para los diferentes equipos empleados en el proceso productivo.

Tabla XII. Rutinas de lubricación

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No. tarea	Descripción	Rutina	Tiempo (min)
Equipo: Ralladora de coco			
1	Lubricación de rodamientos del eje de cuchilla	Mensual	35
Equipo: Selladora continua vertical			
1	Lubricar el conjunto de la caja de tornillo sin fin	Mensual	30
Equipo: Dosificadora			
1	Cambio de aceite de la caja reductora	Semestral	45
2	Lubricar los rodamientos de la caja reductora	Semanal	35

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Limpieza

Son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión. Es importante recordar que las maquinas limpias son más fáciles de mantener, operan mejor y disminuyen los riesgos para la inocuidad del producto final.

Las actividades de limpieza pueden agruparse de la siguiente manera:

- Limpieza de máquinas: la limpieza externa o superficial será efectuada por el operario de cada máquina, al final de la jornada de trabajo. Las que necesiten desmontaje de piezas serán efectuadas por el personal de mantenimiento.
- Limpieza de instalaciones: fundamental para la seguridad e higiene en empresas de alimentos.
- Conservación de edificios: son actividades que se realizan para conservar los edificios. Son el resultado de las visitas o inspecciones.
- Señalización y acondicionamiento cromático: consiste en actividades de delimitación de suelo, de zonas de tránsito, depósitos mediante las señales correspondientes y haciendo uso de pinturas anticorrosivas y soluciones asfálticas.

A continuación se muestran las actividades de limpieza para los equipos de la planta de producción.

2.5.4.1. Rutinas de limpieza de la maquinaria

En la tabla siguiente se muestran las rutinas de limpieza para los equipos empleados en el proceso.

Tabla XIII. Rutinas de limpieza

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No. tarea	Descripción	Rutina	Tiempo (min)
Equipo: Hornos industriales			
1	Limpieza exterior del horno	Diaria	5
2	Limpieza del interior del horno	Mensual	45
3	Limpiar los motores de ventilación	Semestral	15
4	Limpieza de la boquilla del quemador y el electrodo	Trimestral	15
5	Limpieza profunda del interior y exterior del horno	Anual	60
Equipo: Ralladora de coco			
1	Limpieza superficial de la cuchilla	Diaria	5
2	Limpieza de la superficie	Diaria	5
3	Limpiar la carcasa de la máquina	Quincenal	30
4	Limpiar la cuchilla completamente	Quincenal	30
Equipo: Selladora continua vertical			
1	Limpieza de la superficie de la banda transportadora	Diaria	3
2	Limpieza de cintas de sellado	Semanal	1
3	Limpieza de los bloques de sellado	Semanal	1
4	Limpieza de los componentes eléctricos de la máquina	Quincenal	5
5	Limpieza del ventilador	Quincenal	5
Equipo: Dosificadora			
1	Limpieza superficial de la estructura	Diaria	15
2	Limpieza de la tolva cónica	Semanal	15
3	Limpieza de los vasos de dosificación	Semanal	15
4	Limpieza de los componentes electrónicos del panel	Mensual	15

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.2. Mejoramiento de las instalaciones

El mejoramiento de las instalaciones son consideradas labores secundarias del mantenimiento. Mediante su aplicación se garantiza una mejor condición de trabajo para los trabajadores y un mejor ambiente para asegurar la inocuidad del proceso. Dichas mejoras que se propondrán a continuación están apoyadas en las buenas prácticas de manufactura para garantizar la higiene en la planta y adecuándola a la producción de productos alimenticios.

2.5.4.2.1. Iluminación

El cálculo del sistema de iluminación se realizó en las áreas de empaque, horneado y oficina donde se evidenció deficiencia lumínica (ver tabla III) según lo que indican las buenas prácticas de manufactura. Se tomaron en cuenta los siguientes factores para su cálculo:

- Nivel lumínico adecuado: depende del tipo de tarea que se realiza en el área a iluminar, las cuales se presentan en la siguiente tabla.
- Uniformidad: se debe procurar la uniformidad de la iluminación para evitar los contrastes fuertes. La uniformidad está directamente relacionada con el número de lámparas.

Tabla XIV. Clasificación de los trabajos y rangos de iluminación

Descripción	Rango	Rango de iluminación (Lx)		
		Inferior	Medio	Superior
Montaje		Inferior	Medio	Superior
Simple	D	200	300	500
Moderadamente difícil	E	500	750	1000
Difícil	F	1000	1500	2000
Muy difícil	G	2000	3000	5000
Extra difícil	H	5000	7500	10000
Sala de dibujo		Inferior	Medio	Superior
Dibujo detallado	F	1000	1500	2000
Esbozos	E	500	750	1000
Oficinas		Inferior	Medio	Superior
Lecturas de reproducción pobres	F	1000	1500	2000
Lectura de impresiones de mucho contraste	D	200	300	500
Talleres		Inferior	Medio	Superior
Trabajo grueso	D	200	300	500
Trabajo medio	E	500	750	1000
Trabajo fino	H	5000	7500	10000
Área de servicios		Inferior	Medio	Superior
Escaleras, corredores, entradas, baños	C	100	150	200

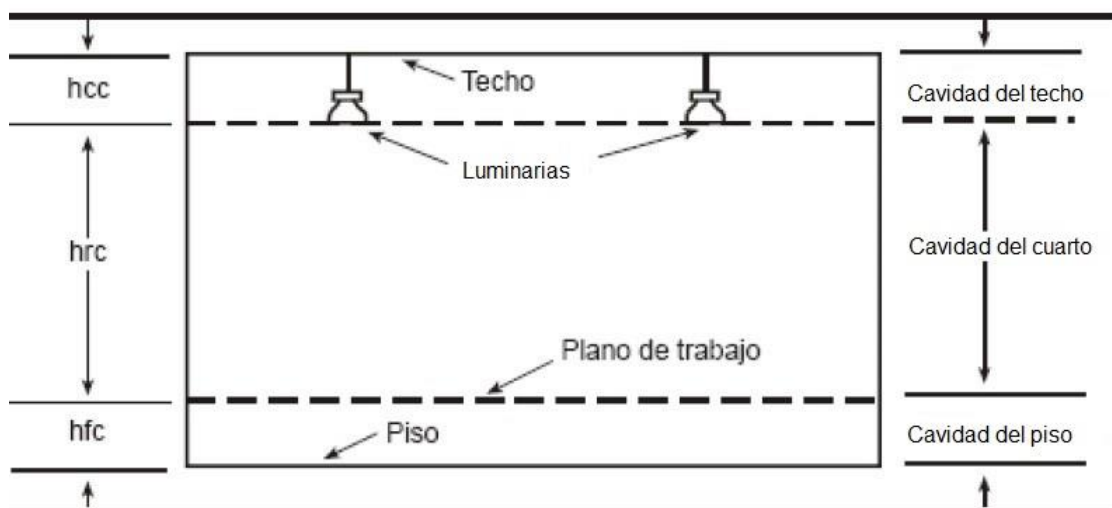
Fuente: elaboración propia.

- Ausencia de deslumbramiento: el deslumbramiento produce una disminución en la capacidad funcional del ojo. Produce molestias, inseguridad y peligro de accidentes.
- Graduación de sombras: está relacionada con la uniformidad. Mientras mayor sea el número de lámparas, más suaves serán las sombras.

- Color de la luz: debe ser más parecido a la luz natural para evitar la distorsión.

Para el diseño del sistema de iluminación se empleó el método de cavidad zonal. Se considera que el ambiente por iluminar está formado por tres cavidades: Del techo, del cuarto y del piso. Este es el método más moderno y recomendado para el cálculo de iluminación de interiores.

Figura 35. **Cavidades del ambiente**



Fuente: clasesiluminacion.files.wordpress.com. Consulta: 23 de mayo de 2016.

A continuación se muestran los cálculos del método de cavidad zonal para determinar el sistema de iluminación en las áreas de horneado, empaque y la oficina.

- Datos del área de horneado:

- Dimensiones del área:

Largo: 9 m

Ancho: 6 m

Cavidad del techo (h_{cc}): 0,23 m

Cavidad del cuarto (h_{ca}): 1,92 m

Cavidad del piso (h_{cp}): 1,15 m

- Coeficientes de reflexión (ρ):

Se determina empleando la siguiente tabla, según el color del piso, techo y paredes, utilizando valores promedio.

Tabla XV. **Coefficiente del reflexión**

Color	Reflectancia
Blanco	75-85
Marfil	70-75
Col. Pálidos	60-70
Amarillo	55-65
Marrón claro	45-55
Verde claro	40-50
Gris	30-50
Azul	25-35
Rojo	15-20

Fuente: KOENISBERGER, Rodolfo. *Ingeniería eléctrica 2*. p. 62.

Cielo (ρ_c): gris= 40%

Piso (ρ_f): gris= 40%

Pared (ρ_p): blanco= 40%

- Clasificación y rangos de iluminación:

Para este paso se empleó la tabla XIV para clasificar la actividad realizada en el área, tomando en cuenta los requerimientos de iluminación descritos en la sección 1.3.4.

Rango: D, Iluminación (E): 300 luxes

- Factor de mantenimiento (F_m):

Este factor dependerá de las condiciones atmosféricas y de la frecuencia de la limpieza en la planta. Los valores del factor de mantenimiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XVI. **Factor de mantenimiento para luminarias**

fm bueno	fm medio	fm malo
0.7 a 0.75	0.6 a 0.7	0.5 a 0.6
Condiciones atmosféricas buenas, buen mantenimiento	Condiciones atmosféricas menos limpias, mantenimiento con poca frecuencia.	Condiciones atmosféricas bastante sucias, mantenimiento deficiente

Fuente: KOENISBERGER, Rodolfo. *Ingeniería eléctrica 2*. p. 62.

Dada la situación actual de la planta, se tomará el factor de mantenimiento como medio con un valor promedio de 0,65.

- Relaciones de cavidad:

Se calculan a partir de las siguientes expresiones:

$$RCA = \frac{5 * h_{ca} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 1,92 * (6 + 9)}{(6 * 9)} = 2,67$$

$$RCP = \frac{5 * h_{cp} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 1,15 * (6 + 9)}{(6 * 9)} = 1,60$$

$$RCC = \frac{5 * h_{cc} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 0,23 * (6 + 9)}{(6 * 9)} = 0,32$$

- Reflectancia efectiva de la cavidad del cielo o techo (ρ_{cc}):

Debido a que se trata de un techo no horizontal, sino de un diseño a dos aguas, la reflectancia efectiva de la cavidad del techo se calcula con la siguiente expresión:

$$\rho_{cc} = \frac{\rho_c * A_p}{A_s - (\rho_c * A_s) + (\rho_c * A_p)} = \frac{0,4 * 54}{56 - (0,4 * 56) + (0,4 * 54)} = 0,39$$

Donde:

A_p = Área que proyecta horizontalmente la porción del techo por encima del área a iluminar.

A_s = Área superficial del techo sobre el área a iluminar.

- Coeficiente de utilización (K):

El factor de utilización se calcula mediante los valores calculados de ρ_{cc} , ρ_p y RCA haciendo uso de la siguiente tabla:

Tabla XVII. **Coeficiente de utilización para luminarias**

Distribución típica	Pcc	80				70				50			30			10		
	Pp	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	RCA	Coeficientes de utilización método de cavidad zonal, Pcp=20																
Tipo A Incandescente	1	0,86	0,84	0,82	0,79	0,84	0,81	0,79	0,77	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	2	0,81	0,77	0,73	0,70	0,79	0,75	0,71	0,69	0,71	0,69	0,69	0,68	0,71	0,69	0,69	0,69	0,63
	3	0,76	0,70	0,66	0,62	0,74	0,69	0,65	0,61	0,66	0,63	0,63	0,61	0,69	0,63	0,63	0,63	0,57
	4	0,71	0,64	0,59	0,56	0,69	0,63	0,59	0,55	0,61	0,57	0,57	0,55	0,63	0,57	0,57	0,57	0,52
	5	0,67	0,59	0,54	0,50	0,65	0,58	0,53	0,49	0,56	0,52	0,52	0,49	0,57	0,52	0,52	0,52	0,47
	6	0,63	0,55	0,49	0,49	0,61	0,54	0,49	0,45	0,51	0,47	0,47	0,45	0,52	0,47	0,47	0,47	0,43
	7	0,59	0,50	0,45	0,45	0,57	0,49	0,44	0,40	0,48	0,43	0,43	0,40	0,47	0,43	0,43	0,43	0,40
	8	0,55	0,46	0,41	0,41	0,54	0,45	0,40	0,37	0,44	0,40	0,40	0,37	0,43	0,40	0,40	0,40	0,36
	9	0,51	0,43	0,37	0,37	0,50	0,42	0,37	0,33	0,41	0,36	0,36	0,33	0,40	0,36	0,36	0,36	0,31
	10	0,47	0,38	0,31	0,31	0,46	0,37	0,32	0,31	0,36	0,31	0,31	0,31	0,36	0,31	0,31	0,31	0,28
Tipo B Neon	1	0,73	0,70	0,68	0,66	0,71	0,68	0,67	0,65	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,59
	2	0,67	0,63	0,59	0,56	0,66	0,62	0,58	0,56	0,59	0,57	0,54	0,57	0,55	0,53	0,55	0,54	0,52
	3	0,63	0,62	0,57	0,49	0,61	0,56	0,52	0,48	0,54	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,51	0,48	0,46
	4	0,59	0,58	0,52	0,43	0,57	0,50	0,46	0,42	0,49	0,45	0,42	0,47	0,44	0,41	0,46	0,44	0,41
	5	0,55	0,53	0,46	0,37	0,52	0,45	0,40	0,37	0,44	0,40	0,36	0,43	0,39	0,36	0,41	0,38	0,36
	6	0,51	0,50	0,42	0,33	0,48	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,39	0,35	0,32	0,38	0,34	0,32
	7	0,47	0,46	0,38	0,29	0,45	0,37	0,32	0,29	0,36	0,32	0,28	0,35	0,31	0,28	0,34	0,31	0,28
	8	0,42	0,42	0,34	0,25	0,41	0,33	0,28	0,25	0,32	0,28	0,25	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,24
	9	0,39	0,39	0,31	0,22	0,38	0,30	0,25	0,22	0,29	0,25	0,22	0,29	0,24	0,21	0,28	0,24	0,21
	10	0,36	0,36	0,28	0,19	0,36	0,27	0,23	0,19	0,27	0,22	0,19	0,26	0,22	0,19	0,25	0,22	0,19

Fuente: KOENISBERGER, Rodolfo. *Ingeniería eléctrica 2*. p. 68.

Se escogerá siempre una distribución tipo B. Después se busca el valor de ρ_{cc} que dio como resultado 0,39, el cual se aproxima a la columna de 30%.

Se prosigue localizando el valor ρ_p el cual tiene un valor de 80%, pero como el valor máximo es 50% entonces se escoge este.

Debido a que los datos para un RCA= 2,67 no se encuentran en la tabla, se hará un interpolación lineal toman los valores correspondientes a RCA = 2 y 3 con sus respectivos coeficientes de utilización. A continuación se muestra el cálculo.

Interpolando:

$$\frac{2.67 - 2}{3 - 2.67} = \frac{K - 0.57}{0.52 - 0.57}, \quad K = 0,54$$

- Reflectancia efectiva del piso (ρ_{cp}):

Se calcula mediante el uso de la siguiente tabla, localizando en la misma los valores de $\rho_f = 40\%$, $\rho_p = 80\%$ y RCP=1,6.

Nótese que los valores anteriormente descritos no se encuentran dentro de la tabla, por lo tanto se escogen los valores más cercanos los cuales corresponden a $\rho_f = 50\%$, $\rho_p = 70\%$. Se puede ver que el valor de la reflectancia efectiva del piso tiene un valor del 44%

Tabla XVIII. Reflectancias efectivas de techo y piso

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia																					
% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50			30			10			
% Reflectancia de pared	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
RSR																					
0,2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0,4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0,6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0,8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1,0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1,2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1,4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1,6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1,8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2,0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2,2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2,4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2,6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2,8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3,0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05
3,2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05
3,4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05
3,6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04
3,8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04
4,0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04
4,2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04
4,4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04
4,6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
4,8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
5,0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04

Fuente: clasesiluminacion.files.wordpress.com. Consulta: 23 de mayo de 2016

- Factor de multiplicación:

Debido a que la reflectancia efectiva del piso tiene un valor mayor al 30%, es necesario el cálculo de un factor que multiplique al coeficiente de utilización (K). Para la realización de este cálculo se emplea la siguiente tabla con la ayuda de los valores de ρ_{cc} , ρ_p y RCA calculados anteriormente.

Tabla XIX. Factores de multiplicación

Pcc	Pp	80				70				50			30		
		70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10
RCA	1	1,09	1,08	1,07	1,01	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02
	2	1,08	1,07	1,05	1,05	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02
	3	1,07	1,05	1,04	1,03	1,06	1,05	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01
	4	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,04	1,03	1,02	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01
	5	1,06	1,04	1,02	1,02	1,05	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01
	6	1,05	1,3	1,02	1,01	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01
	7	1,05	1,03	1,01	1,01	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01
	8	1,04	1,03	1,01	1,01	1,04	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,00
	9	1,04	1,02	1,01	1,01	1,04	1,02	1,01	1,01	1,02	1,00	1,00	1,02	1,01	1,00
	10	1,04	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,01	1,00	1,02	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00

Fuente: clasesiluminacion.files.wordpress.com. Consulta: 23 de mayo de 2016.

Para los valores de $\rho_{cc}= 39\%$ y $\rho_p= 80\%$ se escogen los valores más próximos los cuales correspondería a 30% y 50%. El valor de RCA se encuentra entre 2 y 3, por lo que se realiza un interpolación lineal.

Interpolando:

$$\frac{2,67 - 2}{3 - 2,67} = \frac{x - 1,03}{1,02 - 1,03}$$

Por lo tanto al despejar el valor de X de la ecuación anterior obtenemos el factor de multiplicación con un valor de 1,02.

Ahora multiplicamos este valor por el factor de utilización (K), obteniendo así el factor de utilización corregido (K').

$$K' = 0,54 * 1,02 = 0,55$$

- Flujo lumínico total (ϕ):

Para calcular el flujo lumínico total, hacemos uso de la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{E * \text{Área a iluminar}}{K' * F_m} = \frac{300 * (6 * 9)}{0,55 * 0,65} = 45\ 315 \text{ lúmenes}$$

- Datos del área de empaque:

- Dimensiones del área:

Largo: 6 m

Ancho: 2 m

Cavidad del techo (h_{cc}): 0,23 m

Cavidad del cuarto (h_{ca}): 2,07 m

Cavidad del piso (h_{cp}): 1,00 m

- Coeficientes de reflexión (ρ):

Haciendo uso de la tabla. XV se escogen los valores promedios.

Cielo (ρ_c): gris= 40%

Piso (ρ_f): gris= 40%

Pared (ρ_p): blanco= 40%

- Clasificación y rangos de iluminación:

Haciendo uso de la tabla XIV para clasificar la actividad realizada en el área, tomando en cuenta los requerimientos de iluminación descritos en la sección 2.2.4.

Rango: E, Iluminación (E): 600 luxes

- Factor de mantenimiento (F_m):

Debido a la situación actual de la planta, se volverá a tomar el factor de mantenimiento como 0,65 según la tabla XVI.

- Relaciones de cavidad:

$$RCA = \frac{5 * h_{ca} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 2,07 * (6 + 2)}{(6 * 2)} = 7,0$$

$$RCP = \frac{5 * h_{cp} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 1 * (6 + 2)}{(6 * 2)} = 3,33$$

$$RCC = \frac{5 * h_{cc} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 0,23 * (6 + 2)}{(6 * 2)} = 0,77$$

- Reflectancia efectiva de la cavidad del cielo o techo (ρ_{cc}):

Debido a que se trata de un techo no horizontal, sino de un diseño a dos aguas, la reflectancia efectiva de la cavidad del techo se calcula nuevamente con la siguiente expresión:

$$\rho_{cc} = \frac{\rho_c * A_p}{A_s - (\rho_c * A_s) + (\rho_c * A_p)} = \frac{0,4 * 12}{12,44 - (0,4 * 12,44) + (0,4 * 12)} = 0,39$$

- Coeficiente de utilización (K):

El factor de utilización se calcula mediante los valores calculados de ρ_{cc} , ρ_p y RCA utilizando la tabla XVII. El valor corresponde a $K = 0,35$.

- Reflectancia efectiva del piso (ρ_{cp}):

Se calcula mediante el uso de la tabla XVIII. Se localizando los valores de $\rho_f = 40\%$, $\rho_p = 80\%$ y $RCP = 3,33$. Se puede ver que el valor de la reflectancia efectiva del piso tiene un valor de 39%.

- Factor de multiplicación:

Debido a que el valor de la reflectancia efectiva del piso tiene un valor mayor al 30%, se calcula el factor que multiplique al coeficiente de utilización (K) empleando los valores de ρ_{cc} , ρ_p y RCA de la tabla XIX.

$$x = 1,02$$

$$K' = 0,39 * 1,02 = 0,40$$

- Flujo lumínico total (ϕ):

Para calcular el flujo lumínico total, hacemos uso de la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{E * \text{Área a iluminar}}{K' * F_m} = \frac{600 * (6 * 2)}{0,40 * 0,65} = 27\ 692 \text{ lúmenes}$$

- Datos del área de oficina:
 - Dimensiones del área:

Largo: 4 m

Ancho: 2,5 m

Cavidad del techo (h_{cc}): 0,23 m

Cavidad del cuarto (h_{ca}): 2,22 m

Cavidad del piso (h_{cp}): 0,85 m

- Coeficientes de reflexión (ρ):

Haciendo uso de la tabla. XV se escogen los valores promedios.

Cielo (ρ_c): gris= 40%

Piso (ρ_f): gris= 40%

Pared (ρ_p): blanco= 40%

- Clasificación y rangos de iluminación:

Haciendo uso de la tabla. XIV para clasificar la actividad realizada en el área, tomando en cuenta los requerimientos de iluminación descritos en la sección 2.2.4.

Rango: D, Iluminación (E): 300 luxes

- Factor de mantenimiento (F_m):

Debido a la situación actual de la planta, se volverá a tomar el factor de mantenimiento como 0,65 según la tabla XVI.

- Relaciones de cavidad:

$$RCA = \frac{5 * h_{ca} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 2,22 * (4 + 2,5)}{(4 * 2,5)} = 7,22$$

$$RCP = \frac{5 * h_{cp} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 0,85 * (4 + 2,5)}{(4 * 2,5)} = 2,76$$

$$RCC = \frac{5 * h_{cc} * (\text{Largo} + \text{ancho})}{(\text{Área del espacio a iluminar})} = \frac{5 * 0,23 * (4 + 2,5)}{(4 * 2,5)} = 0,75$$

- Reflectancia efectiva de la cavidad del cielo o techo (ρ_{cc}):

Debido a que se trata de un techo no horizontal, sino de un diseño a dos aguas, la reflectancia efectiva de la cavidad del techo se calcula nuevamente con la siguiente expresión:

$$\rho_{cc} = \frac{\rho_c * A_p}{A_s - (\rho_c * A_s) + (\rho_c * A_p)} = \frac{0,4 * 10}{10,37 - (0,4 * 10,37) + (0,4 * 10)} = 0,39$$

- Coeficiente de utilización (K):

El factor de utilización se calcula mediante los valores calculados de ρ_{cc} , ρ_p y RCA haciendo uso de tabla XVII. Escogemos la distribución tipo b e interpolamos.

$$\frac{7,22 - 7}{8 - 7,22} = \frac{K - 0,35}{0,32 - 0,35}, \quad K = 0,34$$

- Reflectancia efectiva del piso (ρ_{cp}):

Se calcula mediante el uso de la tabla XVIII, localizando en la misma los valores de $\rho_f = 40\%$, $\rho_p = 80\%$ y $RCP = 2,76$

Se puede ver que el valor de la reflectancia efectiva del piso tiene un valor del 41%.

- Factor de multiplicación:

Debido a que el valor de la reflectancia efectiva del piso tiene un valor mayor al 30%, se calcula el factor que multiplique al coeficiente de utilización (K) empleando los valores de ρ_{cc} , ρ_p y RCA de la tabla XIX.

Interpolando:

$$\frac{7,22 - 7}{8 - 7,22} = \frac{x - 1,02}{1,02 - 1,02}, \quad x = 1,02$$

$$K' = 0,34 * 1,02 = 0,35$$

- Flujo lumínico total (\emptyset):

Para calcular el flujo lumínico total, hacemos uso de la siguiente expresión:

$$\emptyset = \frac{E * \text{Área a iluminar}}{K' * F_m} = \frac{300 * (4 * 2,5)}{0,35 * 0,65} = 13\,187 \text{ lúmenes}$$

- Cantidad de luminarias:

Ahora que se tiene el flujo lumínico total de cada área, se calcula la cantidad de luminarias para la realización del sistema de iluminación. Para esto, es necesario escoger las luminarias más económicas y eficientes.

- Tipo de luminaria:

Se escogió tubo fluorescente de 32 W, con una capacidad lumínica media de 2 450 lúmenes, siendo las más económicas del mercado.

Figura 36. **Tubo fluorescente 32W**



Fuente: www.electroma.com. Consulta: 23 de mayo de 2016.

Se calcula la cantidad de luminarias dividiendo el flujo lumínico total para cada área dentro del flujo que proporciona la luminaria seleccionada.

$$\text{No. de luminarias para \u00e1rea de horneado} = \frac{45\,315}{2\,300} = 20 \text{ luminarias}$$

$$\text{No. de luminarias para \u00e1rea de empaque} = \frac{27\,692}{2\,300} = 12 \text{ luminarias}$$

$$\text{No. de luminarias en oficina} = \frac{13\,187}{2\,300} = 6 \text{ luminarias}$$

Dichas luminarias ser\u00e1n instaladas en l\u00e1mparas con configuraci\u00f3n de 2x32, para lograr una iluminaci\u00f3n eficiente y reducir el espacio ocupado por el sistema de iluminaci\u00f3n.

2.5.4.2.2. Ventilaci\u00f3n

La ventilaci\u00f3n tiene el prop\u00f3sito de sustituir o renovar, en un ambiente, el aire considerado inconveniente por su impureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores caracter\u00edsticas.

En procesos industriales, la ventilaci\u00f3n permite controlar el calor excedente proveniente de la maquinaria, iluminaci\u00f3n y del personal en actividad dentro de la planta. Los hornos son la mayor fuente de calor excedente. Por ello, es necesario extraerlo para que el ambiente de trabajo sea c\u00f3modo y confortable para los trabajadores.

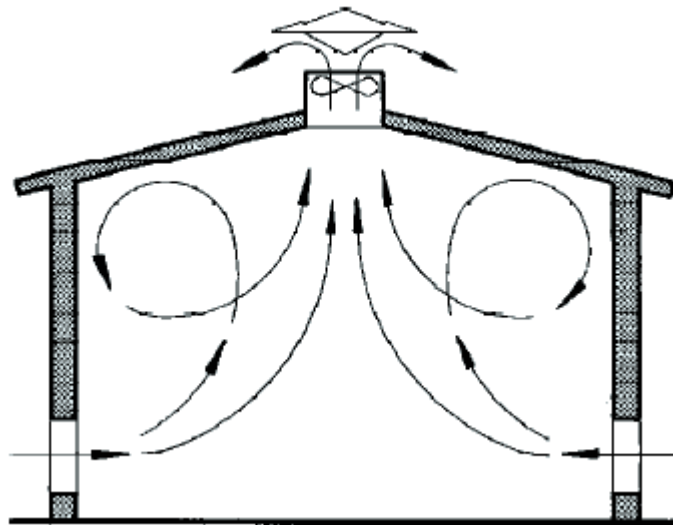
Para reducir los costos de energ\u00eda el\u00e9ctrica se propone el uso de extractores e\u00f3licos.

El principio de funcionamiento de este sistema responde a que el aire que fluye a trav\u00e9s de una abertura, es proporcional a la diferencia de presi\u00f3n que existe

en el interior y el exterior. Esto provoca que el aire caliente salga por la parte superior, como se muestra en la figura 37.

Las causas de la diferencia de presión se deben principalmente a la diferencia de densidad entre la columna de aire caliente en el interior y la columna de aire del exterior, la diferencia de temperatura y el viento.

Figura 37. **Extracción por el techo**



Fuente: ESCODA, Salvador. *Manual práctico de ventilación*. p. 30.

El análisis indica que el viento, como tercera causa, puede ser regularizado o intensificado por dispositivos mecánicos, como el extractor eólico.

- Funcionamiento del extractor eólico:

El viento que incide en el extractor provoca la rotación y, en consecuencia, se forma un vacío; entonces, la masa de aire del ambiente que se debe ventilar es succionada hacia el exterior del recinto. El aire caliente que procede de la nave industrial ejerce una presión en el rotor, lo cual provoca un giro, llamado también efecto chimenea.

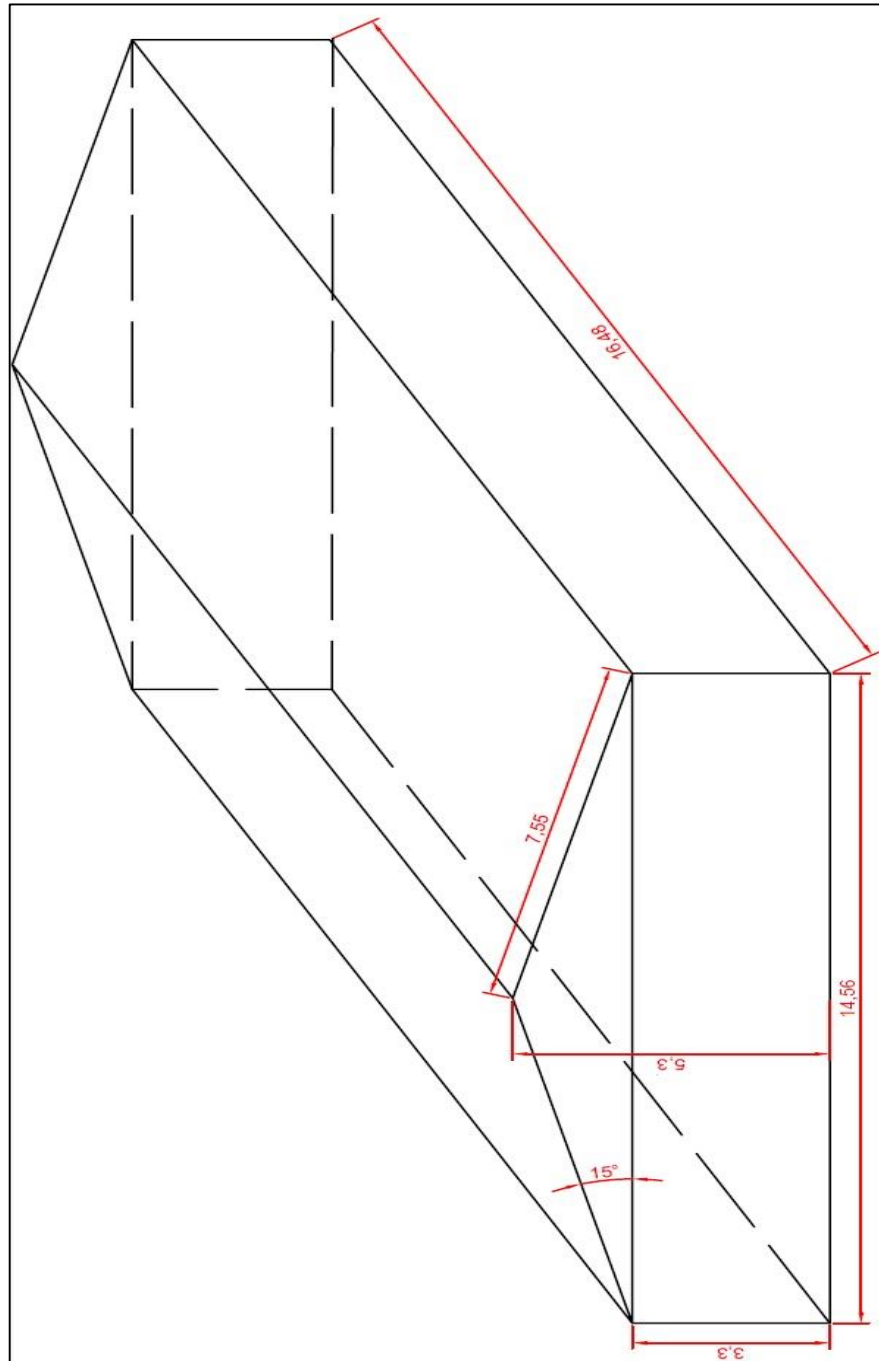
- Ventajas del uso de extractores eólicos:

A continuación se presentan las ventajas de utilizar extractores eólicos como medio de ventilación.

- No consume energía eléctrica.
- Silencioso.
- Son a prueba de lluvia.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Evita humedad y moho.
- No produce vibraciones.

Para determinar la cantidad de extractores eólicos es necesario calcular el volumen total de aire del recinto. Por ello, se tomaron medidas de la nave industrial y se muestran en la siguiente figura:

Figura 38. Dimensiones de la nave industrial



Fuente: elaboración propia con el software AutoCAD 2015.

A continuación se calcula el volumen total de la nave industrial, el cual correspondería al volumen total del aire en el recinto.

$$\text{Volumen}_{\text{Total}} = \text{Volumen}_1 + \text{Volumen}_2$$

$$\text{Volumen}_1 = 3,33 \text{ m} * 14,56 \text{ m} * 16,48 \text{ m} = 791,83 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_2 = (2 * (0,5 * 7,28\text{m} * 2\text{m}) * 16,48\text{m}) = 239,95 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{Total}} = 791,83 \text{ m}^3 + 239,95 \text{ m}^3 = 1\ 031,78 \text{ m}^3$$

Ahora que se calculó el volumen total, se calcula la cantidad de extractores eólicos que se utilizarán, usando la siguiente expresión:

$$\text{No. extractores} = \text{Volumen}_{\text{total}} * \text{Ra} * \frac{1}{Q_e}$$

Donde:

Ra= Renovaciones de aire por hora

Q_e= Caudal extraído

El dato de las renovaciones de aire por hora dependerá de la actividad que se realice en el recinto a ventilar. En la siguiente tabla se muestra diferentes valores de renovaciones de aire por hora para diversas actividades.

Tabla XX. Renovaciones de aire por hora

Tipo de local	Renovaciones de aire por hora (cantidad)
Talleres de decapado	5 a 15
Tintorerías	10 a 20
Locales de pintura a pistola	20 a 50
Garajes: Pequeños	10 a 15
Grandes	5 a 8
Hospitales Grupo de quirófanos	5 a 12
Cocinas de tamaño medio H= 3 a 4 m	20 a 30
H= 4 a 6m	15 a 20
Cocinas grandes H= 3 a 4 m	20 a 30
H= 4 a 6m	15 a 30
Laboratorios	8 a 15
Naves de montaje	4 a 10
Talleres en general	3 a 8
Taller de barnizado	10 a 20

Fuente: elaboración propia con base en la norma técnica E.M. 030. p. 7.

La actividad y el tipo de maquinaria empleada en el proceso de elaboración de granola indican que el tipo de local es una cocina grande con altura de 4 a 6 m.

El valor de renovaciones de aire por hora será de 30.

Para el cálculo del caudal extraído (Q_e) es necesario el uso de la siguiente gráfica, la cual muestra las curvas para las distintas medidas de extractores. En el mercado guatemalteco solo se manejan medidas de 24 pulgadas, por lo que solo se trabajará con esa curva.

El valor promedio de la velocidad del viento se tomara según reportes meteorológicos del Insivumeh en el departamento de Sacatepéquez de 2,5 km/h.

Figura 39. **Gráfico velocidad del viento vs caudal de aire**



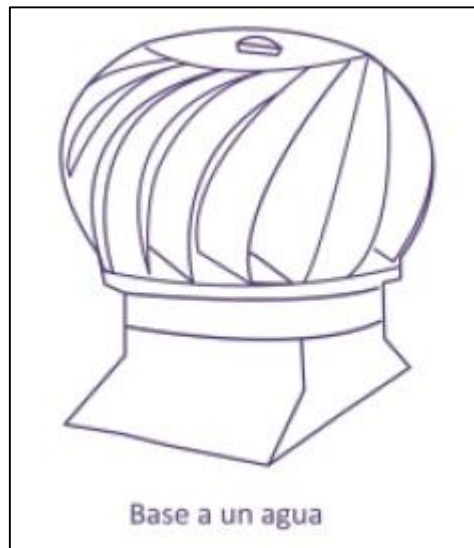
Fuente: <http://www.tecnologiaeolica.com.ar>. Consulta: 24 de mayo de 2016.

De la gráfica anterior se obtiene para el modelo de 24 pulgadas el valor de 800 metros cúbicos por hora. Por último se sustituyen los valores en la expresión antes mencionada.

$$\text{No. extractores de 24"} = 1\,031,78 * 30 * \frac{1}{5\,800} = 6 \text{ extractores}$$

En la figura se muestra el tipo de extractor eólico que se utilizará ya que, por su forma, se adaptará mejor al techo de dos aguas.

Figura 40. **Extractor eólico**



Fuente: elaboración propia.

2.5.4.2.3. Señalización industrial

La señalización corresponde una herramienta esencial para llamar la atención de los trabajadores sobre determinadas circunstancias, cuando no se puede eliminar el riesgo ni proteger al trabajador. Como se describió en la sección 1.3.6., la señalización actual en la planta no cumple con la función de atraer la atención ni de informar a los trabajadores de los posibles riesgos que puedan darse en las distintas áreas de trabajo.

Por lo tanto, se propone la siguiente señalización en las áreas de horneado, mezclado y lavado. La señalización estará impresa en mantas vinílicas de tamaño considerable, de manera que cumplan la función de llamar la atención y ser visibles dentro de la planta.

- Área de hornos:

Los hornos en esta área pueden causar accidentes. Por eso se debe tomar en cuenta el riesgo de quemaduras debido a las altas temperaturas de trabajo de estos equipos. También debe considerarse el riesgo de incendio debido al uso de gas propano como combustible.

La señalización propuesta para el área de horneado se muestra en las siguientes figuras.

Figura 41. **Señal de peligro**



Fuente: www.micex.es. Consulta: 30 de mayo de 2016.

Figura 42. **Señales de prohibición**



Fuente: www.indlemer.com.mx. Consulta: 30 de mayo de 2016.

- Área de lavado y mezclado:

Para estas dos áreas se proponen señales que promuevan la higiene, limpieza y orden en la planta. Asimismo, deben indicar la indumentaria de los operarios cuando inicien sus labores dentro de la empresa.

A continuación se muestran las señales propuestas para estas áreas.

Figura 43. **Señales de obligación**



Fuente: www.cartellesseguridadsg.com.ar. Consulta: 30 de mayo de 2016.

2.5.4.2.4. Pisos, techos y paredes

- Pisos:

El piso, de la misma forma que las paredes, será fácil de limpiar y exentos de hendiduras y oquedades. Será resistente al desgaste por el uso o cualquiera de las condiciones previstas para el trabajo que se presenten. El epóxico es un material empleado en la industria conformado por resina epoxi, principalmente en metalmecánica, farmacéutica y alimenticia. Por sus características se califica como un piso industrial.

Este piso puede instalarse en una base de concreto alisado y, posteriormente, la aplicación de la resina epóxica. Las propiedades que posee el piso epóxico son las siguientes:

- Resistencia al impacto y facilidad de limpieza
- Resistencia a químicos, grasas, solventes, ácidos y al calor
- Seguridad

Figura 44. **Piso epóxico**



Fuente: www.apintar.com. Consulta: 2 de junio de 2016.

La curva sanitaria o también llamadas medias cañas son utilizadas entre la pared y el piso para prevenir la acumulación de suciedad entre esas esquinas. Esto mejora la capacidad de limpieza de estas partes. Se fabrican con PVC y pueden ser de recubrimiento epóxico que se aplican a esquinas verticales, horizontales y en ventanas para que la forma de las esquinas sea redonda e impida se acumule polvo en ellas.

Figura 45. **Curva sanitaria**



Fuente: www.codirsa.com. Consulta: 2 de junio de 2016.

La empresa Apintar, S.A. instalará el piso epóxico y las curvas sanitarias. Se cubrirán, aproximadamente, 240 metros cuadrados de piso y 28 metros de curva sanitaria.

- Techo:

El techo es una parte crítica en toda industria alimenticia ya que sin las medidas de higiene y limpieza, es un acumulador de polvo y partículas que pueden caer en los alimentos en proceso.

El techo de Saluvita, S.A. presenta deficiencias en salubridad por lo tanto se propone la limpieza de las láminas a profundidad, tanto en el exterior como en el interior. Para limpiarlo se utilizará agua a presión aplicada con hidrolavadoras. El uso de impermeabilizantes en el techo logrará un aislamiento con partículas arrastradas por la lluvia que puedan contaminar el producto al ingresar por filtraciones a la planta.

Se propone el uso de un impermeabilizante a base de acrílico debido a sus propiedades.

- Alta adherencia a los sustratos.
- Refleja los rayos solares, ayudando a disminuir la temperatura interior.
- Conserva su flexibilidad.
- No es inflamable.
- Soporta cambios climáticos.

Para determinar la cantidad de impermeabilizante en galones, que se utilizará, es necesario calcular el área superficial total del techo. Para simplificar el cálculo se asumirá que las láminas no son acanaladas:

$$\text{Área del techo} = A_{\text{agua1}} + A_{\text{agua2}}$$

Según las dimensiones mostradas en la figura 38, el área de cada agua es igual a:

$$7,55 * 16,48 = 124,42 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el área del techo es el resultado anterior multiplicado por dos, dando como resultado 248.5 metros cuadrados. El galón de impermeabilizante puede cubrir un área de 10 metros cuadrados, por lo que la cantidad a utilizar es:

$$\text{Galones de impermeabilizante} = 248,5 \text{ m}^2 * \frac{\text{galón}}{10 \text{ m}^2} = 24,9 \cong 25 \text{ galones}$$

- Paredes:

El diseño de las paredes debe ser de tal forma que la limpieza se realice de manera sencilla, según dictan las buenas prácticas de manufactura. Esto puede realizarse mediante el empleo de pintura, barnices impermeables, etc. En este caso, los componentes que se utilizaran para el mejoramiento de las paredes serán la pintura antibacterial y la curva sanitaria.

- Pintura:

La pintura recomendable es de látex antibacterial, cuyas propiedades impermeables y anticorrosivas garantiza la facilidad de limpieza y la inhibición de la formación de bacterias, hongos o algas en la superficie de la pared.

En la siguiente figura, se ve una presentación de un galón de pintura.

Figura 46. **Pintura látex antibacterial**



Fuente: www.corona.com. Consulta: 2 de junio de 2016.

Para calcular la cantidad de pintura necesaria, es necesario determinar el cálculo del área superficial total a cubrir. Nuevamente, de acuerdo con la figura 38 se calcula el área superficial de las paredes.

$$\text{Área total} = \text{Área}_{\text{pared 1}} + \text{Área}_{\text{pared 2}} + \text{Área}_{\text{pared 3}} + \text{Área}_{\text{pared 4}}$$

$$\text{Área total} = 2(3,3 * 16,48) + 2(3,3 * 14,56) = 204,86 \text{ m}^2$$

El galón de pintura puede cubrir un total de 20 metros cuadrados, por lo tanto, la cantidad de galones necesarios es de:

$$\text{Galones de pintura} = 204,86 \text{ m}^2 * \frac{\text{galón}}{20 \text{ m}^2} = 10,24 \cong 10 \text{ galones}$$

2.5.4.3. Rutinas de limpieza para las instalaciones

Una vez establecidas las mejoras que deben de realizarse en las instalaciones de la empresa, es necesario promover la inocuidad mediante las siguientes de rutinas de limpieza.

Tabla XXI. Rutinas de limpieza

RUTINAS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LA PLANTA			
No. tarea	Descripción	Rutina	Tiempo (min)
Paredes			
1	Remover el polvo de la paredes	Diario	15
2	Eliminar manchas y marcas con agua y detergente	Semanal	25
3	Limpiar paredes con solución de bicarbonato y agua	Semanal	60
4	Retocar con capa de pintura antibacterial	Semestral	120
Piso			
1	Barrer y trapear	Diario	30
2	Limpieza superficial con agua y detergente	Semanal	30
3	Aspiración del piso para eliminar humedad del lavado	Semanal	45
4	Pulir el piso con pulimentos metálicos	Semanal	45
5	Aplicación de esmalte	Semestral	90
Ventanas			
1	Remover el polvo de ventanas	Diario	20
2	Limpiar vidrios con espray limpiador	Semanal	20
Techo			
1	Limpiar el polvo del interior	Semanal	30
2	Aplicar capa de impermeabilizante	Semestral	60
3	Lavado con agua a presión en exterior e interior	Semestral	40
Utensilios			
1	Limpiar de los recipientes de mezclado de granola	Diario	15
2	Limpieza de bandejas para hornear	Diario	5
3	Limpieza de los porta bandejas	Diario	10
2	Lavado de cubiertos utilizados	Diario	2

Fuente: elaboración propia.

2.6. Análisis de costos

La evaluación financiera de cualquier proyecto nuevo o de mejora en una empresa se basa en los costos de su realización. De ello se parte para verificar su factibilidad. En este caso, se evaluará la factibilidad de la implementación de las mejoras en la planta de producción con base en un análisis beneficio costo.

Un costo puede definirse como el valor monetario que una empresa gasta para producir un producto o la prestación de un servicio. Dichos costos pueden dividirse en:

- Costos fijos: no dependen de la producción de una empresa y son constantes en el tiempo.
- Costos variables: varían dependiendo de los niveles de producción de una empresa.

Con base en estas definiciones, se clasificarán los costos de la realización de la propuesta.

- Costo inicial o inversión inicial: es la cantidad de dinero con la cual inicia la inversión, en este caso, serán los costos de mejoramiento de las instalaciones físicas y del inventario inicial de repuestos.
- Costos fijo: estos costos son constantes y corresponderán a los salarios administrativos, material de empaque, distribución del producto y otros gastos.

- Costos variables: dependerán de las unidades producidas, como materia prima, agua y energía eléctrica. Cabe mencionar que estos costos serán tomados como constantes en el flujo de efectivo al realizar el análisis beneficio costo. Se realizará un análisis de pronósticos para determinar la tendencia de los costos futuros, tomando tres periodos de diez meses cada uno.

2.6.1. Costo total de la propuesta

A continuación se detallarán, en tablas, los costos que conllevará la implementación de la propuesta.

- Costos de ventilación:

Estos costos fueron determinados mediante cotizaciones a empresas dedicadas a la construcción e instalación de extractores eólicos. El detalle de los costos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXII. Costos de ventilación

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Extractores eólicos	6	Q 700,00	Q4 200,00
Cojinetes industriales	3	Q 75,00	Q 225,00
Ejes especiales torneados	6	Q 125,00	Q 750,00
Flanchs de 32" x 36"	6	Q 100,00	Q 600,00
Instalación	--	Q 450,00	Q2 700,00
Total		Q 1 450,00	Q8 475,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de iluminación:

Estos costos fueron determinados mediante cotizaciones a empresas dedicadas a la venta de materiales eléctricos. El detalle de los costos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIII. **Costo de iluminación**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo fluorescente de 32 W	38	Q 15,69	Q 596,22
Lámparas industriales 2x32	19	Q 191,64	Q 3 641,16
Metros de cable eléctrico SPT 2X16	100	Q 1,81	Q 181,00
Mano de obra	--	Q 350,00	Q 350,00
Total		Q 559,14	Q4 768,38

Fuente: elaboración propia.

- Costo de mejora de paredes, techo y pisos:

Los costos de pintura e impermeabilizante fueron determinados por cotizaciones a ferreterías. También se cotizó la mano de obra para realizar las tareas de pintado y aplicación del impermeabilizante.

La instalación del piso epóxico y la curva sanitaria fue cotizada a empresas especialistas en la tarea.

Tabla XXIV. **Costos de mejora en paredes, piso y techo**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cubeta de impermeabilizante (5 galones)	5	Q 565,00	Q2 825,00
Cubeta de pintura antibacterial látex (5 galones) color blanco	2	Q 272,00	Q 544,00
Mano de obra para pintado y aplicación de impermeabilizante	--	Q 1 500,00	Q1 500,00
Instalación de piso epóxico y curva sanitaria		Q 15 725,00	Q 15 725,00
TOTAL			Q 20 594,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de señalización:

El costo de la señalización industrial se realizó mediante cotizaciones a empresas dedicadas a la elaboración de mantas vinílicas. En la siguiente tabla se muestra el detalle de los costos y de las dimensiones propuestas para las distintas señales vistas en la sección 2.5.4.2.3 asumiendo que la figura representa la manta vinílica completa.

Tabla XXV. **Costos de señalización**

Descripción	Dimensiones (base x altura)	Costo / m2	Costo total
Señales de peligro	0,5 x 0,6 metros	Q 35,00	Q 10,50
Señales de precaución	1,5 x 1 metros	Q 35,00	Q 52,50
Señales de obligación	1,8 x 1,5 metros	Q 35,00	Q 94,50
TOTAL			Q 157,50

Fuente: elaboración propia.

- Costo de inventario inicial:

La determinación de los costos del inventario inicial se realizó mediante cotizaciones a ferreterías y a empresas encargadas de la distribución de los repuestos necesarios para las tareas de mantenimiento de los equipos. Los repuestos fueron determinados mediante los manuales de fabricante de cada equipo.

El detalle de los costos que conforman el inventario inicial de repuestos, materiales e insumos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXVI. **Costos del inventario inicial de repuestos, materiales e insumos**

Material, repuesto o herramienta	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Grasa grado alimenticio LOCTITE VIPER LUBE	1 libra	Q 95,00	Q 95,00
Aceite Lubrisa OIL GL-190	2 galones	Q 145,00	Q 290,00
Aceite Shell Telus 46	1 galón	Q 105,00	Q 105,00
Rodamientos rígidos de bolas	4 unidades	Q 95,00	Q 380,00
Faja sección trapezoidal B-20	6 unidades	Q 50,00	Q 300,00
Botella de aire comprimido	2 botellas	Q 58,52	Q 117,04
Brocha de 4"	2 unidades	Q 22,00	Q 44,00
Alicate de electricista	2 unidades	Q 57,00	Q 114,00
Juego de destornilladores phillips y de castigadera	2 unidades	Q 96,00	Q 192,00
Linterna de mano	1 unidad	Q 57,00	Q 57,00
Desengrasante LOCTITE ODC FREE 7070 12/1	2 botellas	Q 78,50	Q 157,00
Cepillo de cerdas metálicas	1 unidad	Q 8,60	Q 8,60
Juego de llaves cola-corona	1 juego	Q 164,00	Q 164,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Costos del inventario inicial de repuestos, materiales e insumos (continuación)**

Material, repuesto o herramienta	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Waipe	6 libras	Q 16,00	Q 96,00
Termocupla tipo J	8 unidades	Q 38,00	Q 304,00
Cinta de aislar de 1"	2 rollos	Q 35,00	Q 70,00
Pintura anticorrosiva color verde Sherwin Williams	2 galones	Q 57,35	Q 114,70
Caja de herramientas de 24"	1 unidad	Q 296,00	Q 296,00
Martillo de bola de 16 onzas	2 unidades	Q 51,00	Q 102,00
Paños de tela	10 unidades	Q 2,00	Q 20,00
Pintura antibacterial látex Protecto	1 cubeta	Q 272,00	Q 272,00
Guantes de hule	4 pares	Q 16,50	Q 66,00
Hidrolavadora	1 unidad	Q 1 329,25	Q 1 329,25
Escobas y trapeadores	2 unidades	Q 15,00	Q 30,00
Desinfectante de piso	4 galones	Q 19,00	Q 76,00
Impermeabilizante de techo Emulastic	2 cubetas	Q 565,00	Q 1 130,00
Contenedores de basura naranja, azul y gris de 32 galones	3 unidades	Q 175,00	Q 525,00
TOTAL			Q 6 454,59

Fuente: elaboración propia.

- Costo de inversión inicial:

El costo de la inversión inicial será la suma algebraica de los valores de los costos de la ventilación, iluminación, señalización, piso, paredes, techo y el inventario inicial. Este valor total será utilizado posteriormente en el flujo de caja para la evaluación financiera de la propuesta.

Tabla XXVIII. **Costo inversión inicial**

Descripción	Total
Sistema de ventilación	Q 8 475,00
Sistema de iluminación	Q 4 768,38
Mejora de paredes, techo y piso	Q 20 594,00
Señalización	Q 157,50
Inventario inicial de repuestos e insumos	Q 6 454,59
Total	Q 40 449,47

Fuente: elaboración propia.

- **Gastos de operación:**

Los gastos de operación son todos los desembolsos de una empresa para el desarrollo de sus actividades. Los gastos de operación de la empresa se encuentran detallados en la siguiente tabla, los cuales corresponden al mes de junio de 2016.

Cabe mencionar que el *batch* de producto consiste en 70 paquetes de granola y el ritmo de producción estimado es de 45 paquetes por hora.

Tabla XXIX. Gastos de operación del mes de junio de 2016

Costos de producción			
Descripción	Cantidad/Batch	Costo/Batch	Costo/paquete
Pasas	11 lb	Q 16,00	Q 0,23
Manía	10 lb	Q 20,00	Q 0,29
Coco	5 lb	Q 20,00	Q 0,29
Panela	25 lb	Q 60,00	Q 0,86
Avena	44 lb	Q 139,39	Q 1,99
Subtotal			Q 3,65
	Costo/día	Costo/hora	Costo/paquete
Mano de obra directa	Q 124,87	Q 15,61	Q 0,35
Consumo de gas	Q 309,09	Q 38,64	Q 0,86
Consumo de energía eléctrica	Q 40,91	Q 5,11	Q 0,11
Consumo de agua	Q 20,45	Q 2,56	Q 0,06
Subtotal			Q 1,38
Costo directo producción por paquete			Q 5,02
Costo directo de producción para los 5 650 paquetes producidos en junio de 2016			Q 28 363,00
Gastos de operación			
			Mes de junio 2016
Sueldos administrativos			Q 14 000,00
Material de empaque			Q 450,00
Distribución			Q 1 500,00
Otros gastos			Q 150,00
Gastos totales de operación			Q 16 100,00
GASTO TOTAL			Q 44 463,00

Fuente: Saluvita, S.A.

Ahora se detallan los costos de operación de los periodos de enero de 2014 a junio de 2016.

Tabla XXX. **Gastos de operación enero 2014 - junio 2016**

No. MES	MES	GASTOS	No. MES	MES	GASTOS
1	Enero	Q 35 678,00	16	Abril	Q 41 245,18
2	Febrero	Q 36 682,00	17	Mayo	Q 42 204,00
3	Marzo	Q 39 694,00	18	Junio	Q 43 459,00
4	Abril	Q 41 220,08	19	Julio	Q 44 965,00
5	Mayo	Q 41 200,00	20	Agosto	Q 47 224,00
6	Junio	Q 42 706,00	21	Septiembre	Q 46 220,00
7	Julio	Q 44 212,00	22	Octubre	Q 42 204,00
8	Agosto	Q 46 220,00	23	Noviembre	Q 41 200,00
9	Septiembre	Q 45 216,00	24	Diciembre	Q 38 700,04
10	Octubre	Q 43 710,00	25	Enero	Q 31 160,00
11	Noviembre	Q 42 957,00	26	Febrero	Q 36 682,00
12	Diciembre	Q 40 196,00	27	Marzo	Q 40 196,00
13	Enero	Q 33 670,00	28	Abril	Q 41 752,20
14	Febrero	Q 36 180,00	29	Mayo	Q 43 223,06
15	Marzo	Q 41 200,00	30	Junio	Q 44 463,00

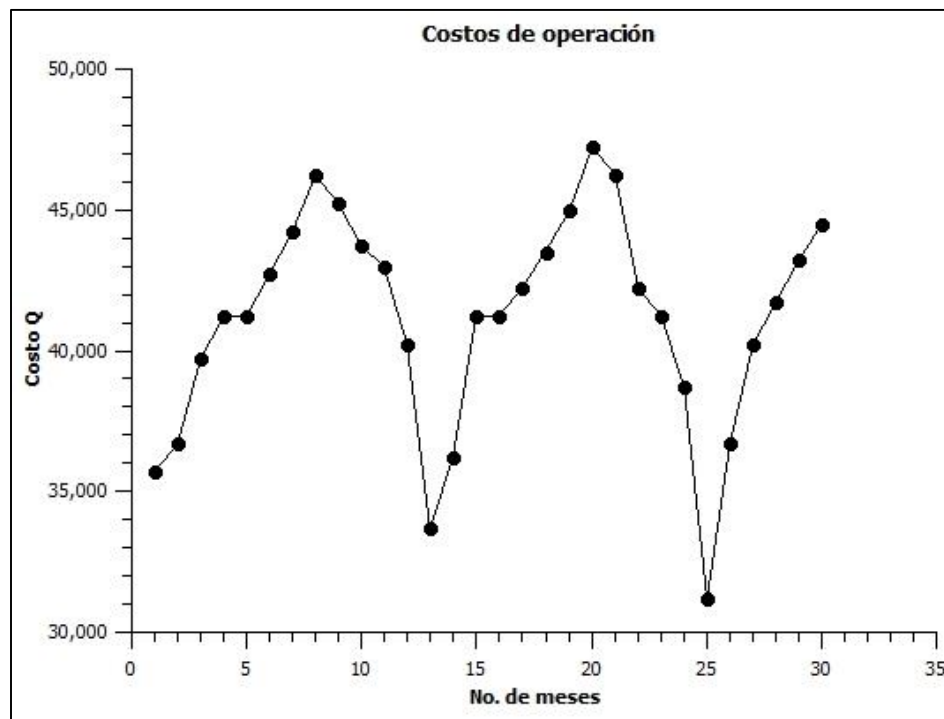
Fuente: Saluvita, S.A.

- Pronósticos de gastos de operación:

Se realizará el análisis primario de los gastos de operación, que consiste en graficar los datos tabulados para los periodos que se utilizarán y con base en la curva, se determinará el tipo de familia a la que pertenecen. Cada tipo de familia de curva de datos tiene un procedimiento único para el cálculo de los pronósticos.

A continuación, se muestra la gráfica de los tres periodos de los gastos de operación de la empresa.

Figura 47. **Gastos de operación enero 2014 - junio 2016**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que los datos semejan al comportamiento de las familias cíclicas. Por eso, se realizan los cálculos correspondientes.

- Cálculos preliminares:

Se tabulan los datos agrupándolos en periodos. Los gastos fueron agrupados en tres periodos de diez meses. Después se calculan los índices estacionales para los treinta datos.

Para el cálculo de estos índices se utiliza la siguiente expresión:

$$i(n) = \frac{X_{hor(n)}}{X_{vert(n)}}$$

Donde:

$X_{hor(n)}$ = Promedio de los “n” gastos horizontales

$X_{vert(n)}$ = Promedio de los “n” gastos totales

Los resultados pueden apreciarse en la siguiente tabla.

Tabla XXXI. Índices estacionales para los gastos de operación

Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Xhor(30)	i(30)
Q 35 678,00	Q 42 957,00	Q 46 220,00	Q 41 618,33	1,0104493
Q 36 682,00	Q 40 196,00	Q 42 204,00	Q 39 694,00	0,9637285
Q 39 694,00	Q 33 670,00	Q 41 200,00	Q 38 188,00	0,9271644
Q 41 220,08	Q 36 180,00	Q 38 700,04	Q 38 700,04	0,9395962
Q 41 200,00	Q 41 200,00	Q 31 160,00	Q 37 853,33	0,9190390
Q 42 706,00	Q 41 245,18	Q 36 682,00	Q 40 211,06	0,9762821
Q 44 212,00	Q 42 204,00	Q 40 196,00	Q 42 204,00	1,0246686
Q 46 220,00	Q 43 459,00	Q 41 752,20	Q 43 810,40	1,0636703
Q 45 216,00	Q 44 965,00	Q 43 223,06	Q 44 468,02	1,0796366
Q 43 710,00	Q 47 224,00	Q 44 463,00	Q 45 132,33	1,0957655
	Xver(30)	Q 41 187,95		

Fuente: elaboración propia.

Por último, se calcula el pronóstico de riesgo para el siguiente periodo. El cálculo se realiza por el producto del índice estacional y el último periodo completo de gastos, que en este caso es el periodo tres.

Cabe mencionar que se calculó un promedio de los gastos de operación para utilizarlos como salidas de efectivo constantes en el flujo de efectivo para el análisis financiero.

Tabla XXXII. **Pronóstico de riesgo para los gastos de operación**

Meses	i(30)	Costo	Pronóstico
31	1,010449254	Q 46 220,00	Q 46 702,96
32	0,963728469	Q 42 204,00	Q 40 673,20
33	0,927164377	Q 41 200,00	Q 38 199,17
34	0,939596168	Q 38 700,04	Q 36 362,41
35	0,919039023	Q 31 160,00	Q 28 637,26
36	0,976282141	Q 36 682,00	Q 35 811,98
37	1,024668623	Q 40 196,00	Q 41 187,58
38	1,063670321	Q 41 752,20	Q 44 410,58
39	1,079636641	Q 43 223,06	Q 46 665,20
40	1,095765469	Q 44 463,00	Q 48 721,02
Promedio			Q 40 737,14

Fuente: elaboración propia.

Los gastos de operación promedio son de Q 40 737,14 al mes, por lo que se procede a calcular el gasto de fabricación promedio anual para realizar el flujo de efectivo.

$$\text{Gastos anuales de operacion} = \frac{Q\ 40\ 737,14}{\text{mes}} * \frac{12\ \text{meses}}{\text{año}} = Q488\ 845,68\ \text{al año}$$

- Ventas proyectadas:

Los pronósticos de ventas es la estimación de las ventas de un bien o servicio durante determinado periodo de tiempo futuro. La realización de estas estimaciones puede realizarse mediante métodos cualitativos o cuantitativos. Los métodos cuantitativos son modelos matemáticos que emplean los valores de las ventas históricas para estimar un periodo futuro.

Se procederá a realizar el pronóstico de ventas mediante el método cuantitativo. En la siguiente tabla se muestran los valores de las ventas históricas.

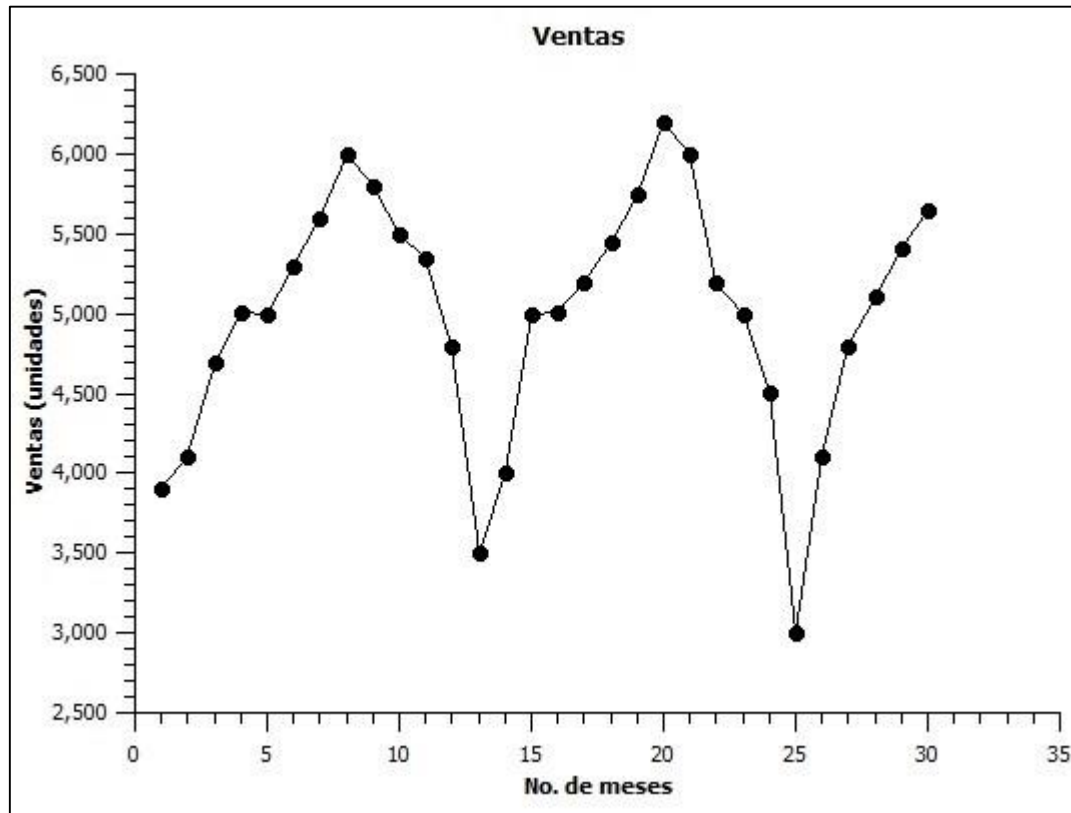
Tabla XXXIII. **Ventas históricas**

No. MES	MES	VENTAS	No. MES	MES	VENTAS
1	Enero	Q 42 900,00	16	Abril	Q 55 099,00
2	Febrero	Q 45 100,00	17	Mayo	Q 57 200,00
3	Marzo	Q 51 700,00	18	Junio	Q 59 950,00
4	Abril	Q 55 044,00	19	Julio	Q 63 250,00
5	Mayo	Q 55 000,00	20	Agosto	Q 68 200,00
6	Junio	Q 58 300,00	21	Septiembre	Q 66 000,00
7	Julio	Q 61 600,00	22	Octubre	Q 57 200,00
8	Agosto	Q 66 000,00	23	Noviembre	Q 55 000,00
9	Septiembre	Q 63 800,00	24	Diciembre	Q 49 522,00
10	Octubre	Q 60 500,00	25	Enero	Q 33 000,00
11	Noviembre	Q 58 850,00	26	Febrero	Q 45 100,00
12	Diciembre	Q 52 800,00	27	Marzo	Q 52 800,00
13	Enero	Q 38 500,00	28	Abril	Q 56 210,00
14	Febrero	Q 44 000,00	29	Mayo	Q 59 433,00
15	Marzo	Q 55 000,00	30	Junio	Q 62 150,00

Fuente: elaboración propia.

Una vez tabuladas las ventas históricas, se realiza una gráfica con estos valores. De esta manera se ve el comportamiento de la curva y se determina el tipo de familia al que pertenecen. A continuación, se muestra la gráfica de las ventas históricas.

Figura 48. Ventas históricas de enero 2014 - junio 2016



Fuente: elaboración propia.

Se observa que los valores trazan una curva que, por su forma, se pertenece a las familias cíclicas. Por esta razón se realizan los cálculos correspondientes a dicha familia.

- Cálculos preliminares:

Debido a que las ventas también presentan un comportamiento semejante al de las familias de datos cíclicas, se determina el pronóstico de riesgo, como se realizó con los gastos de operación.

Los datos de las ventas se tabulan agrupándolas en tres periodos de diez meses. Después, se calculan los índices estacionales para los treinta datos.

Para el cálculo de estos índices se utiliza la siguiente expresión:

$$i(n) = \frac{Xhor_{(n)}}{Xvert_{(n)}}$$

Donde:

$Xhor_{(n)}$ = Promedio de ventas horizontal

$Xvert_{(n)}$ = Promedio de ventas vertical

Los resultados pueden apreciarse en la siguiente tabla.

Tabla XXXIV. **Índices estacionales para las ventas**

Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Xhor(30)	i(30)
Q 42 900.00	Q 58 850.00	Q 66 000.00	Q 55 916,67	1,0171549
Q 45 100.00	Q 52 800.00	Q 57 200.00	Q 51 700,00	0,94045142
Q 51 700.00	Q 38 500.00	Q 55 000.00	Q 48 400,00	0,8804226
Q 55 044.00	Q 44 000.00	Q 49 522.00	Q 49 522,00	0,9008324
Q 55 000.00	Q 55 000.00	Q 33 000.00	Q 47 666,67	0,86708287
Q 58 300.00	Q 55 099.00	Q 45 100.00	Q 52 833,00	0,96106131
Q 61 600.00	Q 57 200.00	Q 52 800.00	Q 57 200,00	1,04049944
Q 66 000.00	Q 59 950.00	Q 56 210.00	Q 60 720,00	1,10453017
Q 63 800.00	Q 63 250.00	Q 59 433.00	Q 62 161,00	1,13074276
Q 60 500.00	Q 68 200.00	Q 62 150.00	Q 63 616,67	1,15722213
	Xver(30)	Q 54 973,60		

Fuente: elaboración propia.

Después de calcular los índices estacionales, se calculan los pronósticos de riesgo. Como se explicó con la estimación de los gastos de operación, el cálculo de las ventas futuras se realiza por el producto de los índices estacionales por los valores del último periodo que, este caso, sería el periodo número tres.

Los valores de los pronósticos de riesgo de las ventas se muestran en la siguiente tabla. Cabe mencionar que se realizó el promedio aritmético de las ventas pronosticadas para usarlas como entradas de dinero constantes en el flujo de caja para realizar el análisis financiero y así facilitar el cálculo.

Tabla XXXV. **Pronóstico de riesgo de ventas**

Meses	i(30)	venta	Pronóstico
31	1,017154901	Q 66 000,00	Q 67 132,22
32	0,940451417	Q 57 200,00	Q 53 793,82
33	0,880422603	Q 55 000,00	Q 48 423,24
34	0,9008324	Q 49 522,00	Q 44 611,02
35	0,867082866	Q 33 000,00	Q 28 613,73
36	0,961061309	Q 45 100,00	Q 43 343,87
37	1,04049944	Q 52 800,00	Q 54 938,37
38	1,104530174	Q 56 210,00	Q 62 085,64
39	1,130742757	Q 59 433,00	Q 67 203,43
40	1,157222133	Q 62 150,00	Q 71 921,36
Promedio			Q 54 206,67

Fuente: elaboración propia.

Los ingresos promedio por ventas son de Q 54 206,67 al mes, por lo que se procede a calcular el ingreso promedio anual para realizar el flujo de efectivo.

$$\text{Ingresos anuales por ventas} = \frac{Q\ 54\ 206,67}{\text{mes}} * \frac{12\ \text{meses}}{\text{año}} = Q680\ 480,05\ \text{al año}$$

2.6.2. Análisis beneficio costo

El análisis beneficio costo es uno de los métodos para evaluar la factibilidad financiera de un proyecto. El método consiste en el cálculo del valor presente de los ingresos y dividirlo dentro del valor presente de los costos. Para realizarlo se necesita aplicar las fórmulas de ingeniería económica y la elaboración de un flujo de efectivo del proyecto.

En este método se pueden obtener los siguientes resultados que servirán para decidir si se acepta el proyecto o no.

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN_{Ingresos}}{VPN_{egresos}}$$

Entonces si la relación beneficio costo es:

- $\frac{B}{C} > 1$ *El proyecto es rentable*
- $\frac{B}{C} = 1$ *El proyecto es aceptable*
- $\frac{B}{C} < 1$ *Se rechaza el proyecto*

Se procede a realizar el análisis financiero de la propuesta. Primero se estima el flujo de caja para tener una representación de las salidas y entradas de efectivo que se espera. Para efectos de los cálculos para la evaluación financiera se trabajará con un periodo de cinco años.

El flujo de efectivo para realizar el análisis financiero se muestra en la siguiente figura.

Tabla XXXVI. Flujo de caja del proyecto

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	Q 40,449.47					
Ingresos						
Ventas		Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05
Total ingresos		Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05	Q 650 480,05
Egresos						
Costos de producción		(Q311 835,20)	(Q311 835,20)	(Q311 835,20)	(Q311 835,20)	(Q311 835,20)
Salarios administrativos		(Q153 922,11)	(Q153 922,11)	(Q153 922,11)	(Q153 922,11)	(Q153 922,11)
Material de empaque		(Q4 947,50)	(Q4 947,50)	(Q4 947,50)	(Q4 947,50)	(Q4 947,50)
Distribución		(Q16 491,65)	(Q16 491,65)	(Q16 491,65)	(Q16 491,65)	(Q16 491,65)
Otros gastos		(Q1 649,17)	(Q1 649,17)	(Q1 649,17)	(Q1 649,17)	(Q1 649,17)
Total egresos		(Q488 845,63)	(Q488 845,63)	(Q488 845,63)	(Q488 845,63)	(Q488 845,63)
Flujo neto de caja	Q 40 449,47	Q161 634,43	Q161 634,43	Q161 63,43	Q161 634,43	Q161 634,43

Fuente: elaboración propia.

Para poder determinar los valores presentes netos de los ingresos y egresos es necesario determinar la tasa de descuento. La tasa de descuento es la tasa de interés con la cual se evaluará el proyecto donde:

$$TMAR = i + f + i * f$$

Donde:

i= tasa de inflación, en Guatemala es 4,74%

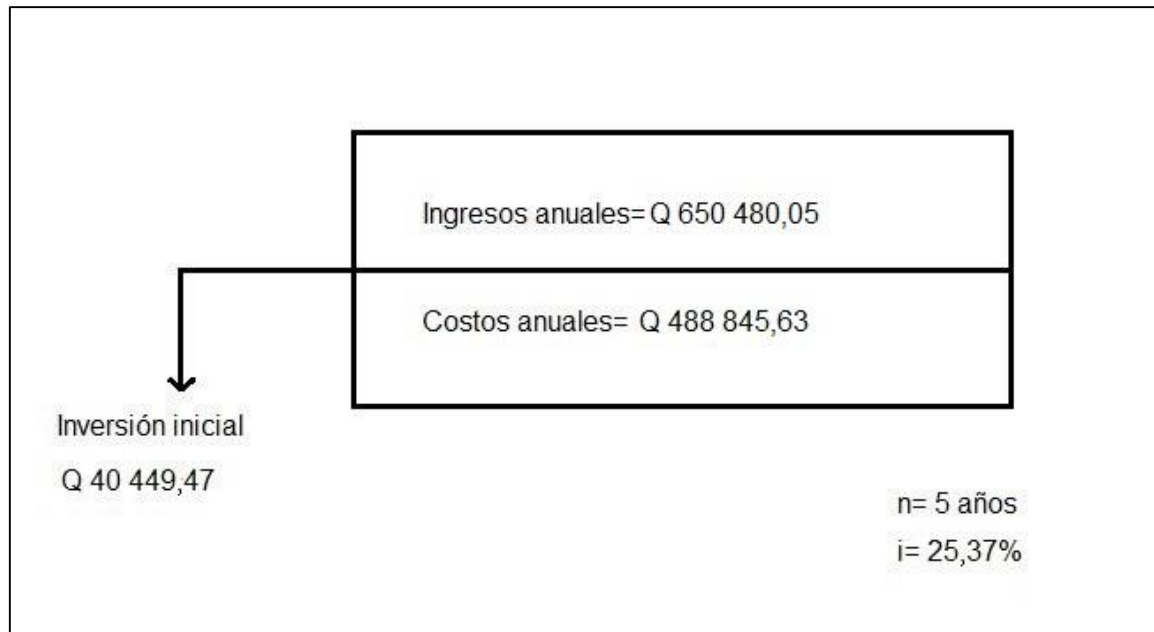
f= prima de riesgo

El proyecto será financiado en su totalidad por la empresa, por lo que desea ganar un 20% sobre su inversión. Por lo tanto, se calcula la tasa de descuento:

$$TMAR = 4,43\% + 20\% + 4,74\% * 20\% = 25,37\%$$

La tasa de descuento que se utilizará en los cálculos del análisis beneficio costo es de 25.37% anual. El diagrama de flujo de efectivo se muestra a continuación.

Figura 49. **Diagrama de flujo de efectivo**



Fuente: elaboración propia.

Con el diagrama de flujo de caja elaborado, la tasa de interés y el periodo de evaluación, se calculan los valores presentes netos de los costos y de los ingresos usando la siguiente formula.

$$VP(A) = \frac{A}{i} * \left(1 - \frac{1}{(1 + i)^n}\right)$$

- Valor presente neto de los ingresos

$$VPN(\text{ingresos}) = \frac{Q\ 650\ 480,05}{0,2537} * \left(1 - \frac{1}{(1,2537)^5}\right) = Q\ 1\ 736\ 135,34$$

- Valor presente neto de los costos

$$\begin{aligned} VPN(\text{costos}) &= \frac{Q\ 488\ 82,63}{0,2537} * \left(1 - \frac{1}{(1,2537)^5}\right) \\ &= Q\ 1\ 304\ 678,68 + \text{Inversión inicial} \end{aligned}$$

$$VPN(\text{costos}) = Q\ 1\ 304\ 678,68 + Q\ 40\ 449,47 = Q\ 1\ 345\ 128,15$$

Una vez obtenidos los valores presentes netos de los costos y los ingresos, se calcula la relación beneficio costo, la cual quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN_{\text{Ingresos}}}{VPN_{\text{costos}}} = \frac{Q\ 1\ 736\ 135,34}{Q\ 1\ 345\ 128,15} = 1,29$$

Con base en el resultado anterior podemos concluir que el valor de 1,29 representa que el proyecto debe aceptarse y cuando la empresa invierta, por cada quetzal invertido obtendrá una utilidad de 29 centavos.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En este capítulo se presenta lo relacionado con la implementación del plan de mantenimiento mediante el empleo de registros para la programación de las tareas de mantenimiento. Se describe la creación de un departamento de mantenimiento y la forma en que ejecutarán las órdenes de trabajo. También se describe la capacitación necesaria sobre inocuidad alimenticia para el personal de producción.

3.1. Planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento nos permite establecer y programar las tareas a mediano y largo plazo que dan la dirección a la industria. Los beneficios que se logran al llevar una planificación de mantenimiento, programación y control son los siguientes:

- Menor consumo de horas hombre
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de los equipos
- Mejora la productividad

La planeación del mantenimiento se centra en la producción para limitar, evitar y corregir fallas. También ayuda a evaluar y mejorar la ejecución de del mantenimiento y la producción en la industria.

La planificación del mantenimiento está apoyada mediante los procesos principales los cuales son la programación, administración de repuestos y materiales y reportes.

La programación del mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y personal para los trabajos que tienen que realizarse en ciertos momentos. Para programar correctamente, es necesario utilizar herramientas o registros descritos en la siguiente sección.

3.2. Registros para programar el mantenimiento

Los registros son plantillas para programar y controlar las tareas de mantenimiento preventivo. Estas tareas se describieron en el capítulo dos (Véase tablas X, XI, XII y XIII). Posteriormente, dichos registros ayudarán a evaluar la efectividad del mantenimiento mediante los indicadores de la sección 5.4.

Para programar las tareas de mantenimiento preventivo y limpieza de los equipos en la empresa Saluvita, S.A. se proponen registros, como la ficha histórica del equipo, hoja de ruta, orden de tarea o trabajo de mantenimiento y las fichas de lubricación. A continuación se describirá cada uno de estos.

3.2.1. Ficha histórica del equipo

Es un documento cuya función es registrar el historial de fallas reparadas y los servicios de mantenimiento preventivo que se les realizará a los equipos utilizados en la producción así como la información general de estos.

La ficha histórica del equipo permite conocer el tipo de falla que se rectificó en determinada máquina, individualmente, las posibles causas que la originaron, el tiempo muerto por falla, la acción correctiva que se empleó y el operario responsable de la tarea. En la siguiente figura se muestra el formato de la ficha histórica del equipo propuesta para la empresa.

Figura 50. **Ficha histórica del equipo**

FICHA HISTÓRICA DEL EQUIPO				SALUVITA
Tarjeta No.	Código del equipo:		Denominación del equipo:	
Fecha	Descripción de la falla	Tiempo muerto por falla (min)	Acción correctiva a utilizarse	Responsable

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Hoja de ruta

La hoja de ruta es otro registro importante para la programación de las tareas de mantenimiento. Es una herramienta que se utiliza para la asignación de tareas diarias o semanales y enumera sucesivamente las tareas que debe realizar el individuo o cuadrilla.

La hoja de ruta puede servir como las boleta de tareas o bien es posible agregar órdenes individuales. A continuación se muestra el formato propuesto.

Figura 51. Hoja de ruta

HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO		SALUVITA			
Código del equipo		Operación	Tiempo	Costo	Observación
Rutina					

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Orden de trabajo de mantenimiento

La orden de tarea o de trabajo de mantenimiento se genera para realizar trabajos de mantenimiento preventivo, periódicos, en los equipos e instalaciones de la empresa.

Detallan los procedimientos realizados, el tiempo real y estimado, la habilidad o especialidad de la persona encargada de la tarea de mantenimiento y la cantidad y los costos de los insumos o materiales utilizados en dicha tarea.

El formato para la orden de tarea de mantenimiento propuesto se detalla en la siguiente figura.

Figura 52. Orden de trabajo de mantenimiento

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO SALUVITA						
Código del equipo			Fecha:			
Denominación del equipo:			Hora:			
¿Se detuvo el equipo?	SI:	No:	Tiempo estimado del paro (min)			
Descripción general del trabajo:						
Mano de obra				Materiales		
Habilidad o especialidad	Tiempo		Descripción detallada del trabajo	Descripción	Precio	
	Est.	Real			Unidad	Total

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Fichas de lubricación

La planificación de la lubricación parte de la información que proporciona el fabricante relacionada con la localización de los puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, limpieza, tipo, etc.

Las fichas de lubricación son formularios que el operario llena durante cada rutina programada para llevar un control de las tareas de lubricación de los equipos y llevar un control del inventario de repuestos e insumos que se describió en la sección 2.4. El formato propuesto se muestra en la siguiente figura.

Figura 53. **Ficha de lubricación**

FICHA DE LUBRICACIÓN				SALUVITA
Tarjeta No.	Código del equipo:	Denominación del equipo:		
Fecha	Elemento lubricado	Aceite o grasa utilizada	Cantidad utilizada	Responsable
Firma gerente de mantenimiento: _____				

Fuente: elaboración propia.

3.3. Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento se encarga de planificar, programar, ejecutar y controlar las tareas de mantenimiento de una planta industrial. Dicho departamento debe trabajar en conjunto con el departamento de producción y con la gerencia general para realizar sus labores y que estas no interfieran con los objetivos de los demás departamentos.

Muchas empresas ven el mantenimiento como un costo, por eso creen que un departamento de tal naturaleza les causará pérdidas y una baja en sus utilidades.

Esta forma de pensar puede mejorarse para aprovechar los beneficios del mantenimiento y la existencia de un departamento propio para la ejecución de las tareas.

La empresa Saluvita, S.A. posee muy poco personal. Por eso, se necesita crear un departamento de mantenimiento con personal capacitado para la ejecución de las tareas propuestas anteriormente. En las siguientes secciones se describirán los requerimientos de personal para formar el nuevo departamento y la forma en que se ejecutarán las tareas de mantenimiento.

3.3.1. Descripción de puestos

Debido a la maquinaria y a la magnitud de los trabajos de mantenimiento propuestos, se concluye que el personal necesario para su ejecución son un auxiliar en mantenimiento industrial y un gerente de mantenimiento.

La descripción de los puestos se muestra a continuación.

Tabla XXXVII. **Puesto de auxiliar de mantenimiento**

Puesto	Auxiliar de mantenimiento
Depende de	Gerente de mantenimiento
Subordinados	Ninguno
Función básica	Ejecución de las tareas de mantenimiento a los equipos e instalaciones de la planta de producción
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de las órdenes de trabajo de mantenimiento. • Llenar los registros de mantenimiento para su control. • Colaboración en las labores de conservación y mejoramiento de las instalaciones. • Limpieza de las máquinas y de las instalaciones de la empresa. • Control y manejo de los desechos generados en la producción.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo masculino. • Graduado de técnico en mantenimiento industrial (preferiblemente del INTECAP). • Experiencia de 1 año como técnico en mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Puesto de gerente de mantenimiento**

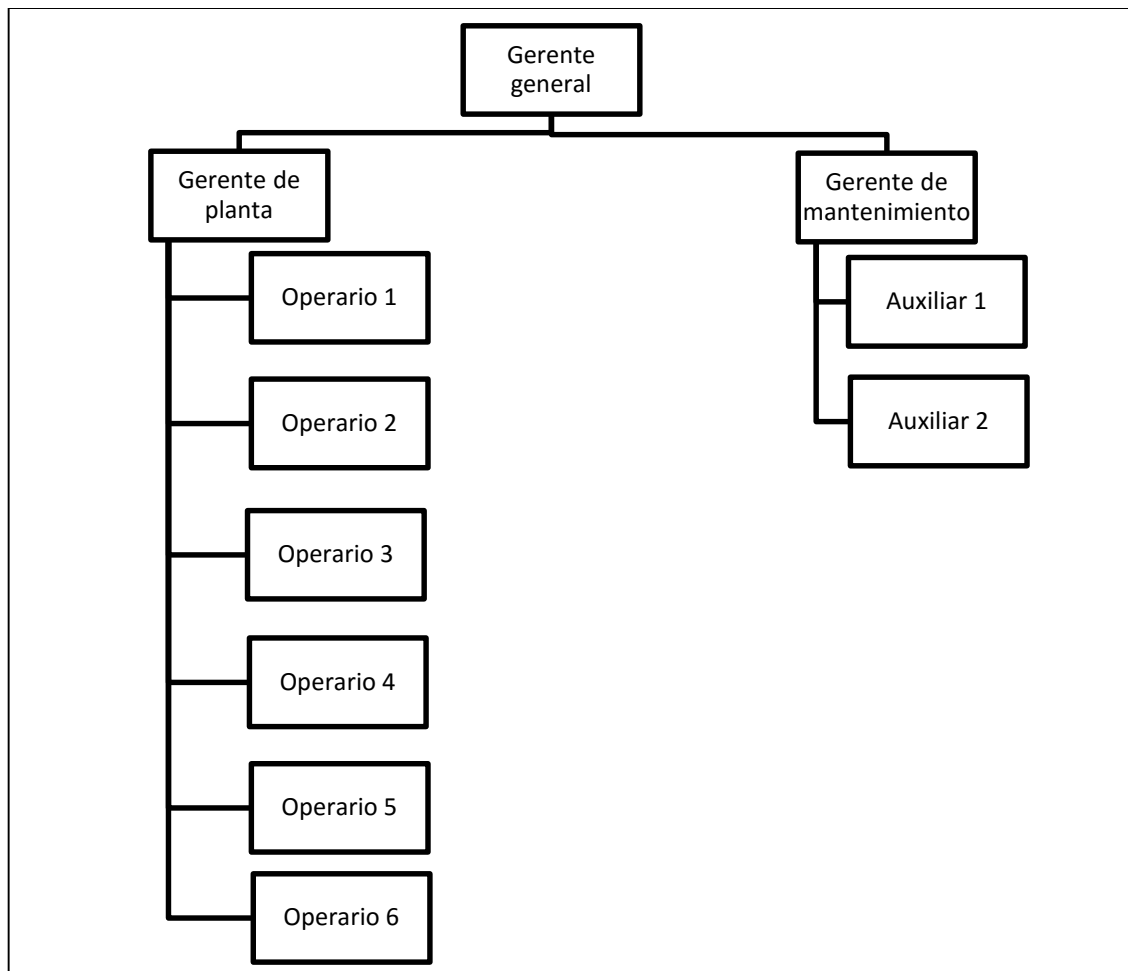
Puesto	Gerente de mantenimiento
Depende de	Gerente general
Subordinados	Auxiliares de mantenimiento
Función básica	Planificación y control del mantenimiento en la planta de producción.
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de las tareas de mantenimiento de los equipos e instalaciones. • Control de las órdenes de trabajo de mantenimiento. • Llevar el control los registros de mantenimiento para su control. • Montaje de nuevos equipos en la planta. • Control del inventario de repuestos e insumos. • Elaborar reportes para la alta gerencia sobre las tareas de mantenimiento realizadas y de los costos totales.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo masculino. • Estudiante de último semestre o pensum cerrado en ingeniería mecánica o mecánica industrial. • Experiencia de 1 año como supervisor de mantenimiento. • Vehículo propio.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Organización

La nueva organización de la empresa Saluvita, S.A. considerará los dos nuevos puestos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y su control correspondiente. En la siguiente figura se muestra el organigrama actualizado de la empresa, el cual responde a la propuesta para su mejora.

Figura 54. Nueva organización



Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Ejecución de las órdenes de trabajo

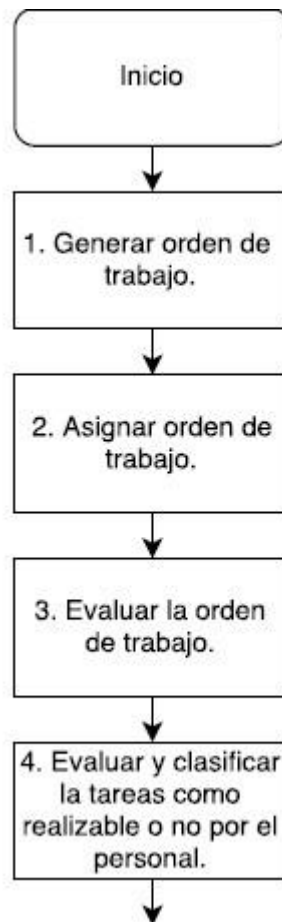
Una vez establecidas las herramientas para registrar las labores y rutinas de mantenimiento para cada equipo, es necesario establecer el procedimiento para la ejecución de las órdenes para tal efecto. El propósito de establecer un procedimiento sistematizado es realizar las tareas de mantenimiento solicitadas en cada área o equipo con base en las rutinas establecidas de manera eficiente y sin retraso de algún tipo.

A continuación se describe el procedimiento propuesto para la ejecución de las órdenes de trabajo de mantenimiento.

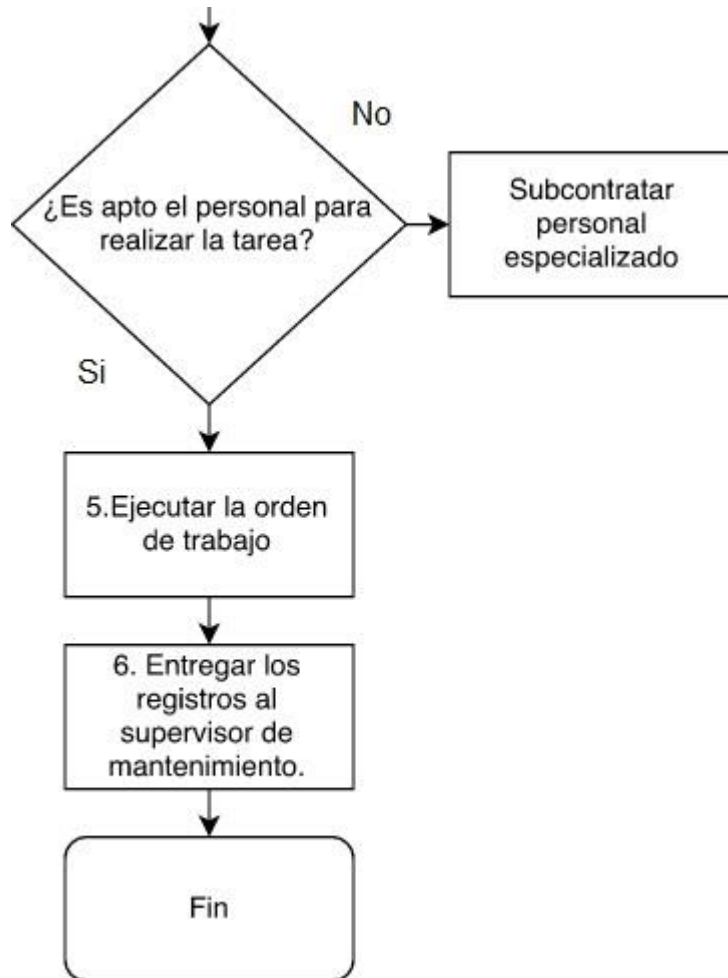
1. Generación de orden de trabajo por parte del departamento de mantenimiento.
2. Asignación de la orden de trabajo al operario de turno.
3. Evaluación de la orden de trabajo: Se valora el status de la orden de trabajo enviando a un técnico a la revisión del equipo y establecer el requerimiento de materiales y repuestos. Si procede: Solicitar el material del inventario de repuestos e insumos.
4. Si el servicio se puede realizar con los técnicos de la empresa o tiene que subcontratarse personal especializado. Si procede: Ir al paso 5. No procede: Ir al paso 2 y asignar personal subcontratado.
5. Ejecución de la orden de mantenimiento.
6. Entregar al supervisor de mantenimiento los registros correspondientes a la tarea de mantenimiento realizada.

Dicho procedimiento puede apreciarse mejor mediante el siguiente diagrama de flujo.

Figura 55. **Diagrama de flujo del proceso de ejecución de órdenes de trabajo**



Continuación figura 55.



Fuente: elaboración propia.

3.4. Capacitación del personal de producción sobre inocuidad

La inocuidad es importante en toda empresa de alimentos dados los peligros que se enfrenta al no considerarla en el proceso. Por esta razón, la capacitación acerca de este tema es importante para crear conciencia y desarrollar una cultura de higiene dentro de la empresa.

La alta gerencia de la empresa llevará a cabo la capacitación mediante la información descrita en este trabajo. Se expondrán aspectos importantes acerca de la higiene en el trabajo, manipulación de alimentos y el tipo de indumentaria necesaria para promover la inocuidad en el producto. Dicha capacitación ayudará a erradicar las deficiencias higiénicas en el proceso y logrará mejorar las condiciones en que el personal de producción ejecuta las labores.

3.4.1. Procedimiento para el lavado de manos

El lavado correcto de manos es un medio eficaz para la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos. Con ello se logra una manipulación mucho más higiénica para evitar la contaminación del alimento. Todo operario encargado de la manipulación y procesamiento de productos alimenticios debe ser instruido acerca del correcto procedimiento del lavado de mano antes de iniciar sus labores y al concluirlos.

El conocimiento y puesta en práctica de este procedimiento logrará mejorar la higiene del personal y reducir la contaminación ocasionada por el contacto, convirtiéndolo en un hábito para el personal. La higiene personal del operador fundamenta la prevención de contaminación de los alimentos. Por eso, es necesario desarrollar este hábito.

Otra fuente de contaminación es el estado de salud del operador. Un operario enfermo puede contaminar los alimentos en proceso y al resto del personal que labora en la planta. Si el operador está enfermo de las vías respiratorias, del estómago o si tiene heridas en las manos o infecciones en la piel, es recomendable que no manipule los alimentos por la alta probabilidad de contaminación por gérmenes.

Como se mencionó, el lavado de manos siempre se realiza antes de tener contacto con los alimentos y luego de cualquier cambio de actividad que implique la posible contaminación de sus manos. También debe practicar el hábito al tocar alimentos crudos, otro tipo de alimentos o superficies, luego de utilizar el baño, estornudar o toser.

A continuación se describe el correcto lavado de manos para los manipuladores de alimentos.

- Remangarse las mangas hasta el codo.
- Humedecer las manos con agua.
- Aplicar suficiente jabón hasta cubrir la superficie de las manos.
- Frotar las manos palma con palma.
- Frotar palma con palma con los dedos entrelazados.
- Frote rotativo del dedo pulgar izquierdo sujeto en la mano derecha y viceversa.
- Frotar rotativamente, hacia atrás y adelante con los dedos sujetos de la mano derecha en la palma izquierda y viceversa.
- Enjuagarse las manos con agua.
- Secarse con una toalla de papel.
- Cerrar el grifo usando la toalla desechable.

Para informar diariamente a los operarios, se propone colocar el siguiente diagrama en el área de lavado de la empresa. Además, el gerente de planta supervisará que dicha práctica se realice correctamente.

Figura 56. **Procedimiento para el lavado de manos**



Fuente: www.imagui.com. Consulta: 24 de junio de 2016.

3.4.2. Manipulación correcta de alimentos

La manipulación de alimentos son las acciones que conllevan tener contacto con los productos alimenticios directamente. La manipulación se da desde la recepción de materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Hay una estrecha relación entre la manipulación inadecuada de alimentos y las enfermedades transmitidas por estos a los consumidores finales.

Los manipuladores de alimentos necesitan tener conocimiento sobre el proceso de preparación y conservación de los alimentos y, sobre todo, respetar las exigencias culinarias e higiénicas para que el alimento llegue en las mejores condiciones inocuas y de calidad a los consumidores.

Existen dos clases de manipuladores de alimentos:

- Manipuladores de alto riesgo: son aquellos que mantienen contacto directo con los alimentos que no sufren un tratamiento posterior, antes de llegar al consumidor. También son aquellas que personas que interviene en la elaboración de alimentos.
- Manipuladores de bajo riesgo: mantiene contacto directo con los alimentos que sufrirán un tratamiento posterior antes de llegar con el consumidor final.

Se puede concluir que los manipuladores de alimentos constituyen un riesgo potencial en la inocuidad del proceso de elaboración de alimentos porque pueden transmitir gérmenes causantes de enfermedades a los consumidores.

Las obligaciones de los manipuladores son las siguientes:

- Mantener una escrupulosa higiene personal, manos bien limpias y uñas cepilladas.
- No fumar al manipular alimentos.
- No estornudar o toser sobre los alimentos.
- En caso de tener heridas o cortes en las manos, usar guantes.

Como se mencionó, se debe analizar la manipulación de los alimentos desde su recepción como materia prima hasta que se almacena para venderlo a los consumidores finales. A continuación se analizará cada una de las etapas en el proceso de producción de alimentos.

- Recepción de materia prima:

Se deben rechazar las materias primas cuya fecha de caducidad esté vencida o cuyo empaque presente alteraciones anómalas que impliquen algún riesgo sanitario o de calidad para el producto final.

- Almacenamiento de materia prima:

El almacén de materia prima debe estar planeado para proteger la materia prima durante el almacenamiento y proporcione las condiciones mínimas para prevenir su deterioro.

- Pesado:

En este proceso se debe evitar la contaminación de la materia prima. Las básculas y aparatos de medición deben ser calibrados para evitar la modificación del producto.

- Transformación:

Son los procesos que transforman las materias primas en productos terminados para el consumo humano. Estos procesos deben realizarse de la manera más higiénica posible evitando la contaminación que afecte la calidad del producto final.

- Envasado:

Los productos terminados antes de envasarse deben colocarse en tolvas o recipientes adecuados para su conservación. No se permite la reutilización de empaques. Los empaques deben almacenarse en lugares destinados para ese fin y en condiciones de limpieza. Antes de usarlos se deben revisar para verificar su limpieza y que estén libres de humedad. Los alimentos deben envasarse en condiciones que prevengan la contaminación del producto terminado.

- Almacenamiento de producto terminado:

El almacén de producto terminado debe estar planeado para que proteja al producto final durante el almacenamiento y que proporcione las características mínimas para prevenir el deterioro de esta. No deben de almacenarse materias primas en este espacio.

3.4.3. Enfermedades transmitidas por alimentos

Es importante que el personal de producción conozca las enfermedades que pueden ser transmitidas por los alimentos, qué las ocasiona y las medidas para prevenirlas.

Las enfermedades de origen alimenticio son las alteraciones a la salud que sufren las personas o consumidores finales al comer alimentos contaminados por gérmenes o toxinas. Las alteraciones se manifiestan por alergias, diarreas, cólicos, dolores estomacales, fiebre, malestar general, etc. La mayoría de enfermedades son de origen humano otras, de origen animal, y el alimento no es origen, sino sirve como vehículo para su propagación.

Los riesgos de intoxicación o envenenamiento se deben al uso de insecticidas, hongos o el empleo inadecuado de productos venenosos.

- Tipos de enfermedad:

Los alimentos son capaces de producir dos tipos de enfermedad:

- Infección: es producida cuando se consumen alimentos contaminados por gérmenes, por ejemplo bacterias, larvas o huevos de algunos parásitos. Puede ser el caso de bacterias como salmonella, presente en carnes, lácteos, vegetales crudos y frutas cortadas o peladas. Estas pueden prevenirse adoptando medidas higiénicas como el lavado y desinfección de alimentos crudos.

- Intoxicación: se presenta cuando se consumen alimentos contaminados por productos químicos como pueden ser los insecticidas o productos de limpieza mal empleados. Otro tipo de intoxicación puede ser causada por bacterias, como estafilococo dorado, el botulismo causado por toxinas presentes en embutido y enlatados. También puede originarse por el consumo de mariscos afectados por el fenómeno de marea roja.
- Enfermedades más comunes producidas por alimentos:

Según las estadísticas de la organización mundial de la salud, OMS, las enfermedades transmitidas por alimentos es uno de los problemas de salud más extendido en el mundo y la reducción de la productividad y ausencia de oportunidades laborales. Algunas de estas enfermedades se describen a continuación.

- Salmonelosis: es causada por la bacteria llamada Salmonella. Produce en el ser humano y en los animales dos tipos de síntomas, como gastroenteritis y fiebres intestinales, como en el caso de la tifoidea.
- Botulismo: enfermedad causada por toxinas que son las más potentes que se conocen, paralizan el sistema nervioso.
- Intoxicación por estafilococo dorado: se produce cuando los alimentos están contaminados por el estafilococo dorado. Causa vómitos, cólico y cansancio. Esta enfermedad es leve y puede durar de 6 a 24 horas.

- Triquinelosis: enfermedad producida por un parásito en forma de lombriz que por su tamaño, si puede detectarse en el alimento y además puede eliminarse mediante la cocción de los alimentos.
- Intoxicaciones por productos químicos: en toda empresa donde se produzcan alimentos, para la limpieza y control de plagas se usan sustancias peligrosas, como detergentes e insecticidas. Si no se etiquetan, almacena y utilizan en forma correcta, pueden ocasionar contaminación en el alimento producido. Algunos síntomas más comunes son dolores abdominales, vómitos y dolor de cabeza.

3.4.4. Importancia de la limpieza y desinfección

La inocuidad en el proceso exige una limpieza eficaz y regular en los establecimientos, equipos y herramientas para eliminar los residuos de los productos y microorganismo que puedan ocasionar una contaminación en el producto. La limpieza se efectúa mediante el uso combinado o de forma separada, de métodos físicos y químicos. Las actividades de limpieza y desinfección deben de efectuarse conforme al plan maestro de limpieza (Véase sección 2.5.4.1. y 2.5.4.3.).

La importancia de la limpieza y desinfección es mitigar las posibles causas de contaminación que puedan darse en los alimentos producidos para el consumo humano. La limpieza y desinfección son operaciones para combatir la proliferación y actividad de los microorganismos que pueden contaminar los alimentos y ser causa de deterioro.

Los procedimientos de limpieza y desinfección consistirán en:

- Eliminar los residuos grandes de las superficies.
- Aplicar una solución detergente para despegar la capa de suciedad y de bacterias.
- Aclarar con agua, para eliminar la suciedad adherida y los restos de detergente.
- Desinfectar en profundidad si la zona o equipo lo requiere.

La falta de limpieza y desinfección en una planta procesadora de alimentos puede generar la contaminación de los alimentos procesados provocando riesgos para la inocuidad y la calidad en el proceso. Algunos tipos de contaminación son los siguientes:

- Contaminación biológica: se da por la presencia de bacterias, virus, hongos y levaduras.
- Contaminación química: se produce cuando el alimento está en contacto con sustancias químicas durante los procesos de producción, almacenamiento, envasado o transporte.
- Contaminación física: consiste en la presencia de cuerpos extraños en el alimento, que son mezclados accidentalmente en los procesos de producción o por falta de mantenimiento en los equipos como partículas metálicas, corrosión y polvo.
- Contaminación cruzada: se producen cuando microorganismos dañinos son transferidos por medio de las manos, equipo, utensilios y alimentos crudos a alimentos sanos listos para el consumo.

3.4.5. Indumentaria

El personal debe vestir la indumentaria apropiada para el procesamiento de productos alimenticios para garantizar la higiene en las operaciones. Esta vestimenta además de ser una forma de protección para el personal contra agentes que puedan ocasionar accidentes, también se usa como barrera entre los microorganismos o contaminantes que en ciertas ocasiones posea el personal y el alimento en proceso.

La indumentaria recomendada por las buenas prácticas de manufactura debe poseer los siguientes elementos:

- Gorra o cofia que cubra completamente el cabello para evitar que este tenga contacto con el alimento.
- Delantal de plástico para operaciones que requieran su protección.
- Guantes para acciones específicas, en especial en la manipulación de alimentos.
- Calzado exclusivo para el lugar de trabajo, o botas adecuadas si las operaciones las requieren.
- Mascarilla para cubrir la nariz y la boca, para prevenir el contacto de fluidos corporales producidos por estornudos o tos con el alimento.

En la siguiente figura se muestra el modelo de indumentaria recomendado para las operaciones con alimentos, de manera que sirva como ejemplo para el personal de la empresa.

Figura 57. **Indumentaria propuesta**



Fuente: calidadindustriaalimentaria.wordpress.com. Consulta: 3 de julio de 2016.

En resumen, la información presentada debe ser comunicada a los operarios del área de producción para mejorar las deficiencias en las prácticas higiénicas en sus labores. De esta forma se logrará crear una cultura de higiene en la empresa y reducir los riesgos para la inocuidad del proceso.

4. MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN

El presente capítulo describe la importancia de un buen manejo de desechos sólidos dentro de una empresa de alimentos. Se propone un sistema para la empresa para la gestión de los desperdicios generados en la producción y su disposición final en base a principios ecológicos.

El manejo y disposición de desechos es una actividad fundamental descrita en las buenas prácticas de manufactura para garantizar la inocuidad en la producción. En una empresa alimenticia debe de existir un programa para el manejo adecuado de los desechos sólidos. Las características que debe poseer el manejo adecuado de desechos son las siguientes:

- No permitir la acumulación de desechos en áreas de manipulación y de almacenamiento de los alimentos o en otras áreas de trabajo o zonas circundantes.
- Los recipientes empleados para la deposición de los desechos debe ser lavables y tener tapadera para evitar la aparición de insectos y roedores.
- El depósito general de desechos debe encontrarse fuera del área de procesamiento de los alimentos, bajo techo y cubierto en un área provista para la recolección de los lixiviados.

El objetivo principal del manejo y disposición de desechos es evitar que en la planta haya focos de contaminación por los desechos generados en el proceso. Establecer un control para esta actividad complementará las actividades de mantenimiento y limpieza de las instalaciones, logrando reducir los riesgos para el producto final.

4.1. Desechos generados

El proceso de elaboración de granola presenta desechos generados por los procesos de transformación o por la falta de planificación de los recursos empleados para el envasado del producto terminado. Los desechos generados pueden ocasionar focos de contaminación o la aparición de plagas al no tener control sobre estos. Los desechos generados se describirán a continuación.

4.1.1. Cáscara de coco

Al extraer la carne que se utiliza para la elaboración de la granola, queda la cáscara, que no puede ser empleada en otro proceso o transformarse en un producto secundario por lo que se desecha completamente.

Figura 58. **Cáscara de coco**



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Residuos de avena

La avena estropeada durante el horneado, los residuos atrapados en los equipos que interactúan con ella o la que cae al piso por un mal manejo por parte del operario, se consideran desechos. Se trata de pequeñas cantidades de desechos, ya que casi no suelen aparecer en el proceso, pero representan un costo para la producción.

Figura 59. **Residuos de avena**



Fuente: Saluvita, S.A.

4.1.3. Bolsas plásticas

Las bolsas plásticas es el empaque de la granola comprada como materia prima. Se desechan cuando se extrae la granola ya que se estropean y no pueden utilizarse en otro proceso. Normalmente, se acumulan en las áreas de producto terminado junto con las cajas de cartón para desechar.

Figura 60. Bolsas plásticas



Fuente: Saluvita, S.A.

4.1.4. Cartón

El cartón, como desecho, proviene de las cajas empleadas como embalaje del producto terminado o del embalaje de las pasas empleadas en la producción. Las cajas de cartón dañadas o defectuosas se consideran desecho porque no pueden cumplir correctamente su función de proteger y transportar la granola.

Figura 61. Cajas de cartón



Fuente: Saluvita, S.A.

4.1.5. Tusa

La tusa son las hojas del maíz o mazorca puestas a secar al sol. Se emplean para manualidades o empaquetado de platillos típicos guatemaltecos como los tamales o chuchitos.

En la empresa se compra panela empaquetada en hojas de tusa. Cuando se usa la panela como materia prima en el proceso de producción, las hojas de tusa se desechan porque no se emplean en otros procesos. Este es el desecho que se genera en mayor cantidad porque la panela es primordial en el proceso productivo.

Figura 62. Hojas de tusa



Fuente: Saluvita, S.A.

4.2. Método actual de manejo de desechos

Actualmente, el método de manejo de desechos en la empresa es simple y no se lleva un control de la cantidad de material de desperdicio. Consiste, básicamente, en la acumulación sin clasificar de los desechos para colocarlos en un depósito para que el servicio de extracción de basura lo recolecte. A continuación se describe más a detalle el método de manejo de desechos de la empresa.

4.2.1. Descripción del método

Los desperdicios son acumulados en áreas específicas después de la jornada laboral. La totalidad de los desechos generados en un día de trabajo se depositan en bolsas plásticas de basura para, posteriormente, colocarlos en los contenedores respectivos.

A pesar de que el método es efectivo, no se emplea un control sobre la cantidad de desechos generados ni una clasificación para promover el cuidado del medio ambiente. Muchas veces los desechos se acumulan en áreas dentro del proceso productivo lo cual puede provocar focos de contaminación y aparición de plagas, afectando la inocuidad de la producción.

Por estas razones, es necesario diseñar otro método para la disposición de los desechos generados.

4.2.2. Responsables

Actualmente, los responsables del manejo de los desechos generados en la producción son los operarios de producción. Ellos realizan la recolección de los desperdicios al final de la jornada de trabajo. Cada operario se encarga de recolectar los desechos almacenados en la planta de producción para proceder a depositarlos en el contenedor de basura.

4.3. Control propuesto para el manejo de desechos

Debido a que el método actual del manejo de desechos en la empresa es deficiente, se debe proponer otro procedimiento para la recolección y control de los desperdicios.

Reducir los focos de contaminación, evitar la aparición de plagas de insectos o roedores y mantener el orden y limpieza en la planta de producción son las razones para llevar un control estricto de desechos. A continuación se describe el método propuesto.

4.3.1. Clasificación de desechos

Los desechos sólidos pueden ser clasificados con base a en diferentes factores. Entre ellos están sus características, su origen en la producción, por el tipo y constitución, por el tiempo en que tarda en degradarse o descomponerse.

De acuerdo con en el tipo de desechos que genera la empresa se clasifican en orgánicos e inorgánicos.

4.3.1.1. Orgánicos

Los desechos orgánicos tienen origen biológico, es decir que provienen de seres vivos o formaron parte de la naturaleza, por ejemplo hojas, ramas, huesos y semillas. En este caso, los desechos que corresponden a esta clasificación son la cáscara de coco, residuos de avena y las hojas de tusa.

4.3.1.2. Inorgánicos

Los desechos inorgánicos tienen origen industrial o provienen de algún otro proceso no natural, por ejemplo, plástico, viruta de acero y telas sintéticas. Las bolsas plásticas y el cartón desechado en la empresa entran en esta clasificación.

4.3.1.3. Código de colores para contenedores

Una vez clasificados los desechos generados en la producción es necesario establecer un código de colores para los contenedores donde se depositarán los dos tipos de desperdicios. El código de colores servirá para clasificar de manera más rápida el tipo de material que se encuentra en el interior para que el servicio de recolección de basura realice sus labores de manera más eficiente.

Según las prácticas de reciclaje, hay un color específico para los contenedores, dependiendo del tipo de material que almacenen. Los colores que se emplearan en la empresa son los siguientes:

- Contenedor azul: se deberán depositar toda clase de envases ligeros de plástico como botellas, bolsas y bandejas.
- Contenedor naranja: en este se depositarán todos los desechos orgánicos o material biodegradable.

- Contenedor gris: serán utilizados para depositar cartón y papel.

Figura 63. **Código de colores para contenedores**



Fuente: coloresdereciclaje2012.blogspot.com. Consulta: 3 de agosto de 2013.

4.3.2. **Ficha para el control de desechos**

La elaboración de una ficha para el control de los desechos logrará llevar un registro de la cantidad de desperdicios que se generan en las distintas áreas de la empresa. El registro se utilizará, posteriormente, para evaluar el impacto que generan los desperdicios con la eficiencia del proceso, por ejemplo: sobreproducción de granola o un demasiado inventario de material de empaque.

La ficha de control también ayudará a que el manejo de desperdicios se realice de una forma más sistemática, no de manera empírica, como usualmente se realiza en la empresa.

4.3.2.1. Formato de la ficha de control

Para que la ficha de control registre los datos importantes sobre los desechos generados en la producción deberá contener la siguiente información:

- Fecha en la que se realizó el control.
- Nombre y firma del responsable del control.
- Área en la que se generó el desperdicio.
- Tipo de desperdicio y observaciones.
- Cantidad de desperdicio generado en kilogramos.
- Firma del gerente de producción.

Para ilustrar de mejor manera la ficha de control para los desechos, a continuación se presenta el formato en la figura 64.

Figura 64. Ficha para el control de desechos

FICHA PARA EL CONTROL DE DESECHOS		SALUVITA
Área:	Fecha:	
	Responsable:	
Tipo de desecho:		
Cantidad generada (kg) :		
Observaciones:		
Firma responsable	Firma gerente de planta	

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.2. Responsables del control

Los operarios de producción estarán encargados del control de los desechos generados en la producción. Los operarios trabajarán en parejas que se alternarán cada día para variar las actividades y evitar la sobrecarga de trabajo a unos cuantos de ellos.

Cada pareja será responsable de las siguientes actividades para el manejo y control de los desechos de la empresa.

- Al final de la jornada laboral, la pareja designada recolectará los desechos generados durante el día en cada área de la planta.
- Luego, llenarán las fichas de control de desechos propuestas en la figura 64.
- Los desechos se clasificarán en orgánicos e inorgánicos, para luego ser empaquetados en bolsas plásticas.
- Las bolsas serán colocadas en el interior de los contenedores destinados para cada tipo de desecho.
- Las fichas de control serán entregadas al gerente de planta para la evaluación y recolección de la información descrita en ella.

4.3.3. Almacenamiento y cuantificación

Está establecido en las buenas prácticas de manufactura que el almacenamiento de los desechos debe realizarse fuera de la planta procesadora de alimentos. De esta forma se reducirán los riesgos de contaminación del producto y de la aparición de plagas.

La cuantificación de los desechos se realizará en básculas digitales que posee la empresa para fines de pesado. El valor del pesado, en kilogramos se anotará en la ficha para el control de desechos. El almacenamiento deberá hacerse en el exterior de la planta para evitar la contaminación del proceso.

Los contenedores, según su código de colores, serán colocados como se indica en la siguiente figura.

Figura 65. **Área para almacenamiento de desechos**



Fuente: elaboración propia.

4.3.4. Destino final de desechos

El destino final de los desechos puede ser realizado mediante la aplicación de medidas ecológicas. Para este fin pueden practicarse las siguientes medidas ecológicas:

- Reducir consiste en reducir el problema para disminuir el impacto ambiental. Por ejemplo reducción de emisión de gases.
- Reutilizar se basa en reutilizar el desecho para dale una segunda vida útil. Por ejemplo utilizar la otra cara de las hojas impresas.
- Reciclar consiste en convertir los desechos en nuevos productos o en materia posterior para su utilización.
- Eliminar es la operación que se realiza cuando el desecho no puede dársele otro uso y simplemente se elimina.

Por la naturaleza de los desechos mencionados, es factible el empleo de las medidas ecológicas anteriores.

Las alternativas que se proponen para la disposición de los desechos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XXXIX. **Destino final de los desechos**

Desecho	Destino final	Usos
Hojas de tusa	Reciclar	Para la elaboración de manualidades.
Residuos de avena	Eliminar	Eliminar los residuos mediante empresas dedicadas a la recolección de basura.
	Reducir	Reducir las pérdidas ocasionadas en la manipulación y controlar el proceso de horneado para evitar estropear la avena cocinada.
Bolsas plásticas	Reciclar	Para la elaboración de otro tipo de bolsas plásticas.
Cajas de cartón	Reciclar	Para la elaboración de nuevas cajas de cartón, cartones de huevos y papel.
Cáscara de coco	Reciclar	Para la elaboración de manualidades, como vasijas o adornos.
	Eliminar	Eliminar los residuos mediante empresas dedicadas a la recolección de basura.

Fuente: elaboración propia.

En Guatemala, hay empresas como Reciclar, S.A. y Reciclados de Centroamérica, S.A. encargadas del reciclaje de cartón y plásticos. Se recomienda que la empresa se comunique con alguna de ellas para la disposición de sus desechos y contribuir con el cuidado del medio ambiente.

5. CONTROL Y MEJORA CONTINUA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En este último capítulo se describe un sistema para el control del plan de mantenimiento propuesto mediante el uso de las órdenes de trabajo que, posteriormente, se utilizarán para los indicadores de mantenimiento que servirán para el análisis de la efectividad del plan propuesto.

5.1. Importancia del control del mantenimiento

Un sistema de control del mantenimiento es parte fundamental de una sólida administración. El control del mantenimiento significa coordinar la demanda de mantenimiento y los recursos disponibles en la planta para lograr los niveles de eficacia y eficiencia en la ejecución de las tareas. Las características que debe de poseer un sistema de control de mantenimiento.

- Definir qué trabajos deben de realizarse y sus fechas de rutina.
- Recursos del mantenimiento (quien hará el trabajo y qué materiales e insumos necesitará).
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
- Normas de rendimiento y calidad, tiempo para poder realizar una actividad y las especificaciones aceptables.
- El sistema debe generar información y reportes para el control de la condición de la planta, un mecanismo para recopilación de datos y un seguimiento regular para la retroalimentación y control.

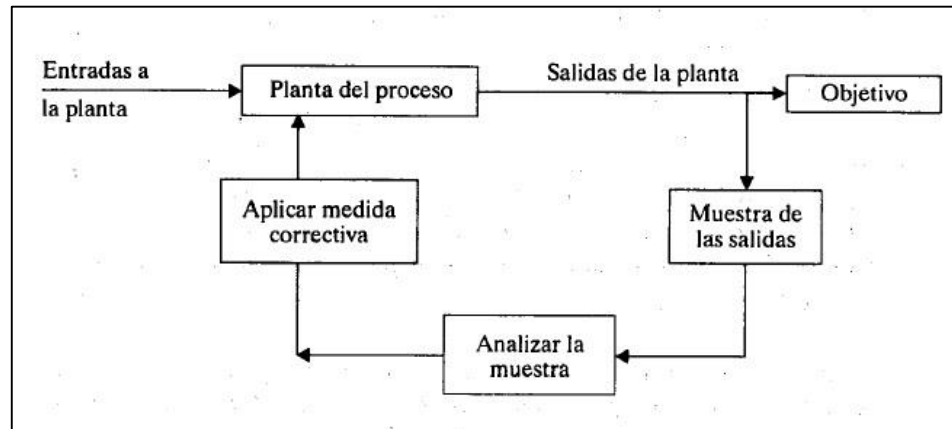
El empleo de órdenes de trabajo (sección 3.2.3.) es el vehículo para planear y controlar el trabajo de mantenimiento en la empresa. También proporciona la información necesaria para vigilar e informar sobre los trabajos de mantenimiento realizados en los equipos.

El plan de mantenimiento que se aplicará a la empresa puede verse como un proceso y, en consecuencia, se pueden aplicar los conceptos desarrollados en el control automático de procesos para mejorar la eficacia de las máquinas. El control automático de proceso es un ciclo formado por:

- Muestreo de las salidas de la planta.
- Análisis de la muestra.
- Aplicación de acción correctiva, si es necesario.

En la siguiente figura se aprecia mejor un modelo sencillo de control de un proceso.

Figura 66. **Ciclo de control de proceso**



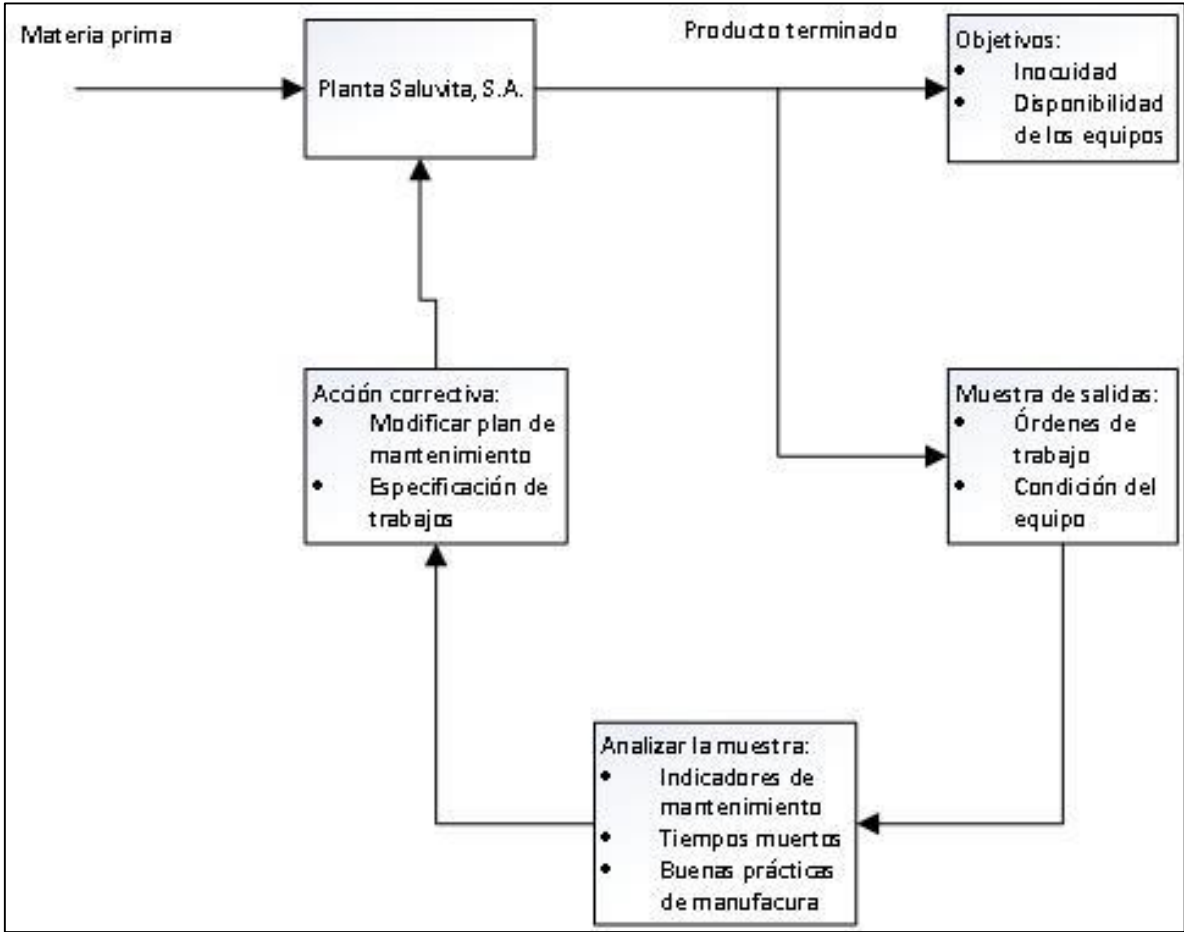
Fuente: Duffua. *Sistemas de mantenimiento*. p. 48.

En este caso, este diagrama para el control del proceso puede aplicarse para controlar el plan de mantenimiento. A continuación, se define el proceso anterior para el mantenimiento preventivo.

- El objetivo será la disponibilidad de los equipos y la inocuidad del producto final.
- El muestreo de salida consistirá en recopilar la información de las órdenes de trabajo.
- El análisis de la muestra consistirá en aplicar técnicas para verificar si se han alcanzado los objetivos. Por ejemplo, ¿la inocuidad del producto es la adecuada?, ¿la disponibilidad del equipo es la adecuada?
- La acción correctiva consistirá en las modificaciones del plan de mantenimiento, capacitación de los trabajadores, mejorar las especificaciones del trabajo, en caso de ser necesario.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de control aplicado a la empresa Saluvita, S.A.

Figura 67. Control del mantenimiento para la empresa



Fuente: elaboración propia.

5.2. Sistema para el control del mantenimiento

El control del mantenimiento se realiza mediante un eficaz sistema de órdenes de trabajo. Como se describió en la sección 3.2.3., la orden de trabajo es un formato donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo y debe ser llenada para las tareas que se realicen en los equipos. Los propósitos para el uso de órdenes de trabajo son las siguientes:

- Solicitar por escrito la tarea que se realizará en determinado equipo por el departamento de mantenimiento.
- Asignar el mejor método y el trabajador más calificado para realizar la tarea.
- Reducir los costos de mano de obra, materiales e insumos.
- Mejorar la planeación y programación del mantenimiento.
- Controlar los trabajos de mantenimiento.
- Mejorar el sistema de mantenimiento mediante los datos recopilados en las órdenes de trabajo (retroalimentación).

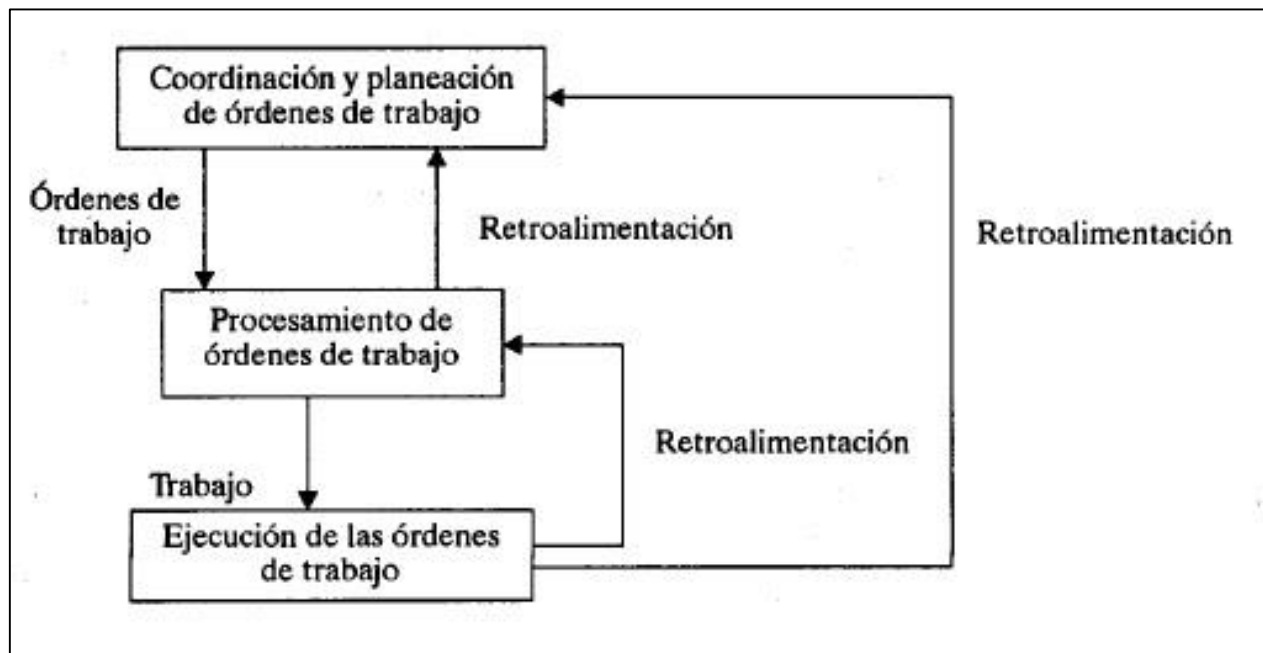
La administración y control de las órdenes de trabajo serán tareas de la persona encargada de la planificación y programación del mantenimiento que en este caso será el gerente de mantenimiento. El formato de las órdenes de trabajo ya se abordó en la sección 3.2.3.

La información que será necesaria para el control del mantenimiento es la siguiente:

- Tiempo real consumido.
- Tiempo estimado.
- Descripción del trabajo realizado.

Para tener una idea más clara de la estructura del control del mantenimiento, a continuación se muestra un diagrama para su ilustración.

Figura 68. Estructura para el control del mantenimiento



Fuente: Duffua. *Sistemas de mantenimiento*. p. 59.

5.2.1. Control de las órdenes de trabajo

El control de las órdenes de trabajo es una de las funciones principales de control del mantenimiento. El control de las órdenes de trabajo consiste en satisfacer la demanda de mantenimiento cumpliendo, al mismo tiempo, con lo que requiere producción y las capacidades de los recursos de mantenimiento.

El control de las órdenes de trabajo las llevará a cabo el departamento de mantenimiento. Para ello, recopilará las órdenes entregadas por los operarios encargados del mantenimiento que, en este caso, serán los auxiliares de mantenimiento. El control de las órdenes recopilará la cantidad de trabajos atendidos, el tiempo para ejecutar la tareas, los insumos y el personal que las ejecutó. Posteriormente, esta información se reportará a la gerencia general mediante los informes semanales.

Para realizar el control eficientemente, se propone utilizar una ficha de control de las órdenes de trabajo. Esta ficha tiene como función llevar un control ordenado y detallado de todas las órdenes de mantenimiento que se efectúan o se han efectuado durante determinado periodo de tiempo.

Los datos que forman parte de la ficha de control de las órdenes de trabajo son: número de orden, código de equipo trabajado, responsable de ejecutar la orden, fecha planeada, fecha de ejecución e indicar si hay un retraso en la realización de la rutina para medir el desempeño del personal.

El formato de la ficha se muestra en la siguiente figura.

Figura 69. Ficha para el control de órdenes de trabajo

FICHA PARA CONTROL DE ÓRDENES DE TRABAJO					SALUVITA	
No. de orden	Código del equipo	Responsable	Fecha planeada	Fecha realizada	Existe retraso	
					Si	No
Observaciones:						

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Procesamiento de las órdenes de trabajo

El procesamiento de las órdenes de trabajo se concentra en la realización de las órdenes de trabajo, de acuerdo a los objetivos que deberán alcanzarse, tomando en consideración la producción. Consiste en las siguientes funciones de control:

- Liberación de las órdenes de trabajo.
- Programación de las órdenes de trabajo.
- Despacho de las órdenes de trabajo.
- Retroalimentación.

Debido a que las tareas en el mantenimiento presentan cierto grado de incertidumbre, esto significa que no siempre se adaptan al plan de mantenimiento preventivo establecido por el departamento de mantenimiento, es necesario modificar las órdenes de trabajo. En este caso las órdenes de trabajo se dividen en tres, las cuales son:

- Órdenes de trabajo fijas: surgen de lo establecido en las rutinas de mantenimiento de los equipos.
- Órdenes de trabajo adaptables: son aquellas que se adaptan a los cambios en el sistema o del proceso.
- Órdenes de trabajo de emergencia: surgen por las fallas imprevistas a pesar de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo. Pueden originarse por deficiencias en plan o mala ejecución de las tareas en el pasado.

La liberación de las órdenes de trabajo consiste en controlar la cantidad de órdenes de trabajo que se están ejecutando mediante la ficha para el control de órdenes de trabajo propuesta. La principal función de la liberación de órdenes de trabajo es determinar cuánto trabajo deberá ser liberado por periodo, tomando en cuenta, al mismo tiempo, la capacidad de mano de obra y los insumos, después de considerar alguna falla urgente o imprevista.

La programación de las órdenes de trabajo consistirá en lograr el ajuste de los recursos con la orden de trabajo y el tiempo de ejecución. El despacho de las órdenes de trabajo consistirá en determinar la secuencia del trabajo y asignarlo a un tipo de capacidad específico.

La retroalimentación de información o acción correctiva se ocupara de la recopilación de la información acerca de la ejecución de las tareas de mantenimiento, luego esta información es analizada para proponer cursos de acción apropiados.

En la siguiente figura se muestra un esquema con el procesamiento de las órdenes de trabajo.

Figura 70. **Procesamiento de órdenes de trabajo**



Fuente: Duffua. *Sistemas de mantenimiento*. p. 62.

5.2.3. Reporte semanal

El reporte semanal es un documento propuesto para informar al departamento de producción y a la alta gerencia acerca de las tareas de mantenimiento que se realizaron, durante un determinado periodo de tiempo, en los equipos e instalaciones de la empresa.

Se ha mencionado que el mantenimiento se considera un mal necesario y un gasto innecesario en las empresas. Sin embargo, es todo lo contrario. El gerente de mantenimiento debe comunicar a la alta gerencia la situación de los equipos, la realización de las tareas y los resultados obtenidos con el plan de mantenimiento. De esta forma, la alta gerencia podrá cambiar su opinión acerca del mantenimiento, invertirá más recursos en él para mejorar las condiciones de elaboración de los productos y evitará fallos imprevistos.

Por eso, es necesario comunicar lo que se realizó en los equipos. Se especificará el tiempo necesario para la ejecución de las tareas, los insumos y herramientas requeridas, y el costo total del mantenimiento. Esta información será entregada a los altos mandos de la empresa para demostrar la correcta ejecución de las labores de mantenimiento y la optimización de los recursos empleados.

5.2.3.1. Formato del reporte

Para que el reporte semanal cumpla con informar a la alta gerencia acerca de lo que se ha realizado a los equipos y de todos los datos necesarios, se propone que se incluya en él lo siguiente:

- Fecha y código del equipo.
- Número de orden de trabajo.
- Descripción del trabajo realizado.
- Materiales y costos.

El formato de reporte quedaría de la siguiente manera:

Figura 71. Reporte semanal de mantenimiento

REPORTE SEMANAL DE MANTENIMIENTO					SALOVITA
Fecha	Código del equipo	No. de orden de trabajo	Descripción de la tarea	Materiales	Costo
Firma gerente de mantenimiento			Firma gerente general		
_____			_____		

Fuente: elaboración propia.

5.2.3.2. Encargados de su elaboración

Dada la importancia de la información que se presentará en el reporte semanal, el gerente de mantenimiento debe elaborarlo. Se realizará con base en las órdenes de trabajo realizadas o de las fichas de control de éstas.

También es importante que el gerente de mantenimiento escriba la información verídica acerca de la situación actual de los equipos y de los costos y materiales invertidos en las tareas de mantenimiento. De esta forma se evitará el conflicto entre la alta gerencia y el departamento de mantenimiento. Los auxiliares de mantenimiento también forman parte de la elaboración de los reportes semanales ya que ellos son responsables de la correcta ejecución de las órdenes de trabajo, del eficiente uso de los recursos e insumos y también de colocar en los registros la información pertinente.

5.3. Supervisión del mantenimiento y limpieza

La supervisión por parte de gerente de mantenimiento durante la ejecución de las órdenes de trabajo es una acción importante para guiar y verificar que las tareas en los equipos sean realizados como se especifica en el plan de mantenimiento, de la manera correcta. Así se evitarán los errores que puedan causar la prolongación de la rutina.

El gerente de mantenimiento supervisará las tareas de limpieza para se desarrollen correctamente. Verificará que las rutinas establecidas en el plan de mantenimiento se cumplan con precisión, para cumplir con los objetivos de lograr la inocuidad en la producción y mejorar la disponibilidad de los equipos.

Ya que las rutinas de limpieza de los equipos son controladas mediante los órdenes de trabajo, la supervisión y control de las tareas de limpieza de las instalaciones físicas de la planta pueden apoyarse mediante una lista de control o *check list*. El gerente de mantenimiento llenará esta lista al finalizar las labores dentro de la planta de producción. Así garantiza un control estricto para dichas labores mejorando así la inocuidad en la producción.

En la siguiente figura se muestra el formato propuesto para las diferentes listas de control que corresponden a las tareas diarias, semanales y trimestrales de limpieza en la planta.

Figura 72. Lista de control para limpieza de la planta

LISTA DE CONTROL PARA LIMPIEZA DE LA PLANTA				SALUVITA	
No. tarea	Descripción	Elemento	¿Se realizó?		
			SI	NO	
DIARIO					
Fecha: _____					
1	Remover el polvo de la paredes	Paredes			
2	Remover el polvo de ventanas	Ventanas			
3	Limpiar de los recipientes de mezclado de granola	Utensilios			
4	Limpieza de bandejas para homear	Utensilios			
5	Limpieza de los portabandejas	Utensilios			
6	Lavado de cubiertos utilizados	Utensilios			
7	Barrer y trapear	Piso			

LISTA DE CONTROL PARA LIMPIEZA DE LA PLANTA				SALUVITA	
No. tarea	Descripción	Elemento	¿Se realizó?		
			SI	NO	
SEMANAL					
Semana del _____ al _____ del mes de _____ del año _____					
1	Eliminar manchas con agua y detergente	Paredes			
2	Limpieza superficial con agua y detergente	Piso			
3	Aspiracion del piso para eliminar humedad del lavado	Piso			
4	Limpiar vidrios con spray limpiador	Ventanas			
5	Limpiar el polvo del interior	Techo			
6	Pulir el piso con pulimentos metálicos	Piso			
7	Limpiar paredes con solucion de bicarbonato y agua	Paredes			

LISTA DE CONTROL PARA LIMPIEZA DE LA PLANTA				SALUVITA	
No. tarea	Descripción	Elemento	¿Se realizó?		
			SI	NO	
TRIMESTRAL					
Del mes de _____ al mes _____ del año _____					
1	Aplicar capa de impermeabilizante	Techo			
2	Lavado con agua a presión en exterior e interior	Techo			
3	Retonar con capa de pintura antibacterial	Paredes			
4	Aplicación de esmalte en piso	Piso			

Fuente: elaboración propia.

5.4. Índices de evaluación del mantenimiento

Un índice de evaluación del mantenimiento puede definirse como un parámetro numérico que facilita el análisis de la información o los factores críticos presentes en el mantenimiento. Los indicadores de mantenimiento ayudan también a medir la calidad del trabajo realizado en los equipos para poder así mejorar en los aspectos en que estos índices mostraron resultados deficientes.

La aplicación del plan de mantenimiento preventivo generará información para realizar análisis numéricos. La cantidad de indicadores que debe manejar una empresa deben ser igual a la cantidad de objetivos que sean necesarios controlar.

Por esto, es necesario que los auxiliares de mantenimiento llenen las órdenes de trabajo con información verídica y que el gerente de mantenimiento corrobore los datos escritos en dichas órdenes para que al utilizarlos en el cálculo de los índices, estos muestren valores confiables.

Como se mencionó, el número de indicadores en una planta será igual al número de objetivos que se necesitan controlar. Por esto, se emplearán los siguientes indicadores que cumplen con los objetivos por controlar en la empresa.

- Índice de confiabilidad
- Eficacia del equipo
- Índice de horas de averías
- Índice de trabajos atendidos

5.4.1. Índice de confiabilidad

El índice de confiabilidad es un indicador de mantenimiento que muestra la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo determinadas condiciones de uso en un determinado periodo de tiempo. Este estudio de la confiabilidad puede traducirse al estudio de fallos, esto quiere decir que si se tiene un equipo que no presenta fallos, es cien por ciento confiable.

La confiabilidad puede ser de dos tipos:

- Intrínseca: se basa en el diseño y construcción del equipo, el ensamble y montaje del mismo.
- Operación: se basa en el manejo del equipo durante la producción, los ajustes realizados durante su uso y del mantenimiento que se le aplica.

La confiabilidad del equipo puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$R(t) = (e^{-\gamma t})$$

En donde:

- La confiabilidad en función del tiempo es: $R(t)$
- El número total de fallas en un periodo de tiempo es : γ
- El periodo de evaluación es: t

Se recomienda a la empresa que los períodos temporales sean mensuales, semestrales o anuales para la facilidad del cálculo.

5.4.2. Eficacia del equipo

La eficacia del equipo o tasa de efectividad, es un indicador que permite determinar la efectividad del mantenimiento preventivo en la empresa. Se deben considerar tres factores para realizar el cálculo de la eficacia del equipo:

- Tasa de disponibilidad: es en función de la frecuencia de fallas y su duración. Se obtiene de la siguiente fórmula.

$$\text{Tasa de disponibilidad} = (T_p - T_i)/T_p$$

En donde:

- T_p es el tiempo programado de funcionamiento, puede ser la jornada de trabajo.
 - T_i es el tiempo de inactividad por falla, puede obtener de la columna de tiempo muerto por falla de la ficha histórica del equipo.
- Tasa de desempeño: es el cociente entre el tiempo estándar necesario para realizar un producto (bolsa de granola) y el tiempo real que lleva realizarlo.

$$\text{Tasa de desempeño} = T_s/T_r$$

En donde:

- T_s es el tiempo estándar.
- T_r es el tiempo real.

- Tasa de calidad: mide la calidad del servicio del mantenimiento y refleja la calidad de los productos que son elaborados en máquinas. Se obtiene de la siguiente fórmula.

$$\text{Tasa de calidad} = (C_p - D)/C_p$$

En donde:

- C_p es la cantidad de producto elaborado en una máquina.
- D es la cantidad que presenta defectos.

Con estos valores, se calcula la eficacia del equipo con la siguiente fórmula.

Tasa de efectividad= Tasa de disponibilidad* Tasa de desempeño*Tasa de calidad.

5.4.3. Índice de horas de averías

Este índice se calcula con la sumatoria de las horas en que se dan las fallas en los equipos, las cuales deben disminuir al aplicar el mantenimiento preventivo. Este valor puede obtenerse de la sumatoria de todos los tiempos medidos de columna de tiempo muerto por falla en la ficha histórica del equipo.

Este valor será una medida de la efectividad con que se ha aplicado el mantenimiento preventivo en los equipos. Este debe ser más pequeño en el tiempo, de lo contrario, se deberán aplicar medidas que corrijan las deficiencias del plan de mantenimiento.

5.4.4. Índice de trabajos atendidos

También llamado índice de cumplimiento de la planificación. Este es un indicador de la eficiencia del departamento de mantenimiento. Mide los trabajos atendidos contra los que han sido programados. Para ilustrarlo mejor, se utiliza la siguiente expresión:

Índice de trabajos atendidos= (No. de órdenes acabadas en la fecha planeada) / (No. de órdenes totales)

El resultado de este indicador es una proporción que también puede expresarse como porcentaje al multiplicar el valor obtenido por cien. El número de las órdenes cumplidas de trabajo puede encontrarse en la ficha para el control de órdenes de trabajo, mientras que las planificadas son responsabilidad del gerente de mantenimiento. Este debe tener una copia de la orden generada y realizar la contabilización de las cumplidas y las planeadas.

El resultado de este indicador puede servir como una evaluación del desempeño del personal encargado de las tareas de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. El plan de mantenimiento preventivo logrará mantener en óptimas condiciones los equipos e instalaciones de la planta de producción, mediante la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento, el uso óptimo de los repuestos e insumos y la correcta documentación de las actividades mediante los registros propuestos, de manera que se eliminen los riesgos que afectan la inocuidad del producto final.
2. El plan de mantenimiento preventivo es la mejor opción para la empresa, debido al bajo costo que este representa en relación con otros tipos de mantenimiento, la importante reducción de fallas, disminución de paros imprevistos y la facilidad para su planificación y control.
3. Las mejoras propuestas para las instalaciones de la planta son necesarias debido a que, actualmente, no son aptas para la producción de alimentos, lo cual puede generar riesgos para la inocuidad de los alimentos que son procesados y afectar la calidad del producto final.
4. El análisis de riesgos y puntos críticos de control demostró que en los procesos de horneado, mezclado, rallado y empaquetado, existen riesgos físicos, los cuales deben ser eliminados mediante las rutinas de mantenimiento preventivo y mejorar así la inocuidad en el proceso.

5. Los principios de las buenas prácticas de manufactura fueron establecidos en las mejoras propuestas para las instalaciones físicas de la planta de producción, que corresponden al mejoramiento de la iluminación, ventilación, señalización, acabado de pisos, paredes y techo, para garantizar la calidad e inocuidad del producto final, así como crear un ambiente cómodo y agradable para el personal de la empresa.
6. El control para el manejo y disposición de los desechos generados en la producción logrará mejorar las condiciones higiénicas de la planta, eliminando los posibles focos de contaminación o la aparición de plagas que puedan afectar la inocuidad del producto final.
7. El sistema de control de las órdenes de trabajo tendrá como fin satisfacer la demanda de mantenimiento cumpliendo, al mismo tiempo, lo que requiere producción, las capacidades de los recursos de mantenimiento y recopilar la información necesaria para el uso de los indicadores propuestos, de manera de determinar la eficiencia de plan de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que el Departamento de Mantenimiento se responsabilice de actualizar el plan de mantenimiento preventivo, cuando la empresa se expande o adquiera mejores equipos, de manera de que se continúe fomentando la importancia del mantenimiento y garantizar la inocuidad en sus productos.
2. Es necesario que el Departamento de Mantenimiento desarrolle rutinas predictivas para los equipos de la planta, de manera de optimizar los costos del mantenimiento preventivo, dando seguimiento y monitoreo a determinados parámetros operativos de las máquinas y evaluar si es necesaria una intervención.
3. Las mejoras de las instalaciones físicas basadas en las buenas prácticas de manufactura deben ser la pauta para que la alta gerencia de la empresa mejore las instalaciones físicas para lograr la inocuidad y calidad en sus procesos, de tal manera que pueda certificarse en estándares internacionales, como ISO 9001 y 22000.
4. La alta gerencia de la empresa deberá implementar de mejor manera un sistema para el análisis de peligros y puntos críticos de control para identificar, evaluar y prevenir todos los riesgos de contaminación físico, químico y biológico a lo largo de todo el proceso productivo.

5. Es necesario que la alta gerencia considere los principios establecidos en las buenas prácticas de manufactura al momento de tomar la decisión de expandir sus instalaciones físicas, de manera que la planta siga teniendo las características aptas para la producción de alimentos y garantizar la inocuidad de los mismos.
6. Será necesario que el gerente de producción desarrolle un programa de control de plagas que apoye al sistema de manejo y control de desechos, de manera que se logre reducir la probabilidad de aparición de roedores o insectos que puedan generar focos de contaminación que afecten la inocuidad del proceso.
7. El Departamento de Mantenimiento deberá implementar una gestión del mantenimiento asistido por computador, el cual permitirá un control más eficiente de la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones, registrará el número de averías, controlará el stock de repuestos y programará las tareas de limpieza, revisión, inspección y lubricación.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRENNAN, J.G. *Las Operaciones en la Ingeniería de los Alimentos*. 3a. ed. Zaragoza: Acribia, S.A. 1998. 714 p.
2. CARRO PAZ, Roberto; GONZÁLEZ GÓMEZ, Daniel. *Normas HACCP: Sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control*. Chile: Universidad Nacional de Mar de Plata. 2005. 235 p.
3. DUFFUA, Salih. O. *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. 1a. ed. México: Editorial Limusa, S.A. 2000. 404 p.
4. FIGUEROA FUENTES, Mynor Roderico. *Manual del curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2010. 105 p.
5. FLORES RODRÍGUEZ, Celia Maribel. *Buenas prácticas de manufactura aplicadas en la industria de fabricación de pastas alimenticias*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2005. 195 p.

6. GONZÁLEZ, Francisco. *Mantenimiento: Planificación, ejecución y control*. 1a. ed. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. 2009. 528 p.
7. SINGH, Paul. R. *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. 3a. ed. Zaragoza: Acribia, S.A. 2005. 567 p.
8. TORRES MÉNDEZ, Sergio Antonio. *Control de la producción*. 3a. ed. Guatemala: Editorial C. C. Dapal. 2014. 210 p.
9. TORRES MÉNDEZ, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. 2a. ed. Guatemala: Editorial C. C. Dapal. 2012. 283 p.
10. VILLANUEVA, Enrique Dounce. *La productividad en el mantenimiento industrial*. 10a. ed. México: Grupo editorial La Patria 2007. 345 p.