



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

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE
LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK, S. A.**

German Guillermo López Santos

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, mayo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE
LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GERMAN GUILLERMO LÓPEZ SANTOS

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés De la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Ariel Abderramán Ortiz López
EXAMINADORA	Inga. Inga. Carmen Juan Andrés
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:

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 20 de septiembre de 2017.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'German Guillermo López Santos', enclosed within a large, hand-drawn oval shape.

GERMAN GUILLERMO LÓPEZ SANTOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de agosto de 2020.
REF.EPS.DOC.276.08.2020

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, Usac

Estimado Ing. Argueta Hernández.

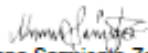
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, German Guillermo Lopez Santos, Camé No. 201210537 procedí a revisar el informe final, cuyo título es **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S. A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Samiiento Zeceña de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

NISZdS/ra

Guatemala, 10 de agosto de 2020.
REF.EPS.D.117.08.2020

Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquiza Rodas:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S. A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **German Guillermo Lopez Santos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. César Aguero Hernández
Director Unidad de EPS




ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.073.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S.A.**, presentado por el estudiante universitario **German Guillermo Lopez Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Arquiza Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2020.

/mgp

REF.DIR.EMI.030.021

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 **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK S. A.**, presentado por el estudiante universitario **German Guillermo Lopez Santos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Firmado digitalmente por César Ernesto Urquiza Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Módulo Industrial, UIAC
Colegiado 4.272

Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2021.

/mgp

DTG. 173.2021

La Decana 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: **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK, S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **German Guillermo López Santos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, abril de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Fuente de vida y conocimiento.
Virgen María	Por tomarme de la mano y ser la guía de mi camino.
Mis padres	Con profundo agradecimiento por la abnegación de ambos.
Mis hermanas	Por su apoyo e inspiración constante.
Mi sobrina	Alentándola a no desmayar en el camino de su preparación para la vida, la cual recién inicia.
Mis compañeros	Elisa Marroquín, Celeste Ramírez, Héctor Martínez, Pedro Chacón, Javier Meyer, Iris Corado, Juan Pablo Escobar, Salvador Gómez y Juan Diego Melgar, por su apoyo, compañía, vivencia, sacrificio y trabajo durante esta travesía.
Mis amigos	Víctor Chen, Heberto Alegre y Manuel López, por su apoyo incondicional y amistad.
Mi amiga	Adriana Montejo por los momentos efímeros en la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por haberme permitido ser parte de su historia.

**Facultad de Ingeniería,
Facultad de Agronomía y
Escuela Central de
Agricultura**

Que en sus aulas he formado mi academia.

Mis compañeros

Por su amistad, apoyo y solidaridad incondicional en todo momento de la formación académica.

Mi asesora

M.SC. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña por el apoyo intelectual brindado en el desarrollo de este proyecto.

ALPAK, S.A.

En especial a Geovany Hernandez, por el apoyo brindado durante la realización del Programa de Ejercicio Superior Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK, S. A.	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Misión	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.5. Estructura organizacional	3
1.6. Descripción de los productos principales.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	9
2.1. Diagnóstico de la situación actual.....	9
2.1.1. Árbol de problemas.....	10
2.1.2. Árbol de objetivos.....	12
2.1.3. Análisis de enfoque.....	13
2.2. Maquinaria y equipo actual.....	16
2.3. Descripción de los procesos actuales.....	18

2.4.	Situación actual de los residuos sólidos orgánicos generados ..	33
2.5.	Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.....	40
2.6.	Cuantificación de los residuos sólidos orgánicos	47
2.6.1.	Días de producción	48
2.6.2.	Determinación de peso de los residuos sólidos orgánicos.....	50
2.6.3.	Rendimiento de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.....	68
2.7.	Diseño de muestras	74
2.7.1.	Muestra 1. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, avena y tamal.....	74
2.7.1.1.	Maquinaria y equipo.....	75
2.7.1.2.	Procedimientos	75
2.7.1.3.	Resultados.....	79
2.7.1.4.	Costos	79
2.7.2.	Muestra 2. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera y frijoles charros	80
2.7.2.1.	Infraestructura, maquinaria y equipo	81
2.7.2.2.	Procedimientos.....	82
2.7.2.3.	Resultados.....	85
2.7.2.4.	Costos.....	85
2.7.3.	Muestra 3. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza y salsa ranchera.....	86
2.7.3.1.	Infraestructura, maquinaria y equipo	87
2.7.3.2.	Procedimientos.....	88
2.7.3.3.	Resultados.....	91

	2.7.3.4.	Costos.....	91
2.7.4.		Muestra 4. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos crudos y cocidos.....	92
	2.7.4.1.	Maquinaria y equipo.....	93
	2.7.4.2.	Procedimientos.....	93
	2.7.4.3.	Resultados.....	97
	2.7.4.4.	Costos.....	97
2.8.		Producto final.....	98
	2.8.1.	Muestra 1. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, avena y tamal	99
	2.8.2.	Muestra 2. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera y frijoles charros	100
	2.8.3.	Muestra 3. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza y salsa ranchera	101
	2.8.4.	Muestra 4. Compostaje a partir de mezcla de residuos sólidos orgánicos crudos y cocidos.....	103
2.9.		Costos de la propuesta.....	105
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA.....	127
	3.1.	Situación actual de la empresa.....	127
	3.2.	Consumo de energía eléctrica de maquinaria en Kw/h	127
	3.3.	Costo del consumo actual de energía eléctrica	134
	3.4.	Plan de ahorro de consumo de energía eléctrica	135
	3.4.1.	Estimación de ahorro de consumo energético.....	136

3.4.2.	Planificación de implementación	139
3.5.	Costo del plan	142
4.	FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN.....	143
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	143
4.2.	Plan de capacitación	148
4.3.	Resultados de la capacitación.....	151
4.4.	Costos del plan.....	158
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES	161
	BIBLIOGRAFÍA.....	163
	ANEXOS.....	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de las instalaciones de ALPAK, S.A..	1
2.	Organigrama de alpak s.a.	6
3.	Principales productos de alpak s.a.	7
4.	Fases del diagnóstico en alpak s.a.	9
5.	Análisis de enfoque	15
6.	Diagrama de flujo de elaboración de salsa de pizza	20
7.	Diagrama de flujo de proceso de salsa ranchera	23
8.	Diagrama de flujo proceso de elaboración de avena	25
9.	Diagrama de flujo de proceso de elaboración de frijoles charros	29
10.	Diagrama de flujo de proceso de elaboración de tamal chapín	32
11.	Jerarquía de clasificación	40
12.	Producción de productos	50
13.	Diagrama de flujo de proceso de muestra 1	78
14.	Diagrama de flujo de proceso de la muestra 2	84
15.	Diagrama de flujo de proceso de la muestra 3	90
16.	Diagrama de flujo de proceso de la muestra 4	102
17.	Distribución de cunas de compostaje	106
18.	Área de compostaje	106
19.	Trituradora de residuos vegetales	108
20.	Tamiz giratorio para biomasa	109
21.	Manguera de goma	110
22.	Pala para manejo de residuos sólidos	111
23.	Tensiómetro sr	112
24.	Guantes industriales	113

25.	Papel tornasol o papel ph	113
26.	Cosedora de sacos industrial.....	114
27.	Especificaciones de cuna de compostaje	115
28.	Diagrama causa-efecto, del alto costo del proceso de producción	130
29.	Diagrama de pareto de consumo de energía eléctrica	133
30.	Costo de consumo eléctrico año 2017 al 2018	135
31.	Sistema micro inversor generador	138
32.	Planificación de actividades	141
33.	Formato de cuestionario de diagnóstico	145
34.	Material de apoyo para capacitación de residuos sólidos	152
35.	Cuestionario de capacitación de residuos sólidos	153
36.	Material de apoyo para la capacitación de bpm's	154
37.	Encuesta de la capacitación de bpm's	155
38.	Material de apoyo de hábitos de reducción de consumo eléctrico.....	156
39.	Cuestionario de capacitación de residuos sólidos	157

TABLAS

I.	Descripción de puestos.....	4
II.	Descripción de maquinaria y equipo	16
III.	Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de salsa para pizza	33
IV.	Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de salsa ranchera.....	35
V.	Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de avena.....	37
VI.	Residuos de sólidos orgánicos de la elaboración frijoles charros	38
VII.	Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de tamal chapín.....	39
VIII.	Clasificación de residuos sólidos orgánicos generados por área	41
IX.	Clasificación de los residuos sólidos de la empresa.	43

X.	Equivalencia de productos lb/und.....	47
XI.	Productos y sus equivalencias	48
XII.	Volumen de producción, en batch producidos.....	49
XIII.	Pesos de muestreo de desechos salsa para pizza	53
XIV.	Resultados de promedios de residuos sólidos orgánicos generados en salsa para pizza	55
XV.	Pesos de muestreo de residuos sólidos salsa ranchera	57
XVI.	Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera	59
XVII.	Pesos de muestreo de avena.....	61
XVIII.	Promedio de pesos de residuos sólidos orgánicos de avena.....	62
XIX.	Pesos de residuos de frijoles charros.....	64
XX.	Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de frijoles charros	65
XXI.	Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de tamal chapín	67
XXII.	Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de tamal chapín	68
XXIII.	Residuos sólidos orgánicos producidos por producto	69
XXIV.	Residuos sólidos por mes, salsa para pizza	69
XXV.	Residuos sólidos producidos por mes, salsa ranchera	70
XXVI.	Residuos sólidos producidos por mes, avena	71
XXVII.	Residuos sólidos producidos por mes, frijoles charros	72
XXVIII.	Residuos sólidos producidos por mes, tamal chapín	73
XXIX.	Residuos sólidos orgánicos generados.....	74
XXX.	Especificaciones de lombricompost de la muestra 1.....	79
XXXI.	Costo de muestra no. 1	80
XXXII.	Especificaciones de lombricompost de la muestra 2.....	85
XXXIII.	Costo de la muestra 2	86
XXXIV.	Costo de la muestra 3	92
XXXV.	Costo de la muestra 4.....	98
XXXVI.	Ficha técnica lombricompost de la muestra 2	100
XXXVII.	Ficha técnica lombricompost de la muestra 3	102

XXXVIII.	Especificaciones de trituradora de residuos vegetales	107
XXXIX.	Especificaciones tamiz giratorio para biomasa	108
XL.	Especificaciones de cunas para sustrato	109
XLI.	Especificaciones de manguera	110
XLII.	Especificaciones de palas	111
XLIII.	Especificaciones de tensiómetro.....	112
XLIV.	Especificaciones de guantes industriales.....	113
XLV.	Cosedora industrial de sacos.....	114
XLVI.	Dimensiones de cuna de compostaje	115
XLVII.	Costo de pie r de s de pino	116
XLVIII.	Costo por cuna de compostaje	116
XLIX.	Costo de infraestructura de compostaje.....	117
L.	Costo de maquinaria y equipo	118
LI.	Costo de equipo de personal	119
LII.	Costo de mano de obra y administración.....	120
LIII.	Costo de distribución y ventas	120
LIV.	Costo de producción de año 1 al año 5.....	121
LV.	Flujo de caja proyectado	124
LVI.	Indicadores financieros	125
LVII.	Consumo de energía eléctrica de la maquinaria y equipo	131
LVIII.	Porcentaje de representación de gasto de energía	132
LIX.	Consumo eléctrico año 2017-2018	134
LX.	Intervalo de confianza para consumo energético.....	137
LXI.	Planificación 5w1h	139
LXII.	Costos del sistema de paneles	142
LXIII.	Perfil del puesto	144
LXIV.	Plan de capacitación	148
LXV.	Costos de la propuesta	158

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
G	Gramos
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
Kg	Kilogramos
kW	Kilowatts
Lb	Libras
e	Margen de error
m²	Metros cuadrados
Min	Minutos
Z	Nivel de confianza
%	Porcentaje
Ph	Potencia de hidrogeno
Q	Quetzales
N	Tamaño del universo
Und	Unidades
σ^2	Varianza

GLOSARIO

Árbol de problemas	Técnica que se emplea para identificar una fuente negativa (problema central), la cual se intenta solucionar analizando relaciones de tipo causa-efecto.
Árbol de objetivos	Herramienta de diagnóstico utilizada para definir criterios de evaluación de las distintas soluciones a un problema.
Biodegradables	Sustancias que se descomponen en un período relativamente corto de tiempo y no representan un peligro para la salud del ser humano.
Bovinaza	Abono procedente de heces sólidas, líquidas o pastosas de bovinos, que se emplea para uso agrícolas.
Compostaje	Proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia orgánica biodegradable, permitiendo obtener compost, abono utilizado en la agricultura.
Cubicado	Operación física de reducir el tamaño de partículas.
Desconchado	Operación física de separación de la primera y segunda capa del bulbo de la cebolla (<i>Allium cepa</i> sp).

Diagrama Ishikawa	Herramienta de diagnóstico que expone la relación causa – efecto de un problema.
Diagrama de Pareto	Representación gráfica que permite la identificación de las causas o defectos que influyen o provocan un problema y se utiliza para resolverlo o la toma de decisiones.
Gallinaza	Abono procedente de heces sólidas, líquidas o pastosas de origen avícola, que se emplea para uso agrícola.
Inertes	Residuos sólidos no peligrosos y que tardan un período relativamente alto en descomponerse.
Macronutrientes	Son los nutrientes de mayor peso molecular que suministran la mayor parte la energía metabólica de los organismos.
Micronutrientes	Son los nutrientes que un organismo requiere en menor cantidad pero que son indispensables para su funcionamiento.
Muestra	Es una parte o una porción representativa de una población.
Ordinarios	Residuos no aptos para reciclaje.

Pasteurización	Operación unitaria que consiste en someter a un sustrato a una temperatura, tiempo y presión determinada, con el fin de reducir la carga microbiana presente a estándares permisibles e inocuos para el ser humano.
Reciclables	Materiales que no se descomponen con facilidad, pero que se conocen los procesos por los cuales se pueden transformar y luego ser reutilizados como materias primas de nuevos procesos.
Tensiómetro	Dispositivo que se utiliza para la medición de la tensión superficial existente en el suelo.
Triturado	Operación física que se realiza a los vegetales con el fin de reducir la partícula a polvo.
Viruta	Fragmento de material residual de origen vegetal, en forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante herramientas de corte.

RESUMEN

La empresa Procesadora de Alimentos ALPAK, S. A se dedica a la producción de alimentos perecederos. Entre los productos principales que ofrece al mercado se encuentran las salsas y los rellenos de frutas. Todos los productos elaborados se preservan a través de la aplicación de esterilización comercial. La empresa procesa mensualmente una cantidad aproximada de 120 000 kg de materia prima.

Debido a la alta cantidad de materia transformada, gracias a la naturaleza de los procesos productivos, se desechan una gran cantidad de sólidos orgánicos como cáscaras, semillas, frutos en descomposición, entre otros. Este fenómeno representa un gran problema para la inocuidad del proceso y el manejo eficiente de los desechos sólidos. Además, en la limpieza post operación, la maquinaria y equipo utilizados conservan una cantidad no menor de residuos propios de cada proceso productivo, los cuales también suman al problema del manejo de desechos sólidos. Indirectamente, la gran cantidad de desperdicios se convierten en causales de proliferación de plagas y generación de gases de descomposición.

En el documento se plantea una propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se producen en dicha planta. También se plantean las acciones y medios que se utilizarán para poder llevar a cabo el proyecto, que inicia desde la clasificación de todos los residuos sólidos orgánicos producidos, su cuantificación, el manejo y la transformación con valor agregado que tiene potencial de ser comercializados. El estudio consistió en realizar cuatro formulaciones de lombricompost, a las cuales se le realizó un estudio financiero.

Desde el punto de vista de costos, la muestra 1 fue la más barata con un costo de Q 114,62, mientras que las muestras dos, tres y cuatro presentaron los costos de Q 117,62, Q 117,62 y Q 115,62 respectivamente. Al realizar el análisis financiero del proyecto se obtuvo una VAN de Q 329 413,57 con una TIR de 123 % con una relación beneficio costo de Q 1,47.

También se diseña un plan de ahorro de energía eléctrica, a través de la implementación de un sistema de paneles solares para la disminución del consumo energético actual, la cual es complementada con la cuantificación del consumo de energía eléctrica de la maquinaria y equipo existente. La empresa gastó para el período de estudio Q 183 298,70. El consumo eléctrico por día en kW-hora es de 66,5 con un costo de Q 553,57. El sistema propuesto tendría una cobertura del 90,02 % lo que reduciría el costo diario a Q 55,22. El costo de implementación del sistema es de Q 10 709,00.

Por último, se describe un plan de capacitaciones, con el fin de actualizar los temas existentes que anualmente se imparten para el personal operativo, sobre: el manejo integral de residuos sólidos orgánicos, que va desde el uso adecuado de la maquinaria y equipo, almacenamiento de los residuos, manejo, transporte, y sobre todo la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura durante el proceso de producción. El costo de la capacitación corresponde a Q 484,00.

OBJETIVOS

General

Diseñar el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por la Empresa Procesadora de Alimentos ALPAK, S. A.

Específicos

1. Establecer las condiciones iniciales sobre la situación actual de la empresa en el manejo de residuos sólidos orgánicos generados, a través del análisis de todos los procesos productivos.
2. Categorizar la distribución de los desechos productivos a través de la cuantificación y la clasificación de mermas producidas por cada proceso productivo.
3. Elaborar procedimientos del manejo integral de residuos sólidos orgánicos para la producción de compostaje.
4. Determinar la maquinaria, equipo, insumos y el costo de la infraestructura para el manejo integral de residuos sólidos.
5. Evaluar la factibilidad financiera del proyecto de manejos sólidos a través de la elaboración del flujo de caja del proyecto y los indicadores VAN, TIR y relación beneficio costo.

6. Diseñar un plan de ahorro de uso de energía eléctrica para aplicar los principios de producción más limpia.
7. Diseñar un plan de capacitación dirigido al personal operativo de la empresa.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Procesadora de Alimentos ALPAK, S. A. se dedica a la producción de salsas para pizza y salsa ranchera como productos principales, además producen frijoles charros (*Phaseolus vulgaris* sp), avena, tamales, rellenos de frutas, entre otros. Debido a la variedad de productos, se utiliza una cantidad alta de materia prima principalmente verduras como tomate (*solanum lycopersicum* sp), chile pimiento (*Capsicum annum* sp) y cebolla (*Allium cepa* sp).

En la transformación de la materia prima existen operaciones como la trituración, corte y limpieza de maquinaria que representa para la empresa una alta generación de residuos sólidos orgánicos, los cuales no son aprovechados, terminando como desperdicios. La acumulación de los residuos genera contaminación visual y la posible propagación de roedores, insectos o bichos dentro de la planta, así como ser fuente de contaminación cruzada, ineficiente y alto costo del proceso de producción.

El documento está dividido en cuatro capítulos. El primero consiste en las generalidades de la Empresa Procesadora de Alimentos ALPAK, S.A. En este capítulo se presenta la misión, la visión, la estructura organizacional y la descripción de los productos elaborados dentro de la empresa.

El segundo capítulo se presenta la fase de servicio técnico profesional. En esta sección se aborda el diagnóstico de la situación actual de la empresa, para lo cual se utilizó un diagrama de árbol como herramienta de medición. También se plantea los procesos actuales, la cuantificación de las mermas por proceso productivo. Además, la documentación pertinente para el desarrollo del sistema

de gestión del manejo de residuos sólidos y el análisis de la infraestructura correspondiente.

En el tercer capítulo se presentan las bases para realizar una propuesta de reducción de consumo eléctrico, bajo los principios de producción más limpia. En primer lugar, se realiza un análisis de consumo por día, para establecer el costo por consumo eléctrico. Además, se desarrolla el plan de ahorro energético y la propuesta de equipo necesario para implementarlo.

En el cuarto capítulo se describe el plan de capacitación, que busca establecer puntos de mejora en las capacitaciones previamente impartidas, también el diseño de un plan que permita medir eficazmente la calidad de dichas capacitaciones.

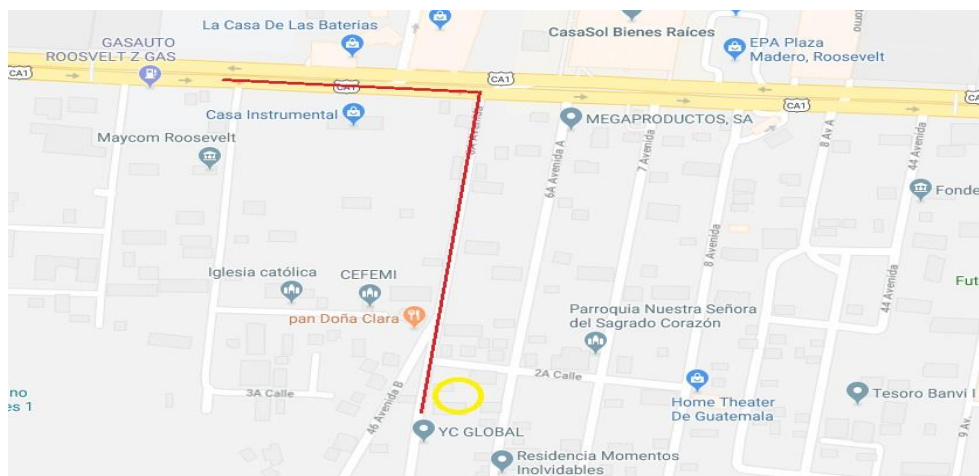
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

PROCESADORA DE ALIMENTOS ALPAK, S. A.

1.1. Antecedentes

La Empresa Procesadora de Alimentos ALPAK, S. A., se ha dedicado en sus más de 14 años de experiencia a la elaboración de alimentos a través de la transformación de materias primas. Entre las estrategias más exitosas de mercadeo y comercialización se encuentra la del servicio de *outsourcing*, donde presta sus servicios para la producción de salsas para pizza, salsa ranchera, avena y frijoles charros para una importante industria de cadena de comida rápida. Actualmente, la empresa se encuentra ubicada en la Colonia El Tesoro, 6 avenida, zona 2 de Mixco, departamento de Guatemala. A continuación, se encuentra descrita la ubicación de la empresa.

Figura 1. Ubicación de las instalaciones de ALPAK, S.A.



Fuente: elaboración propia, con Google Maps®.

Entro otros productos que se elaboran dentro de las instalaciones de ALPAK, S.A. se encuentran los aderezos, frijoles volteados, rellenos de frutas, el tamal chapín y tamal chapín vegano. Los cuales son producidos para clientes específicos.

La empresa cuenta con un departamento de investigación y desarrollo, donde se busca satisfacer las exigencias de los clientes y la creación de nuevos productos para la introducción de nuevos mercados.

1.2. Misión

La misión de ALPAK, S.A “Producir y distribuir alimentos procesados a precios justos, los cuales cumplan con los estándares de calidad e inocuidad que el cliente demanda.”¹

1.3. Visión

La visión de ALPAK, S.A “Ser una Empresa Procesadora de Alimentos en constante crecimiento que genera una satisfacción de las necesidades de nuestros clientes”. ²

1.4. Objetivos

Los objetivos de la empresa son: “La satisfacción total de nuestros clientes, innovar y crecer constantemente adaptándonos a los tiempos y gustos de nuestros clientes, cumpliendo con nuestra promesa de calidad y excelencia en

¹ ALPAK. *Políticas de la empresa*. p.4.

² *Ibíd.*

nuestros productos manufacturados y fomentar el desarrollo profesional de todos los integrantes de ALPAK, S. A.”³

1.5. Estructura organizacional

ALPAK, S.A. cuenta con una estructura organizacional conformada por una gerencia general que se encarga de la planificación estratégica, el control, la supervisión y el manejo financiero de toda la organización. La gerencia general responde a la junta de asociados. También cuenta con dos jefaturas y una asistencia que parte de la jefatura de contabilidad, la jefatura de producción y el departamento de asistencia de gerencia general. Las cuales se encargan de la administración interna de la empresa tanto en su producción como en logística y administración de recursos.

En un nivel inferior, la empresa cuenta con las jefaturas de primera línea⁴, las cuales están conformadas por el jefe de producción, jefe de bodega, los supervisores de producción, de personal y el analista de calidad. Los puestos con los que cuenta la empresa se encuentran descritos en la siguiente tabla.

³ ALPAK. *Políticas de la empresa*. p.4.

⁴ AGUILAR, Luis. *Las personas responsables del trabajo de las demás que ocupan el nivel más bajo de una organización*. p.15.

Tabla I. Descripción de puestos

Puesto	Funciones
Gerente general	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación y organización de las actividades de la empresa. • Supervisión y control de los ingresos y egresos de la empresa.
Asistente general	<ul style="list-style-type: none"> • Control de documentación. • Gestión de proveedores y clientes nuevos. • Planificación de producción. • Planificación de pedidos.
Jefe de contabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Administración del presupuesto, cuentas bancarias. • Revisión y registro contable de la empresa. • Control de la producción semanal o mensual. • Dirección a la jefatura de producción. • Gestión de inventarios correspondientes.
Jefe de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación, organización, dirección y control de la producción. • Gestión del reabastecimiento de materias primas en el departamento. • Gestión del mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipo de planta.
Asistente de contabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Asistir al jefe de contabilidad. • Gestión de la documentación.
Encargado de bodega	<ul style="list-style-type: none"> • Control en la recepción de materia prima, producto terminado, producto en espera. • Manejo del inventario de la empresa. • Proveer de materia prima al personal de producción.
Supervisor de personal	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar el cambio de puestos de los operarios en las líneas. • Control de las funciones de cada operario. • Gestión de las cargas de operarios de producción.

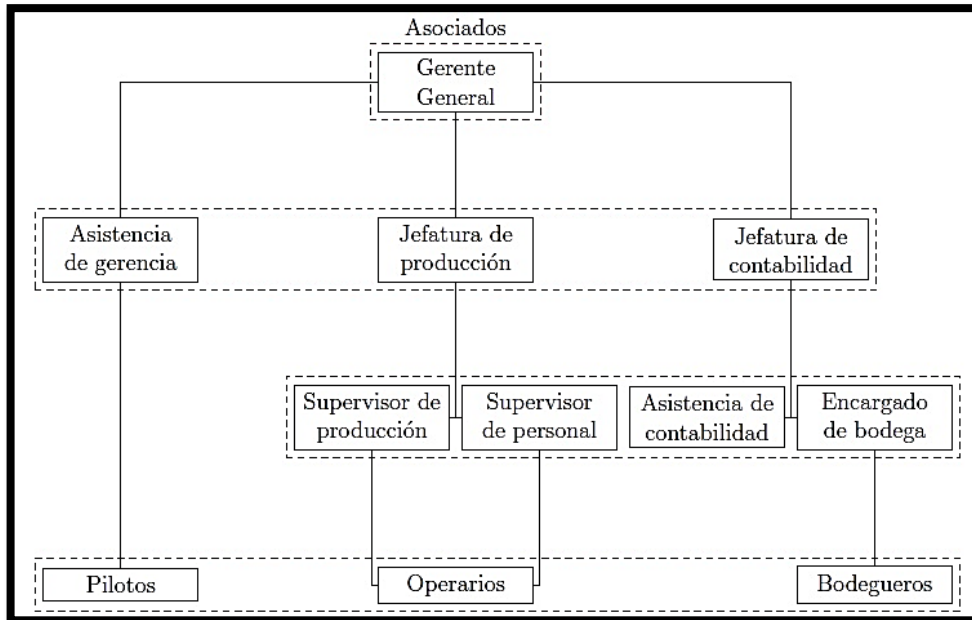
Continuación tabla I.

Puesto	Funciones
Supervisor de producción	<ul style="list-style-type: none">• Supervisar las líneas de producción.• Coordinar las labores del personal de turno.• Velar por el correcto funcionamiento de maquinarias y equipos.• Monitorear indicadores de control y puntos de control en los procesos,• Controlar la calidad de todos los productos.
Pilotos	<ul style="list-style-type: none">• Trasladar de materia prima y producto terminado al consumidor final e intermediarios.
Bodegueros	<ul style="list-style-type: none">• Asistir al jefe de bodega, en la recepción y pesado de materia prima.• Etiquetado de empaque.• Control de empaque, carga y descarga de materia prima y producto terminado.
Operarios	<ul style="list-style-type: none">• Control y realización de los procesos de recepción, manipulación, transformación y elaboración de los productos alimenticios.

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word®.

En la siguiente figura 2 se presenta el organigrama actual de la empresa.

Figura 2. **Organigrama de ALPAK, S.A.**



Fuente ALPAK, S.A.

1.6. Descripción de los productos principales

La principal línea de productos elaborados por la empresa se encuentra descrita en la figura 3.

Figura 3. Principales productos de ALPAK, S.A.



Salsa para pizza

- Pulpa de tomate
- Condimentos
- Aditivos



Salsa ranchera

- Trozos de tomate
- Chile pimiento,
- cebolla
- Especias
- Condimentos



Tamal Vegano

- A base de maíz
- Esterilización comercial
- libre de carne



Tamal Chapín

- A base de maíz
- Esterilización comercial
- Contiene carne



Avena

- Avena
- Leche
- agua
- Canela
- azúcar comercial



Frijol charros

- Cebolla
- Ajo
- Chile jalapeño
- Embutidos

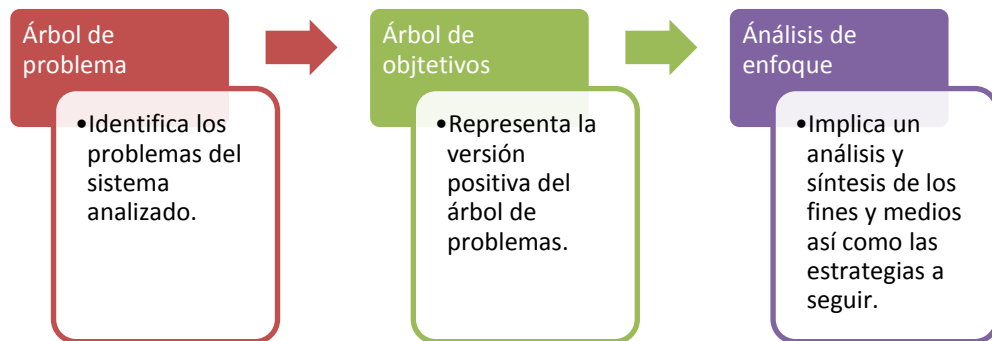
Fuente: elaboración propia con Microsoft Word ®.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

2.1. Diagnóstico de la situación actual

Con ayuda de la herramienta gerencial de árbol de problema se procedió a realizar un diagnóstico de las condiciones actuales sobre el manejo inadecuado de residuos sólidos en la que se encuentra la jefatura de producción la empresa.

Figura 4. Fases del diagnóstico en ALPAK, S.A.



Fuente: elaboración propia con Microsoft Word ®.

2.1.1. Árbol de problemas

A partir del árbol de problemas y con ayuda de un *brainstore* con el personal involucrado, se logró establecer las principales problemáticas que presenta el área de producción. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

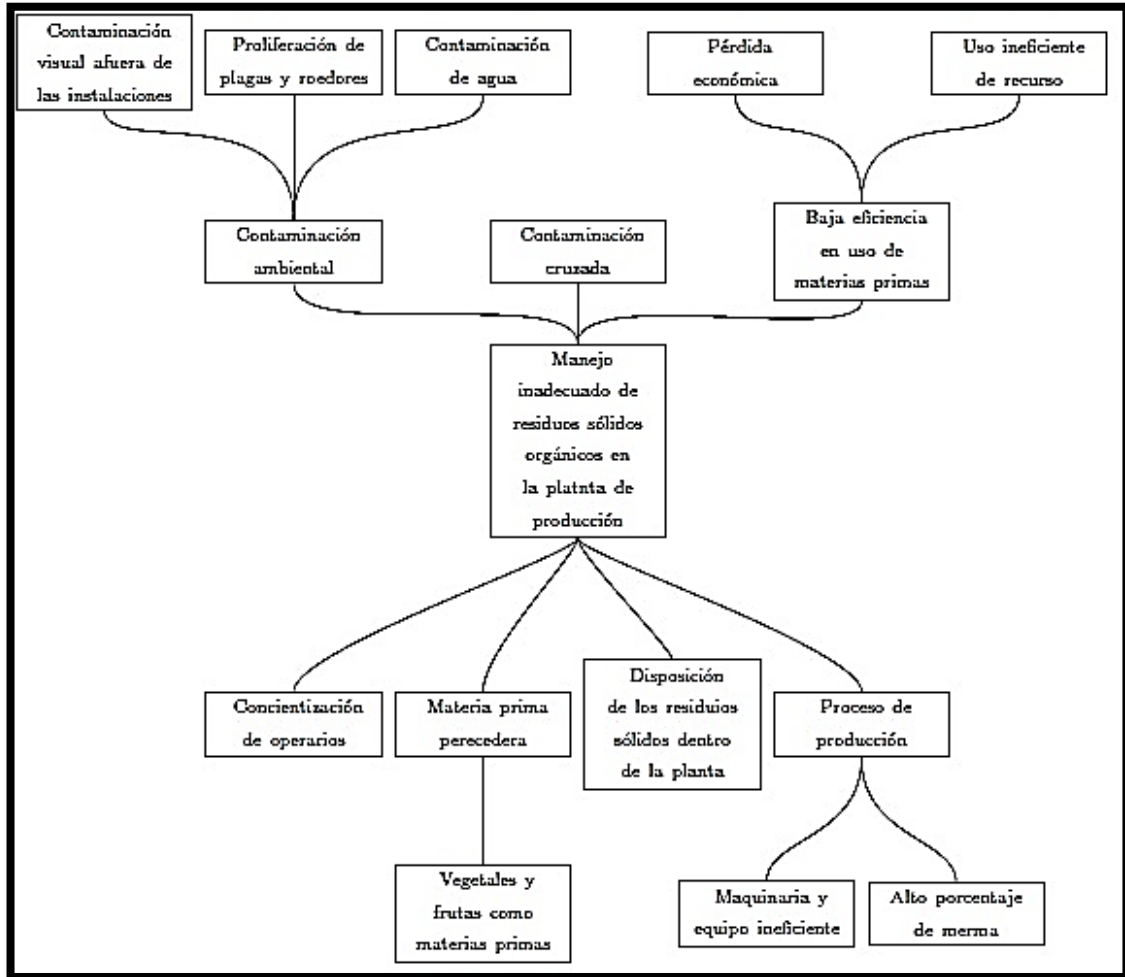
- Falta de concientización de operarios
- Materia prima perecedera
- La falta de disposición de los residuos sólidos orgánicos dentro de la planta
- Alto porcentaje de merma y
- Maquinaria y equipo con altos volúmenes de desperdicio

Como consecuencias, los efectos resultantes identificados fueron los siguientes:

- Contaminación ambiental, que a su vez causa acumulación de residuos afuera de las instalaciones, proliferación de plagas y roedores y la contaminación directa del agua.
- Aumento en el riesgo de contaminación cruzada con productos terminados y materia prima.
- Baja eficiencia en uso de materia prima, que genera, una pérdida económica y uso de recursos ineficientes.

En la figura 5 se ilustra el árbol de problema, las causas principales o directas y los efectos que se generan ya descritos anteriormente.

Figura 5. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, empleando MikText®.

2.1.2. Árbol de objetivos

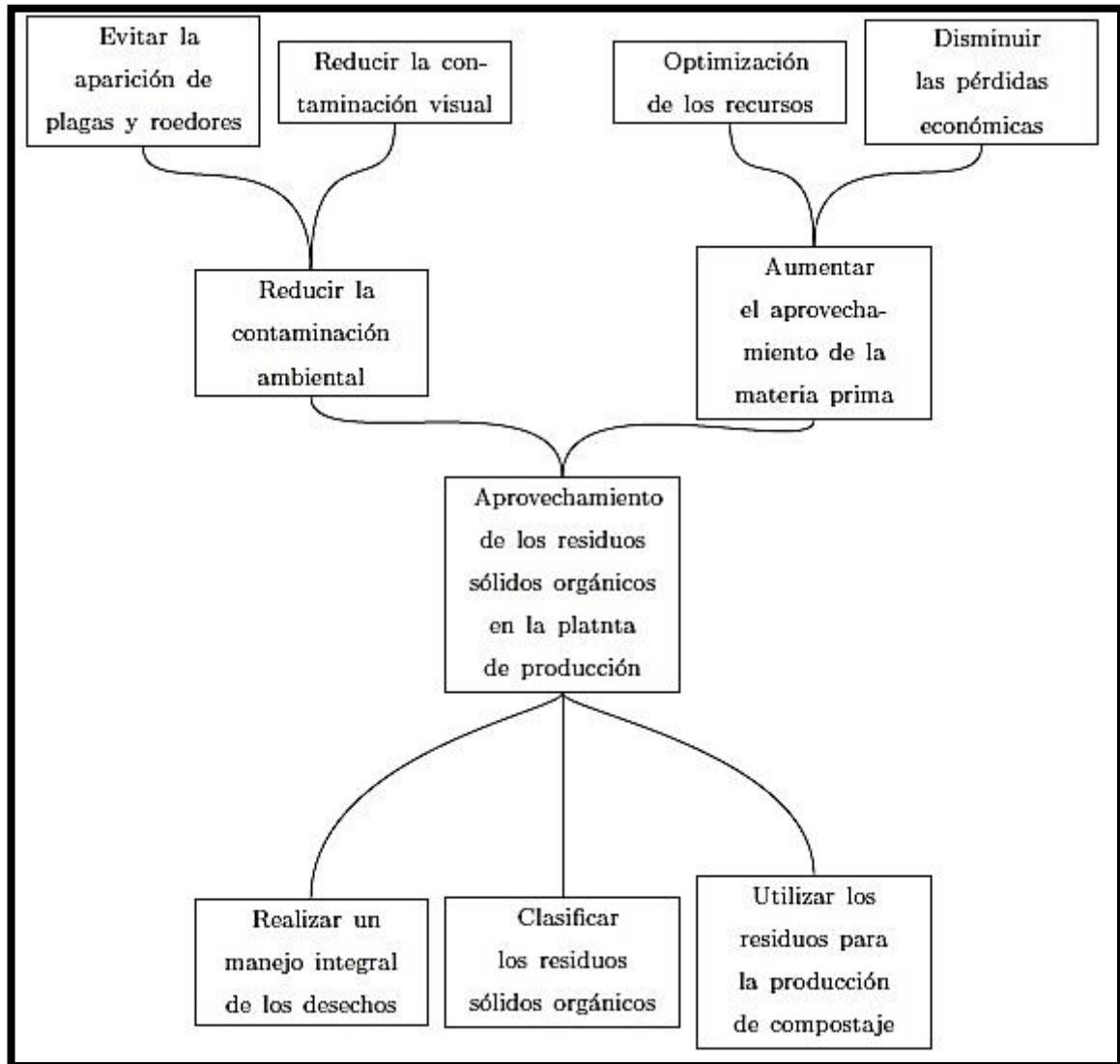
Con base en el árbol de objetivos, se determinó que la solución principal es un aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se generan dentro de la planta de producción. Los medios identificados para obtener la solución fueron los siguientes:

- Utilizar los residuos para la producción de compostaje.
- Realizar un manejo integral de los desechos sólidos orgánicos generados en las distintas líneas de producción.
- La clasificación previa de los residuos sólidos orgánicos.

De igual manera, se identificaron los fines a alcanzar, se enlistan a continuación:

- Optimizar el manejo de desperdicios sólidos, lo cual implica una reducción en la proliferación de plagas y roedores, y una reducción en la contaminación visual en los alrededores y áreas de la planta.
- Optimizar el aprovechamiento de la materia prima, a partir del uso responsable de los recursos, lo cual implica a su vez, una reducción en gastos operativos.

Figura 6. **Árbol de objetivos**



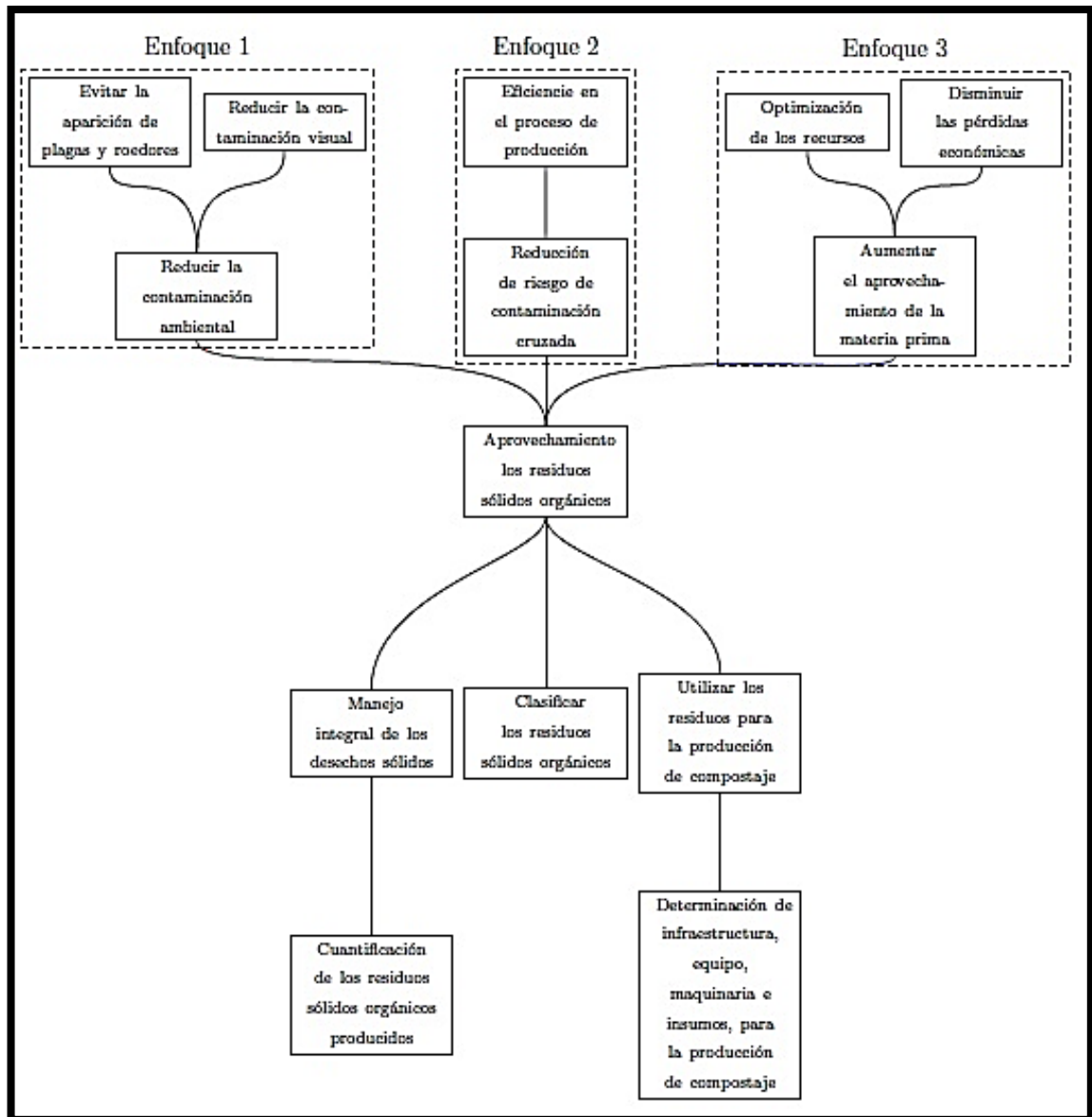
Fuente: elaboración propia, empleando MikTex®.

2.1.3. **Análisis de enfoque**

En el árbol de objetivos se establecen tres enfoques, que son la base para darle una solución al aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. A continuación, se describen estos enfoques:

- Enfoque 1: a partir de una reducción de contaminación ambiental significativa, se evitará la contaminación visual en las diferentes áreas de la planta y alrededores, también la aparición de plagas y roedores que representan un alto riesgo de contaminación de los productos procesados.
- Enfoque 2: la reducción de riesgo de contaminación cruzada entre producto terminado, producto en proceso y los desechos orgánicos generados, implica reducir la probabilidad de encontrar hallazgos de inocuidad en el producto terminado.
- Enfoque 3: al aumentar la eficiencia en el aprovechamiento de materia prima, repercute directamente en la reducción de pérdidas económicas para la empresa, lo cual el sistema de producción aumentará su productividad.

Figura 7. Análisis de enfoque






Fuente: elaboración propia, empleando MikTex®.





2.2. Maquinaria y equipo actual

Actualmente, la empresa cuenta con la maquinaria y equipo que se describe en la tabla II. En dicha maquinaria y equipo es donde se genera el mayor número de residuos sólidos orgánicos.

Tabla II. Descripción de maquinaria y equipo

Maquinaria o equipo	Descripción	Imagen
Marmita enchaquetada con agitador	<ul style="list-style-type: none">• Recipiente cilíndrico de INOX 304 de doble pared para fluido recalentado a 115 °C.• Con agitador de áncora incluido. 850 RPM.• Potencia de 0,23 kW.	
Uscher o cubicadora de vegetales y frutas	<ul style="list-style-type: none">• Cuchillas INOX 304.• Cortes transversales, longitudinales y tangenciales de 5 mm a 45 mm.• Potencia 0,22 kW.	
Procesador de vegetales y frutas	<ul style="list-style-type: none">• Cuchillas circulares de INOX 304.• Potencia de 0,11 kW.• 650 RPM.	

Continuación de la tabla II.

Maquinaria o equipo	Descripción	Imagen
Cutter o trituradora	<ul style="list-style-type: none"> • Depósito de acero INOX 304. • Con centro de un vástago (eje) con un juego de cuchillas de INOX 304. • 1 500-3 500 RPM velocidad. • Potencia de 0,22 kW. 	
Caldera	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo pirutubular. • Motor de la caldera de 0,12 kW. 	
Balanzas analíticas de plataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión semi analítica. (Dos cifras significativas) • Asiento de INOX 304. • Capacidad de 50 kg. • Potencia de 0,11 kW. 	
Fregadero de lavado industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Material de INOX 304. • Servicio de agua caliente. • Chorros de pedal. 	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

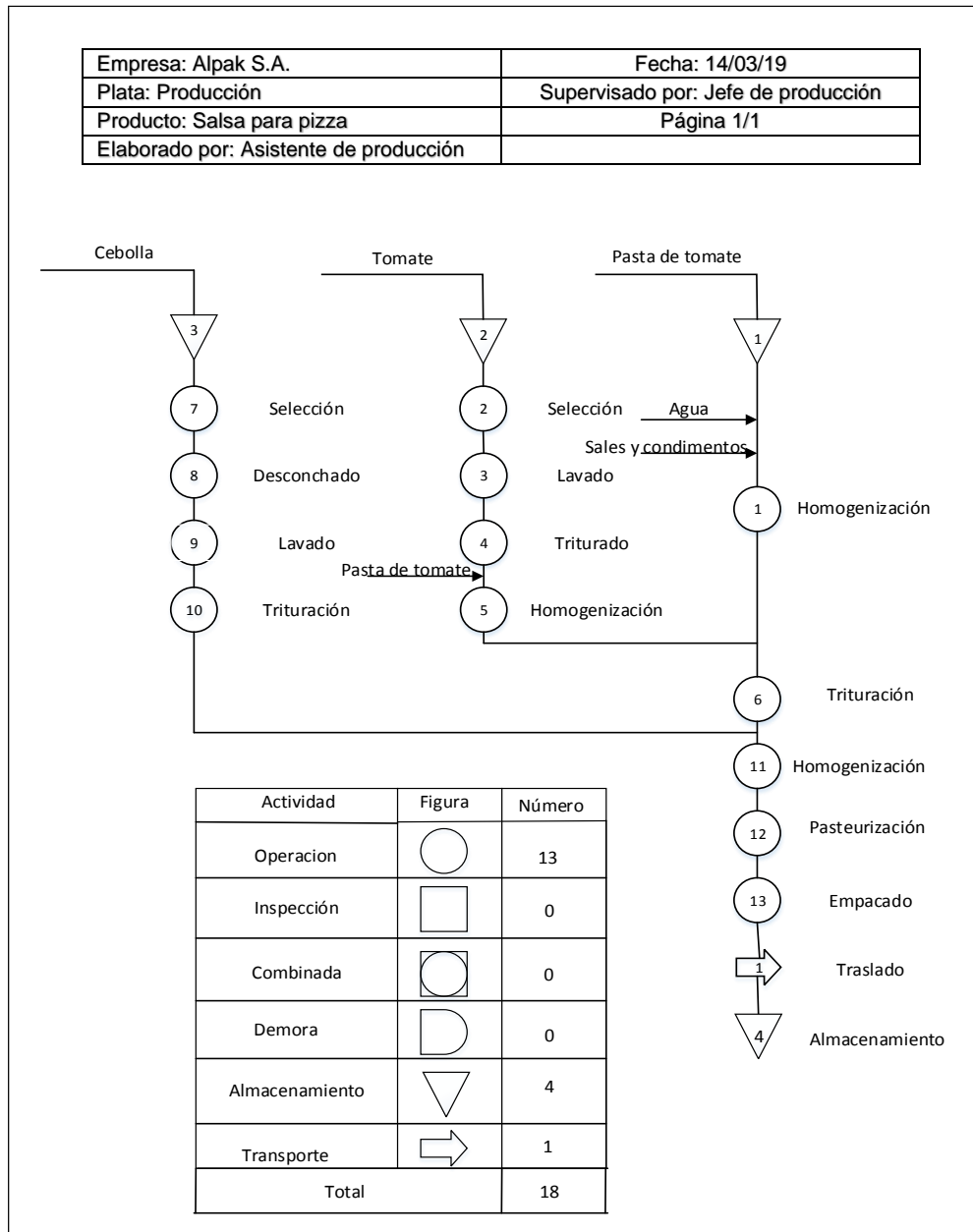
2.3. Descripción de los procesos actuales

A continuación, se describen las operaciones para la elaboración de los diferentes productos de la empresa y sus respectivos diagramas de flujo de proceso.

- Salsa para pizza
 - Homogenización: la pasta de tomate, se pesa y se introduce en la Cutter, luego se adiciona agua, sales y condimentos y se homogeniza por 2 a 5 min.
 - Selección: se realiza la selección del tomate, separando los frutos que no cumplen con el índice de maduración requerido.
 - Lavado: el tomate se somete a la operación de lavado, de 3 a 5 minutos, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier suciedad.
 - Triturado: el tomate es llevado al Cutter, donde se tritura por 3 a 5 minutos.
 - Homogenización: el tomate es homogenizado, en la Cutter por un período que de 2 a 5 minutos.
 - Triturado: el tomate triturado y homogenizado, se mezcla con la pasta condimentada y se tritura con un tiempo de 3 a 5 minutos.
 - Selección: se realiza la selección de cebolla, separando así las que no cumplen con el índice de maduración requerida.

- Desconchado: la cebolla pasa por un proceso de corte del tallo y raíz, y un corte longitudinal para separar la primera, segunda o tercera capa del bulbo, con el fin de eliminar las capas con impurezas.
- Lavado: la cebolla se somete a la operación de lavado, que dura entre 3 a 5 minutos, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier material extraño.
- Triturado: la cebolla es llevada al Cutter en la cual se tritura por un período de entre 3 a 5 minutos y luego se deposita en bandejas plásticas.
- Homogenización: se realiza la mezcla de la cebolla, condimentos, tomate y pasta dentro de una marmita con agitador constante.
- Pasteurización: la salsa para pizza es sometida al proceso de pasteurización de 15 a 25 minutos a una temperatura a 170 F.
- Empacado: la salsa para pizza se empaca en una bolsa resiste al oxígeno, con el fin de preservar y proteger. El tiempo promedio de llenado por empaque es de 0,3 min.
- Transporte: el traslado al área de pre enfriamiento se lleva a cabo en una distancia de 4 m y en un tiempo aproximado de 3 a 5 min.
- Almacenamiento: la salsa para pizza se almacena a temperatura ambiente.

Figura 8. Diagrama de flujo de elaboración de salsa de pizza



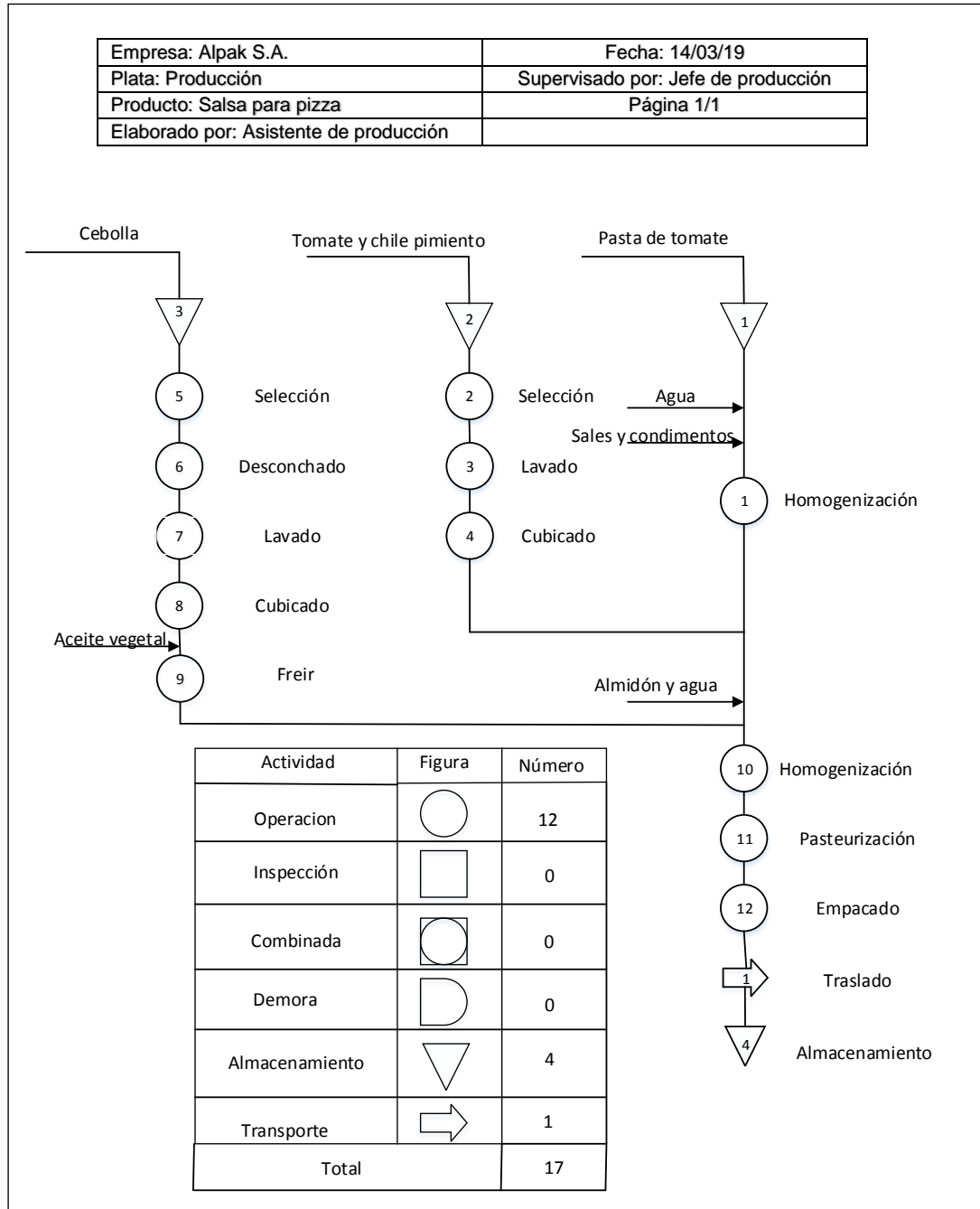
Fuente: elaboración propia, Microsoft Visio ®.

- Salsa ranchera
 - Homogenización: la pasta de tomate se pesa y se introduce en la Cutter, luego se adiciona agua, sales y condimentos y se homogeniza por 3 a 5 min.
 - Selección: se realiza la selección del tomate y chile pimiento, separando así las que no cumplen con el índice de maduración requerida.
 - Lavado: el tomate) y chile pimiento se somete a la operación de lavado, de 3 a 5 minutos, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier suciedad.
 - Cubicado: el tomate y el chile pimiento) es procesada a la Urschell. Se cubica el tomate a un tamaño de 3 a 5 cm.
 - Selección: se realiza la selección de cebolla, separando así las que no cumplen con el índice de maduración requerida.
 - Desconchado: la cebolla pasa por un proceso de corte del tallo y raíz, y un corte longitudinal para separar la primera, segunda o tercera capa del bulbo con el fin de eliminar las capas con impurezas o sucias.
 - Lavado: la cebolla se somete a la operación de lavado, de 3 a 5 minutos, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier suciedad.
 - Cubicado: la cebolla es procesada a la Urschell. Se cubica el tomate a un tamaño de 3 a 5 cm.

- Freír: la cebolla es freída en una marmita con aceite vegetal de 8 a 10 minutos.
- Homogenización: se realiza la mezcla de la cebolla frita, condimentos, almidón, agua, tomate y pasta dentro de una marmita con agitador contante.
- Pasteurización: es sometida al proceso de pasteurización de 15 a 25 minutos a una temperatura de 170 F.
- Empacado: se empaca en una bolsa resistente al oxígeno.
- Transporte: se transporta al área de preenfriamiento.
- Almacenamiento: se almacena a temperatura ambiente.

En la figura 9 se presenta el diagrama de flujo de proceso de elaboración de salsa ranchera.

Figura 9. Diagrama de flujo de proceso de salsa ranchera

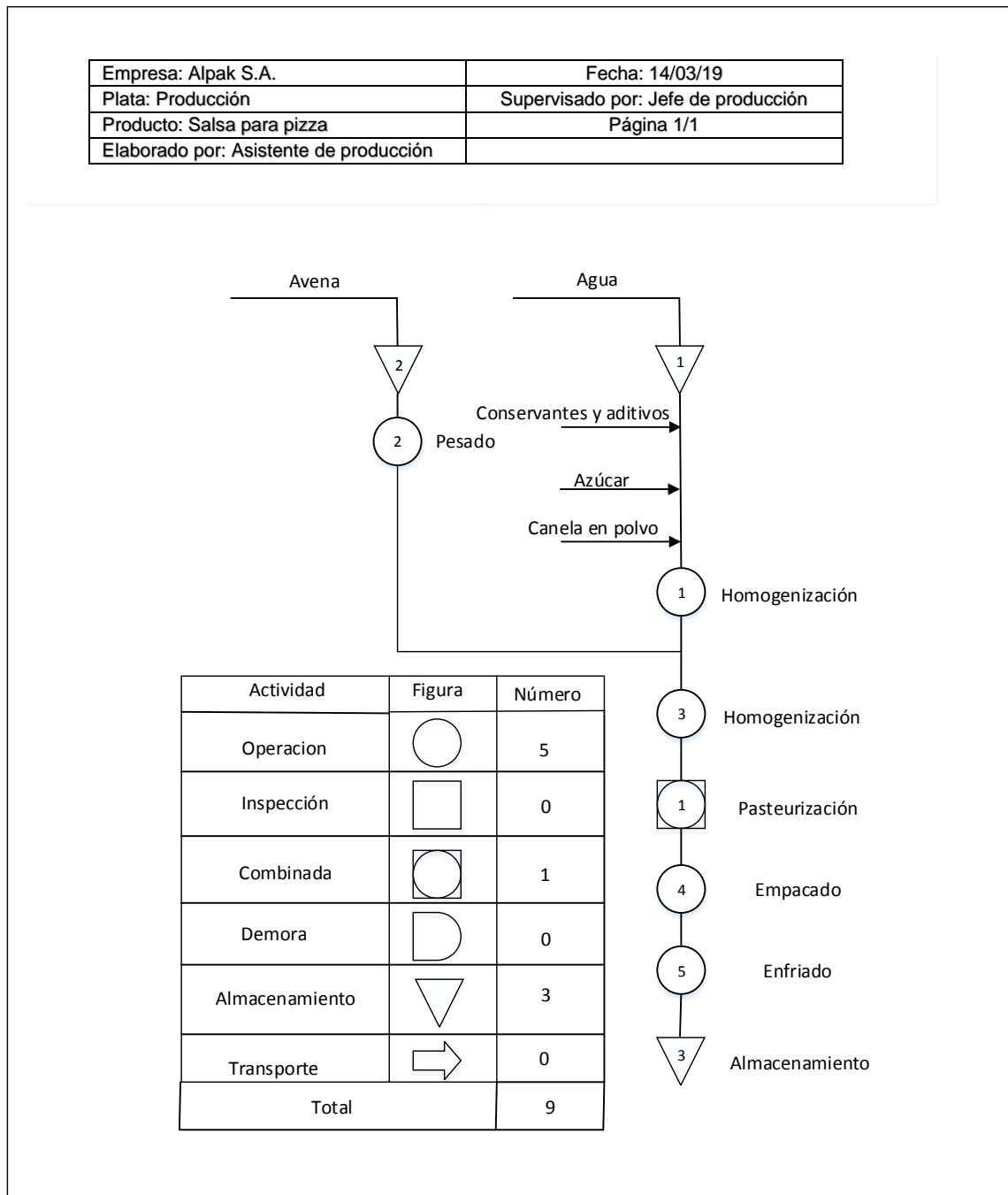


Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio ®.

- Avena
 - Premezclado: se vierte el agua dentro de una marmita con agitador constante, se mezcla los conservantes, aditivos, azúcar y canela en polvo y luego se homogeniza de 2 a 3 minutos.
 - Pesado: se pesa la avena.
 - Homogenizado: la avena se mezcla con agua, azúcar, conservantes, aditivos y canela en polvo, durante 2 a 3 minutos.
 - Pasteurización: la avena se somete a un proceso de pasteurización con el cual se verifica la temperatura y consistencia.
 - Empacado: la avena se empaca en una bolsa resistente a la penetración de oxígeno para aumentar su vida de anaquel. El tiempo de llenado por envase es en promedio de 0,37min.
 - Enfriado: la avena se somete a un shock térmico, para disminuir el crecimiento microbiano.
 - Almacenamiento: la avena es almacena en un cuarto frio a una temperatura menor a 39,2 F.

En la figura 10 se diagrama el flujo de proceso de elaboración de avena.

Figura 10. Diagrama de flujo proceso de elaboración de avena



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio ®.

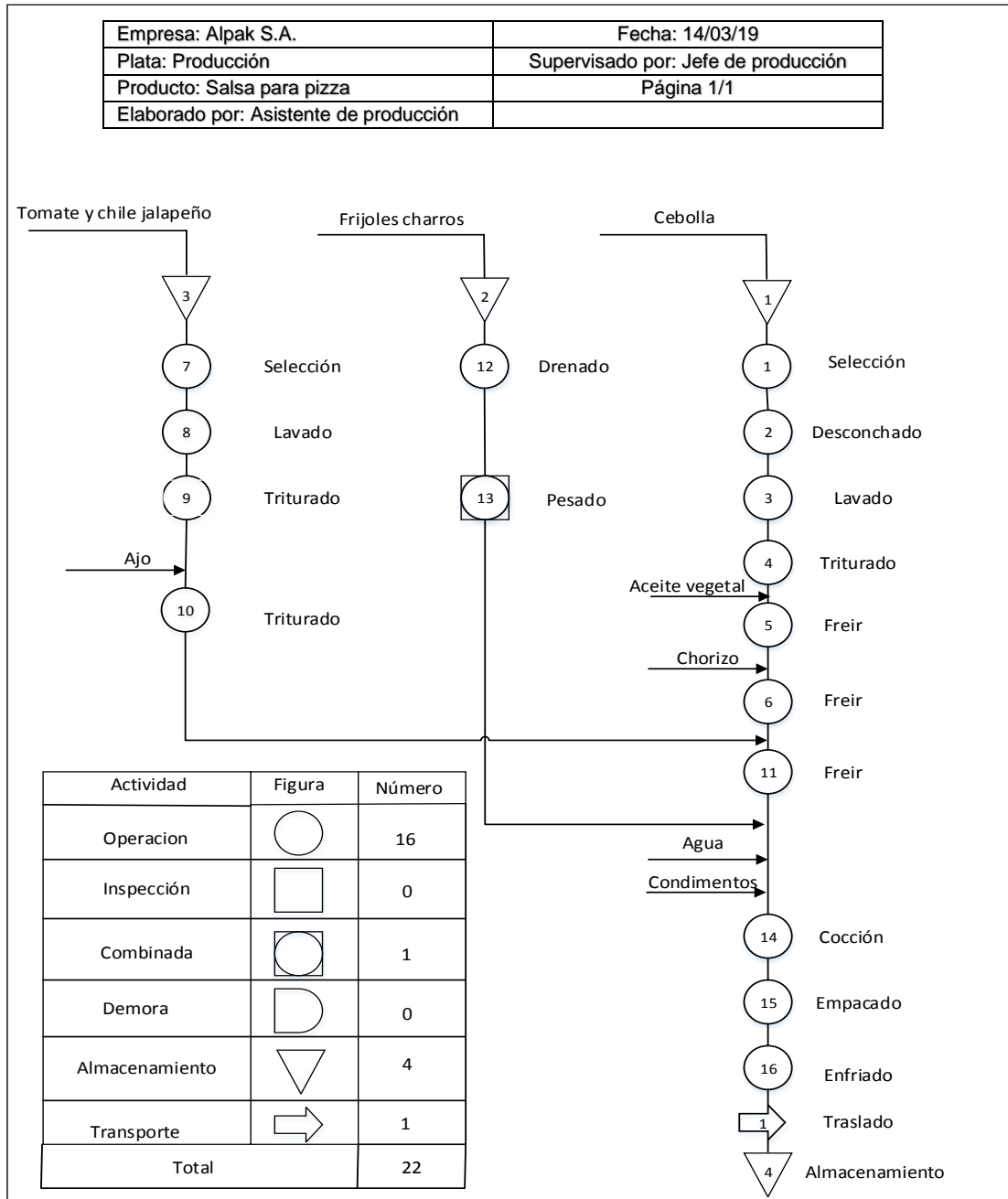
- Frijoles charros
 - Selección: se selecciona la cebolla, separando así las que no cumplen con el tamaño y maduración requerida.
 - Desconchado: la cebolla pasa por un proceso de corte del tallo y raíz, y un corte longitudinal para separar la primera, segunda o tercera capa del bulbo, con el fin de eliminar las capas con impurezas.
 - Lavado: la cebolla se somete a la operación de lavado, de 3 a 5 minutos, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier suciedad.
 - Triturado: la cebolla es procesada en el Cutter por un tiempo de 3 a 5 min.
 - Freír: la cebolla ingresa a la marmita con agitador constante, se fríe con aceite vegetal durante un tiempo de 8 a 10 min.
 - Freír: a la cebolla (*Allium cepa* sp) se le agrega chorizo, se fríe por un tiempo de 8 a 10 min.
 - Selección: se realiza la selección de tomate y chile pimiento, separando así las que no cumplen con el índice de maduración requerida.
 - Lavado: el tomate y chile pimiento se somete a la operación de lavado, de 3 a 5 min, con el fin de retirar residuos, tierra o cualquier suciedad.

- Triturado: el tomate es procesado a la Urschell. Se cubica el tomate a un tamaño de 3 a 5 cm, para luego agregar a la marmita con la cebolla y el chorizo frito.
- Triturado: el chile jalapeño, es cubicado en una procesadora de verduras hasta obtener un tamaño de 1 a 2 cm y luego es introducido a la marmita con la cebolla y el chorizo frito.
- Freír: el tomate, cebolla, chorizo y chile pimiento se somete a la operación de freír, de 12 a 15 min.
- Drenado: los frijoles charros enlatados en salmuera son drenados con el fin de separar los sólidos. La operación se realiza por un tiempo de 3 a 5 min.
- Pesado: los frijoles charros se pesan.
- Cocción: en la marmita se mezcla agua, condimentos y la materia prima sofrita con los Frijoles charros y se somete a la operación de cocción por un tiempo de 29 a 35 min.
- Empacado: los frijoles charros se empacan en una bolsa resistente a la penetración de oxígeno para aumentar su vida de vida. El tiempo de empacado es de 0,48 min por empaque.
- Enfriado: los frijoles charros se someten a un shock térmico, para disminuir el crecimiento microbiano.

- Almacenamiento: los frijoles charros se almacenan en un cuarto frío a una temperatura menor a 39,2 °F.

En la figura 11 se presenta el flujo de proceso de elaboración de Frijoles charros.

Figura 11. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de frijoles charros



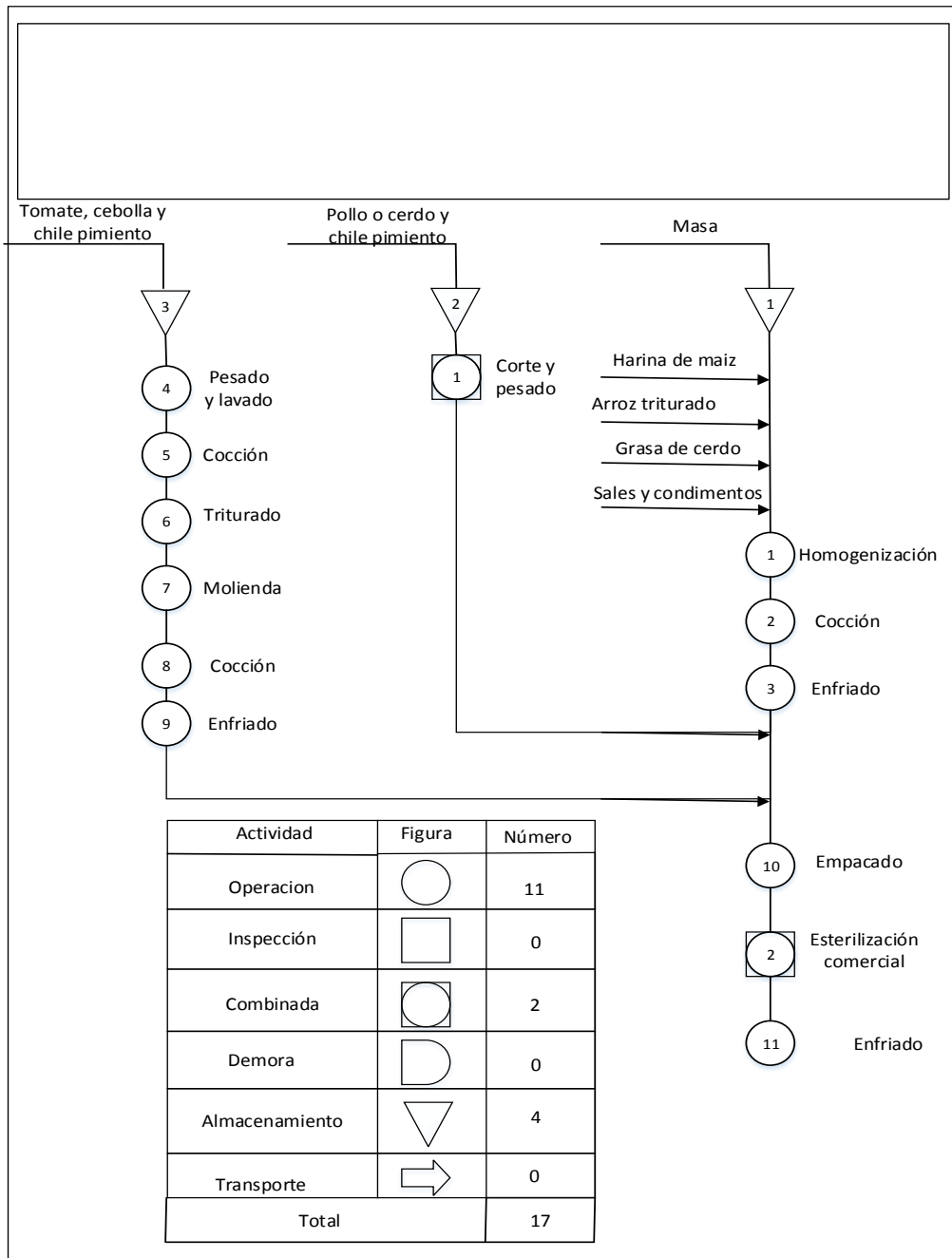
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio®.

- Tamal chapín.
 - Homogenización: se mezcla harina de maíz, arroz triturado, grasa de cerdo, sales y condimentos en la marmita con agitación constante y se homogeniza durante 10 a 15 min.
 - Cocción: se somete la mezcla al proceso de cocción de 25 a 35 min, hasta obtener una masa blanda.
 - Enfriado: la masa se reposa y enfría por un tiempo de 120 min.
 - Corte y pesado: el pollo, cerdo y chile pimiento se cortan en tamaños que oscilan de 5 a 10 cm de largo, para ser agregado a la masa.
 - Pesado y sanitizado: en otra línea de proceso, se pesa y lava, tomate, cebolla y chile pimiento.
 - Cocción: el tomate, la cebolla y el chile pimiento se someten a un proceso de escaldado.
 - Triturado: las verduras son llevadas al Cutter para ser trituradas y obtener una masa semilíquida con partículas más pequeñas.
 - Molienda: la masa semilíquida es llevada a un molino para reducir el tamaño.
 - Cocción: de la masa semilíquida es sometida a un proceso de cocción o pasteurización por un tiempo de 15 a 25 min.

- Enfriado: la salsa es enfriada hasta llegar a temperatura ambiente.
- Empacado: en una hoja de plátano, se realiza una cubierta de masa a la cual se le agrega, la carne, chile pimiento y la salsa. Posteriormente es empacada en una bolsa de polietileno resistente a altas temperaturas y alta presión.
- Esterilización comercial: el tamal ya empacado es sometido a un proceso de esterilización comercial, dentro de una autoclave, con el fin de aumentar la vida de anaquel de 20 a 21 PSI, por un tiempo de 65 a 75 min.
- Enfriado: al salir del proceso de esterilización comercial, el tamal es enfriado a temperatura ambiente.

En la figura 12 se presenta el flujo de proceso de proceso de elaboración de tamal chapín.

Figura 12. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de tamal chapín



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio ®.

2.4. Situación actual de los residuos sólidos orgánicos generados

En esta sección se procede a identificar la situación actual del manejo de residuos sólidos de las operaciones claves de cada proceso productivo.

- Salsa para pizza

La fuente principal de generación de desechos sólidos para este proceso productivo recae sobre las materias primas, que son la cebolla y tomate. En la tabla III se describe a detalle el manejo que se realiza por operación.

Tabla III. **Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de salsa para pizza**

Cebolla y tomate		
Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generados
Selección		<ul style="list-style-type: none">• Selección de cebolla: el criterio de selección se lleva a cabo en base al tamaño y el índice de maduración. Cualquier hortaliza que no cumple con las especificaciones de tamaño, aspecto visual y microbiológico es descartada.• Selección de tomate: el fruto que no cumpla con especificaciones de tamaño, aspecto visual y microbiológico es descartada.

Continuación de la tabla III.

Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generados
Desconchado		<ul style="list-style-type: none"> • Desconchado de cebolla: a la hortaliza preseleccionada se procede a retirar la raíz como también la túnica. Ambos cortes se realizan de forma manual y con ayuda de un cuchillo de 8". La extracción de la raíz se lleva a cabo a través de un corte transversal mientras que para la eliminación de la túnica se realiza un corte longitudinal al fruto. Ambos desechos son depositados de forma manual en depósitos específicos.
Sanitizado	Tanque de lavado	<ul style="list-style-type: none"> • Sanitizado de cebolla: la hortaliza recibe un proceso de sanitizado. Posteriormente se procede a realizar una segunda inspección visual. La hortaliza que no cumpla con el estándar es retirada del proceso. • Sanitizado de tomate: el fruto recibe un proceso de sanitizado. Posteriormente, se procede a realizar una segunda inspección visual. La hortaliza que no cumpla con el estándar es retirada del proceso.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Salsa ranchera

A continuación, en la tabla IV se presenta el manejo de los residuos sólidos generados en el producto de salsa ranchera.

Tabla IV. **Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de salsa ranchera**

Cebolla, tomate y chile pimiento		
Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generales
Selección		<ul style="list-style-type: none"> • Selección de cebolla, tomate y chile pimiento: el criterio de selección se lleva a cabo en base al tamaño y el índice de maduración. Cualquier hortaliza que no cumple con las especificaciones de tamaño, aspecto visual y microbiológico es descartada.
Desconchado		<ul style="list-style-type: none"> • Desconchado de cebolla: a la hortaliza preseleccionada se le procede a retirar la raíz como también la túnica. Ambos cortes se realizan de forma manual y con ayuda de un cuchillo de 8". La extracción de la raíz se lleva a cabo a través de un corte transversal mientras que para la eliminación de la túnica se realiza un corte longitudinal al fruto. Ambos desechos son depositados de forma manual en depósitos específicos.

Continuación tabla IV.

Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generados
Eliminación de la semilla		<ul style="list-style-type: none"> Eliminación de semilla en chile pimiento: con ayuda de un cuchillo de 8" se extrae las semillas del fruto, las cuales son depositadas en un depósito específico.
Sanitizado	Tanque de lavado	<ul style="list-style-type: none"> Sanitizado de cebolla, tomate y chile pimiento: la hortaliza recibe un proceso de sanitizado. Posteriormente se procede a realizar una segunda inspección visual. La hortaliza que no cumpla con el estándar es retirada del proceso.
Cubicado	Urschell o cubicadora	<ul style="list-style-type: none"> Cubicado de cebolla, tomate y chile pimiento: el residuo generado en la cubicadora Urschell por la operación y que se acumula dentro de la máquina es removido agua a presión. Una parte es depositada en un bote para basura y otra parte es enviada al drenaje de agua.
Pasteurización	Marmita enchaquetada	<ul style="list-style-type: none"> Pasteurización de cebolla, tomate y chile pimiento: Al terminar el proceso de pasteurización y una vez retirado el producto procesado de la marmita enchaquetada, se procede a remover con agua a presión los residuos acumulados dentro de la máquina. Una parte es depositada en un bote para basura y otra parte es enviada al drenaje de agua.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Avena

A continuación, en la tabla V, se presenta el manejo de los residuos sólidos generados del producto de avena.

Tabla V. **Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de avena**

Avena		
Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generados
Lavado	Marmita enchaquetada	El residuo queda después de la pasteurización de la avena, dentro de la marmita enchaquetada, es lavada y enviada a las aguas residuales.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Frijoles charros

A continuación, en la tabla VI, se presenta el manejo actual de los residuos sólidos generados en el producto de frijoles charros, siendo la cebolla y tomate la materia prima principal.

Tabla VI. **Residuos de sólidos orgánicos de la elaboración frijoles charros**

Cebolla y tomate		
Operación	Maquinaria y equipo	Residuos generados
Selección		<ul style="list-style-type: none"> Selección de cebolla y tomate: el criterio de selección se lleva a cabo en base al tamaño y el índice de maduración. Cualquier hortaliza que no cumple con las especificaciones de tamaño, aspecto visual y microbiológico es descartada.
Desconchado		<ul style="list-style-type: none"> Desconchado de cebolla: a la hortaliza preseleccionada se le procede a retirar la raíz como también la túnica. Ambos cortes se realizan de forma manual y con ayuda de un cuchillo de 8". La extracción de la raíz se lleva a cabo a través de un corte transversal mientras que para la eliminación de la túnica se realiza un corte longitudinal al fruto. Ambos desechos son depositados de forma manual en depósitos específicos.
Sanitizado	Tanque de lavado	<ul style="list-style-type: none"> Sanitizado de cebolla, tomate y chile pimiento: la hortaliza recibe un proceso de sanitizado. Posteriormente se procede a realizar una segunda inspección visual. La hortaliza que no cumpla con el estándar es retirada del proceso.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Tamal chapín

A continuación, se presenta el manejo actual de los residuos sólidos generados en el producto de tamal chapín.

Tabla VII. **Residuos sólidos orgánicos de la elaboración de tamal chapín**

Hoja de maxán y hoja de plátano		
Operación	Maquinaria y equipo	Procedimiento
Corte		<ul style="list-style-type: none"> • La hoja de sal o de banano se corta con el tamaño o especificaciones de un molde, el residuo generado es depositado en un bote para basura.
Selección		<ul style="list-style-type: none"> • La hoja de sal o de banano es seleccionada y aquella que no cumple con las especificaciones, es depositada en un bote para basura.
Masa de maíz		
Lavado	Marmita enchaquetada	<ul style="list-style-type: none"> • La masa o residuo que queda en las paredes de la marmita, es lavada con agua a presión y desechada al drenaje.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

2.5. Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

Para el manejo integral de los residuos sólidos se propone una jerarquía de manejo que se presenta a continuación:

Figura 13. **Jerarquía de clasificación**



Fuente: elaboración propia, empleado Microsoft Word ®.

El criterio que se usa para una clasificación por cantidad de generación se describe a continuación:

- Alta: los residuos se generan todos los días a grandes cantidades.
- Media: los residuos se generan en cantidades moderadas.
- Baja: los residuos se generan en pequeñas cantidades.

En la tabla VIII. Clasificación de residuos sólidos orgánicos generados por área, se describe el nivel de generación y el tipo de clasificación.

Tabla VIII. Clasificación de residuos sólidos orgánicos generados por área

Área	Descripción	Nivel de generación	Tipo de clasificación
Área de comedor	Lugar que utilizan las personas para consumo de alimentos	Medio	-Biodegradable -Reciclables -Inertes -Ordinarios
Área administrativa	Área utilizada para la gestión y organización de la empresa	Baja	-Reciclables -Inertes -Ordinarios

Continuación tabla VIII.

Área	Descripción	Nivel de generación	Tipo de clasificación
Área de almacén de materia prima y producto terminado	Área encargada del abasto de materia prima y almacén de producto terminado provenientes de producción	Alta	-Biodegradable -Reciclables -Inertes -Ordinarios -Residuos sólidos químicos y tóxicos -Bombillas y luminarias
Área de producción	Área destinada a la producción de alimentos procesados perecederos	Alta	-Biodegradable -Reciclables -Inertes -Ordinarios -Residuos sólidos químicos y tóxicos -Residuos sólidos peligrosos
Área de carga y descarga de materia prima y producto terminado	Lugar destinado a la carga y descarga de producto terminado y materia prima	Medio	-Biodegradable -Reciclables -Inertes -Ordinarios -Residuos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

A continuación, en la tabla IX se describe los residuos producidos en la empresa, con los criterios de tipo de residuos generados o procedencia, los residuos que se generan en el área, la clasificación al representar un riesgo, el almacenamiento que se le da y la disposición final que actualmente se realiza.

Tabla IX. **Clasificación de los residuos sólidos de la empresa.**

Área de comedor				
Tipo de residuo generado	Residuos	Clasificación	Almacenamiento	Disposición final
Biodegradables	Residuos de comida	No peligroso	Depositado en toneles con tapadera	Elaboración de compostaje
Reciclables (residuos sólidos no peligrosos)	Botellas de plástico, gaseosas -Latas de gaseosas -Cartón y papel -Latas de comida a aluminio	No peligroso	Depositado en toneles con tapadera	Reciclaje
Inertes (residuos sólidos no peligrosos)	Bolsas plásticas de comida. -Bolsas laminadas de frituras y alimentos.	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
Ordinarios (residuos ordinarios no peligrosos)	-Envases plásticos de alimentos	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje

Continuación de la tabla IX.

Área de producción				
Tipo de residuos generados	Residuos	Clasificación	Almacenamiento	Disposición final
Biodegradables	-Residuos sólidos de vegetales y frutas, -Materia prima de descarte -Residuos sólidos orgánicos perecederos	No peligroso	Depositado en toneles	Elaboración de compostaje
Reciclables (residuos sólidos no peligrosos)	-Botellas de plástico de alimentos -Latas de aluminio de frijoles charros, -Cartón y papel -Tarimas	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
Inertes (residuos sólidos no peligrosos)	-Bolsas plásticas de comida. -Bosas laminadas -Material de empaque descartado	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
Ordinarios (residuos ordinarios no peligrosos)	-Envases plásticos de alimentos -Papel de limpieza de equipo y utensilios -Embalaje de materia prima	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje

Continuación de la tabla IX.

Tipo de residuos generados	Residuos	Clasificación	Almacenamiento	Disposición final
Residuos sólidos peligrosos (Biosanitarios y cortopunzantes)	-Algodón -Frasco de medicamentos. -Empaque de medicamentos	Peligroso	Depositado en toneles	Desecho final
Residuos sólidos químicos y tóxicos (residuos peligrosos)	-Disolventes -Envases de aceites -Envases de químicos de limpieza de pisos y tuberías.	Peligroso	Depositado en toneles	Desecho final
Área de almacén de materia prima y producto terminado				
Biodegradables	-Residuos sólidos de vegetales y frutas, -Materia prima de descarte -Residuos sólidos orgánicos perecederos	No peligroso	Depositado en toneles	Elaboración de compostaje
Reciclables (residuos sólidos no peligrosos)	-Botellas de plástico de alimentos -Latas de aluminio -Cartón y papel -Tarimas	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje

Continuación de la tabla IX.

Tipo de residuos generados	Residuos	Clasificación	Almacenamiento	Disposición final
Inertes (residuos sólidos no peligrosos)	-Bolsas plásticas -Bolsas laminadas -Material de empaque descartado	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
Ordinarios (residuos ordinarios no peligrosos)	-Envases plásticos de alimentos -Papel de limpieza de equipo y utensilios -Embalaje de materia prima	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
Residuos sólidos químicos y tóxicos (residuos peligrosos)	-Disolventes -Envases de aceites -Envases de químicos de limpieza de pisos y tuberías.	Peligroso	Depositado en toneles	Desecho final
Área administrativa				
Reciclables (residuos sólidos no peligrosos)	-Botellas de plástico -Latas de aluminio -Cartón y papel	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
	-Tarimas			

Continuación de la tabla IX.

Tipo de residuos generados	Residuos	Clasificación	Almacenamiento	Disposición final
Inertes (residuos sólidos no peligrosos)	-Bolsas plásticas	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje
	empaquete descartado			
Ordinarios (residuos ordinarios no peligrosos)	-Envases plásticos de alimentos	No peligroso	Depositado en toneles	Reciclaje

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

2.6. Cuantificación de los residuos sólidos orgánicos

La producción en la empresa se basa en la elaboración de los cinco productos principales, donde una unidad de producto es equivalente a un peso de 5 libras, a excepción de la avena y frijoles charros que una unidad de producto equivale a un peso de 3 libras y el tamal chapín que representa una unidad con un peso de 300 gramos. Ver tabla X.

Tabla X. **Equivalencia de productos lb/und**

Producto	lb/und
Salsa para pizza	5
Salsa ranchera	5
Avena	3
Frijoles charros	3
Tamal chapín	0,67

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la tabla XI se presenta los productos, a cuanto equivale un batch de ese producto en unidades y en libras.

Tabla XI. **Productos y sus equivalencias**

Producto	Batch	Unidades	Libras
Salsa para pizza	1	70	350
Salsa Ranchera	1	70	350
Avena	1	115	345
Frijoles charros	1	80	240
Tamal Chapín	1	400	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

2.6.1. Días de producción

La producción de salsa para pizza se realiza los días lunes, miércoles y viernes, cuando existe una demanda alta es común que se elabore los días sábados. La salsa ranchera se elabora los días martes y jueves, los productos de avena y frijoles charros se producen todos los días, al contrario del tamal chapín que es un producto que se elabora conforme la demanda lo requiera. En la tabla XII se describe el volumen de producción de la empresa.

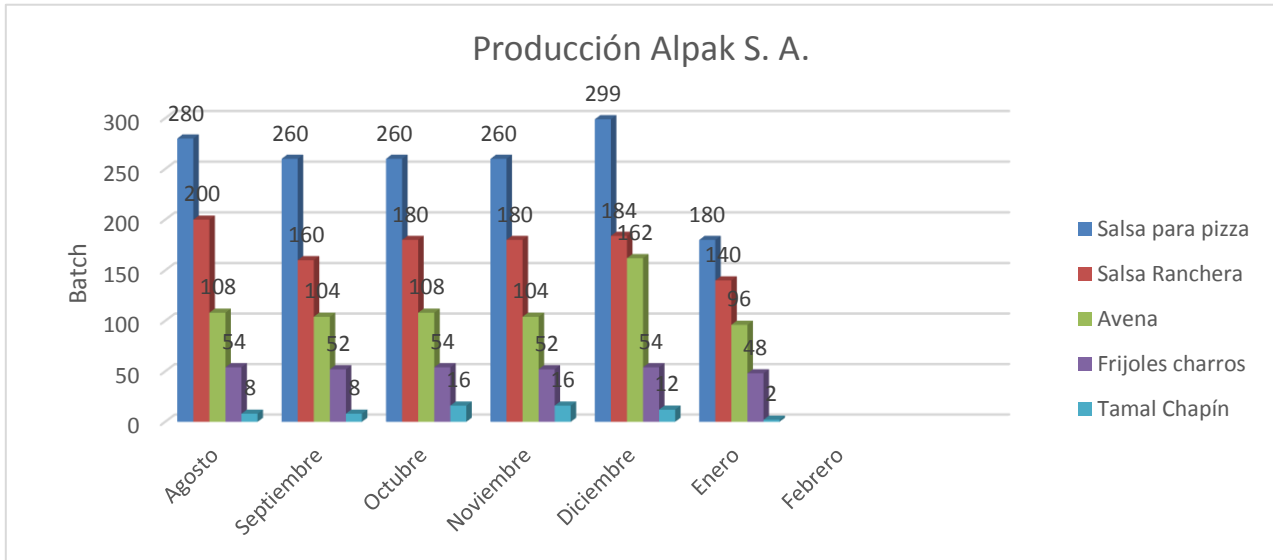
Tabla XII. **Volumen de producción, en batch producidos**

	Salsa para pizza	Salsa Ranchera	Avena	Frijoles charros	Tamal Chapín
Agosto	280	200	108	54	8
Septiembre	260	160	104	52	8
Octubre	260	180	108	54	16
Noviembre	260	180	104	52	16
Diciembre	299	184	162	54	12
Enero	180	140	96	48	2
Febrero	210	175	90	36	6
Marzo	250	160	95	44	3
Abril	240	190	100	44	5
Mayo	219	175	90	38	3
Junio	225	180	95	40	6
Julio	238	180	102	45	3
Total	2921	2104	1254	394	88

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la figura 14 se presenta a partir de una gráfica de barras que el producto de salsa para pizza y la salsa ranchera tienen la mayor demanda en los meses de agosto hasta diciembre, luego esta los productos de avena y frijoles charros con una producción estable. Por último, el tamal chapín que en los meses de octubre, noviembre y diciembre existe un aumento en la demanda, debido a que es un producto de temporada.

Figura 14. Producción de productos



Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Excel ®.

2.6.2. Determinación de peso de los residuos sólidos orgánicos

La determinación de peso estándar de los residuos sólidos orgánicos producidos se da al establecer una muestra significativa de los batch en una semana para cada producto.

Debido a que la cantidad de materia prima es conocida se realiza un muestro en poblaciones finitas para calcular el peso promedio en las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos. A continuación, se describen las siguientes variables utilizadas.

- Población (N); colectivo objeto del estudio formado por un conjunto de elementos con características similares y sobre el que se pretenden inferir regularidades.
- Muestra (n): subconjunto de la población o colectivo que se investiga el cual debe ser representativo del conjunto de la población.
- Error (€): error de precisión, es un valor establecido por el investigador.
- $Z\alpha$: valor estadístico, obtenido en una tabla de probabilidades de la normal estándar.
- P y q: es el porcentaje de probabilidad de que ocurra el suceso esperado, al no poseer datos históricos de los pesos promedios de residuos sólidos orgánicos, se toma como criterio que ambos son un 50 %.
- Nivel de confianza: es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

$$n = \frac{Z\alpha^2 * p * q * N}{\epsilon^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

- Área sobre la curva (A)

$$A = \text{Nivel de confianza} + \frac{\text{Error}}{2}$$

- Determinación de tamaño de muestra, salsa para pizza

Para determinar el número de muestras en todas las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos en el producto de salsa para pizza. Se establece un promedio de batch mensuales que se enlista a continuación:

- N= 250 batch/mensual
- Nivel de confianza: 90 %
- Error de precisión= 10 %
- p=50 %
- q= 50 %

Se asume un nivel de confianza del 90 % y un error de precisión del 10 % determinamos que el valor del área sobre la curva es:

$$A = 0,90 + \frac{0,10}{2} = 0,95$$

Al determina el área bajo la curva, se procede a definir el valor Z_{α} en la tabla de probabilidades de la normal estándar, la cual es equivalente a:

$$Z_{\alpha} = 1,65$$

$$n = \frac{1,65^2 * (0,5) * (0,5) * (250)}{(0,10^2) * (250 - 1) + 1,65^2 * (0,5)(0,5)} = 54 \text{ batch}$$

Al ingresar los datos a la ecuación para el cálculo de la muestra, se obtiene como resultado que se deben analizar los pesos de los residuos sólidos orgánicos generados de 54 batch de salsa para pizza.

La siguiente tabla enlista los pesos obtenidos de las muestras recolectadas para las operaciones de selección, triturado y desconchado.

Tabla XIII. **Pesos de muestreo de desechos salsa para pizza**

No. de pesos	Peso de tomate lb		Peso de Cebolla lb
	Selección	Triturado	Desconchado
1	38,95	0,33	1,77
2	37,00	0,50	1,81
3	37,95	0,54	1,82
4	35,00	0,45	1,74
5	37,82	0,45	1,77
6	37,00	0,46	1,89
7	38,99	0,67	1,85
8	37,05	0,48	1,80
9	37,55	0,50	1,80
10	36,99	0,50	1,80
11	37,33	0,50	1,77
12	37,00	0,55	1,74
13	37,56	0,45	1,79
14	37,04	0,43	1,78
15	37,05	0,59	1,80
16	37,55	0,56	1,80
17	36,99	0,53	1,86
18	37,33	0,56	1,76
19	36,44	0,53	1,87
20	37,45	0,50	1,70
21	36,92	0,50	1,90
22	35,99	0,50	1,84
23	36,88	0,45	1,80
24	37,50	0,56	1,80
25	37,66	0,56	1,80
26	37,95	0,60	1,84

Continuación de la tabla XIII.

No. de pesos	Peso de tomate lb		Peso de Cebolla lb
	Selección	Triturado	Desconchado
27	38,95	0,62	1,82
28	37,00	0,43	1,81
29	37,95	0,45	1,81
30	35,00	0,50	1,79
31	37,82	0,50	1,78
32	37,00	0,50	1,74
33	38,99	0,50	1,77
34	37,05	0,54	1,89
35	37,55	0,45	1,85
36	36,99	0,48	1,80
37	37,33	0,46	1,80
38	37,00	0,50	1,80
39	37,56	0,55	1,77
40	37,99	0,45	1,74
41	37,05	0,43	1,79
42	37,55	0,59	1,86
43	36,99	0,56	1,76
44	37,33	0,53	1,87
45	37,44	0,56	1,70
46	37,45	0,53	1,90
47	36,92	0,50	1,84
48	35,99	0,50	1,80
49	37,88	0,50	1,81
50	37,50	0,45	1,82
51	37,99	0,56	1,74
52	37,95	0,56	1,77
53	37,44	0,56	1,70
54	37,45	0,53	1,90
Promedio	37,33	0,51	1,80

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la tabla siguiente se describe la existencia o ausencia de residuos sólidos orgánicos para el producto de salsa para pizza. Siendo la operación de selección, desconchado y triturado las que más generan residuos.

Tabla XIV. **Resultados de promedios de residuos sólidos orgánicos generados en salsa para pizza**

Producto o materia prima	Selección	Desconchado	Lavado	Triturado	Cocción
Cebolla	No existe descarte	1,80 lb= 0,81 kg	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte
Tomate	37,33 lb=17 kg	No existe descarte	No existe descarte	0,51 lb=0,23 kg	No existe descarte

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Se tiene como resultado que la producción de un batch de salsa para pizza genera 39,64 lb de residuo sólidos orgánicos.

- Determinación de tamaño de muestra, salsa ranchera

Para determinar el número de muestras a pesar en todas las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos en el producto de salsa ranchera. Se establece un promedio de batch mensuales.

- N= 172 batch/mensual
- Nivel de confianza: 90 %
- Error de precisión= 10 %

- P=50 %
- q= 50 %

Se asume un nivel de confianza del 90 % y un error de precisión del 10 % se determina que el valor del área sobre la curva es:

$$A = 0,90 + \frac{0,10}{2} = 0,95$$

Al determinar el área bajo la curva, se determina el valor de Z_{α} en la tabla probabilidades de la norma estándar equivalente a:

$$Z_{\alpha} = 1,65$$

Al ingresar los datos a la ecuación para el cálculo de la muestra, se obtiene como resultado que se deben analizar los pesos de los residuos sólidos orgánicos generados de 49 batch de salsa ranchera.

$$n = \frac{1,65^2 * (0,5) * (0,5) * (172)}{(0,10^2) * (172 - 1) + 1,65^2 * (0,5)(0,5)} = 49 \text{ batch}$$

Al determinar el número de muestras que se deben evaluar a partir de la toma de pesos, esta se realiza en las diferentes operaciones donde se generan residuos:

Tabla XV. **Pesos de muestreo de residuos sólidos salsa ranchera**

No. de pesos	Peso de tomate lb		Peso de cebolla lb		Peso de chile pimiento lb	Peso de cilantro lb
	Selección	Cubicado	Desconchado	Cubicado	Destroncado	Limpieza
1	38,95	1,50	1,77	0,6	3,3	1,2
2	37,00	1,59	1,81	0,8	3,6	1,1
3	37,95	1,49	1,82	0,9	3,5	1,1
4	35,00	1,55	1,74	0,81	3,4	1,1
5	37,82	1,56	1,77	0,82	4	1,18
6	37,00	1,50	1,89	0,88	3,5	1,19
7	37,95	1,50	1,85	0,89	3,7	1,15
8	35,00	1,51	1,80	0,84	3	1,15
9	37,82	1,56	1,80	0,77	3,7	1,15
10	37,00	1,55	1,80	0,76	3,9	1,15
11	37,33	1,44	1,77	0,69	3,6	1,16
12	37,00	1,60	1,74	0,71	3,3	1,16
13	37,56	1,50	1,79	0,74	3,2	1,12
14	37,04	1,55	1,78	0,8	3,4	1,15
15	37,05	1,55	1,74	0,8	4	1,15
16	37,55	1,50	1,77	0,8	3,5	1,12
17	36,99	1,50	1,89	0,78	3,6	1,14
18	37,33	1,55	1,85	0,77	3,5	1,12
19	37,33	1,55	1,80	0,74	3,6	1,16
20	37,00	1,52	1,80	0,78	3,5	1,16
21	37,56	1,56	1,80	0,7	3,5	1,16
22	37,04	1,49	1,77	0,9	3,2	1,17
23	36,88	1,55	1,74	0,78	3,3	1,14
24	37,50	1,49	1,79	0,8	3,3	1,14
25	37,66	1,55	1,78	0,8	3,4	1,15
26	37,95	1,56	1,84	0,8	3,3	1,15
27	38,95	1,50	1,74	0,85	3,3	1,15
28	37,00	1,50	1,77	0,85	3,5	1,15

Continuación de la tabla XV.

No. de pesos	Peso de tomate lb		Peso de cebolla lb		Peso de chile pimiento lb	Peso de cilantro lb
	Selección	Cubicado	Desconchado	Cubicado	Destroncado	Limpieza
29	36,88	1,51	1,89	0,88	3,5	1,15
30	37,50	1,56	1,85	0,83	3,5	1,16
31	37,66	1,45	1,80	0,8	3,6	1,16
32	37,95	1,55	1,80	0,85	3,7	1,15
33	38,99	1,60	1,74	0,89	3,6	1,15
34	37,05	1,50	1,77	0,85	4	1,15
35	37,55	1,55	1,89	0,88	3,7	1,15
36	36,99	1,55	1,85	0,8	3,5	1,16
37	37,33	1,50	1,80	0,8	3,5	1,16
38	37,00	1,50	1,80	0,8	3,5	1,16
39	37,56	1,60	1,80	0,84	3,6	1,16
40	37,99	1,56	1,74	0,78	3,5	1,16
41	38,99	1,45	1,77	0,83	3,6	1,16
42	37,05	1,48	1,89	0,79	3,5	1,17
43	37,55	1,60	1,85	0,77	3,5	1,15
44	36,99	1,50	1,80	0,8	3,6	1,15
45	37,33	1,55	1,74	0,8	3,4	1,15
46	37,45	1,55	1,77	0,8	3,2	1,15
47	36,92	1,52	1,89	0,74	3	1,15
48	35,99	1,56	1,85	0,78	3,5	1,15
49	37,88	1,59	1,80	0,8	3,5	1,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

En la tabla siguiente se presenta el promedio en libras de residuos sólidos orgánicos para el producto de salsa ranchera, siendo las operaciones de selección, desconchado, limpieza y cubicado las que más generan residuos.

Tabla XVI. **Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera**

Producto o materia prima	Selección	Desconchado o limpieza	Lavado	Cubicado	Cocción
Cebolla	No existe descarte	1,80 lb=0,81 kg	No existe descarte	0,8 lb=0,36 kg	No existe descarte
Tomate	35-40 lb =18.18 kg	No existe descarte	No existe descarte	1,5 lb=0,68 kg	No existe descarte
Cilantro	No existe descarte	1,15 lb=0,52 kg	No existe descarte	No Existe descarte	No existe descarte
Chile pimiento	No existe descarte	3,5 lb=1,59 kg	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte

Fuente: elaboración, empleando Microsoft Word ®.

Se tiene como resultado que la producción de un batch de salsa ranchera se genera 47,05 lb de residuo sólidos orgánicos.

- Determinación de tamaño de muestra de la avena

Para determinar el número de muestras a pesar en todas las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos en el producto de avena, se establece un promedio de batch mensuales.

- N= 108 batch/mensual
- Nivel de confianza: 90 %
- Error de precisión= 10 %
- p=50 %

- $q = 50 \%$

Se asume un nivel de confianza del 90 % y un error de precisión del 10 % determinamos que el valor del área sobre la curva es:

$$A = 0,90 + \frac{0,10}{2} = 0,95$$

Al determinar el área bajo la curva, se definió el valor de Z_{α} en la tabla probabilidades de la norma estándar, la cual es equivalente a:

$$Z_{\alpha} = 1,65$$

Al ingresar los datos a la ecuación para el cálculo de la muestra, se obtiene como resultado que se deben analizar los pesos de los residuos sólidos orgánicos generados de 42 batch de avena.

$$n = \frac{1,65^2 * (0,5) * (0,5) * (108)}{(0,10^2) * (108 - 1) + 1,65^2 * (0,5)(0,5)} = 42 \text{ batch}$$

La siguiente tabla muestra los pesos obtenidos.

Tabla XVII. **Pesos de muestreo de avena**

No. de pesos	Residuo de avena en marmita lb
1	2,00
2	1,94
3	1,89
4	1,92
5	1,96
6	1,95
7	2,00
8	2,00
9	2,00
10	2,00
11	2,29
12	2,18
13	2,15
14	1,98
15	1,99
16	1,95
17	1,96
18	1,96
19	1,99
20	2,00
21	2,00
22	2,00
23	2,00
24	1,98
25	2,14
26	2,05
27	2,12
28	2,08
29	2,00

Continuación de la tabla XVII.

No. de pesos	Residuo de avena en marmita lb
30	2,08
31	2,05
32	2,01
33	2,02
34	2,04
35	1,99
36	1,98
37	1,94
38	2,05
39	2,05
40	2,06
41	2,06
42	2,01
Promedio	2,02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En el producto de avena se obtiene la mayor cantidad de residuos en el lavado de marmita. En la tabla XVII se describe el promedio de peso de residuos orgánicos de avena.

Tabla XVIII. **Promedio de pesos de residuos sólidos orgánicos de avena**

Producto o materia prima	Lavado de marmita
Avena	2 Lb = 0,91 kg

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Se tiene como resultado que la producción de un batch de avena se genera 2 lb de residuo sólidos orgánicos.

- Determinación de tamaño de muestra, frijoles charros.

Para determinar el número de muestras a pesar en todas las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos en el producto de frijoles charros, se establece un promedio de batch mensuales.

- N= 49 batch/mensual
- Nivel de confianza: 90 %
- Error de precisión= 10 %
- p=50 %
- q= 50 %

Asumiendo un nivel de confianza del 90 % y un error de precisión del 10 % determinamos que el valor del área sobre la curva es de:

$$A = 0,90 + \frac{0,10}{2} = 0,95$$

Al determinar el área bajo la curva, determinamos el valor de que Z_{α} es de 1,65.

Por lo tanto, el tamaño de la muestra se determina como:

$$n = \frac{1,65^2 * (0,5) * (0,5) * (49)}{(0,10^2) * (49 - 1) + 1,65^2 * (0,5)(0,5)} = 29 \text{ batch}$$

Tabla XIX. **Pesos de residuos de frijoles charros**

No. de pesos	Peso de tomate lb	Peso de cebolla lb
	Cubicado	Desconchado
1	0,60	1,20
2	0,61	1,27
3	0,59	1,12
4	0,56	1,14
5	0,55	1,18
6	0,67	1,19
7	0,57	1,20
8	0,59	1,20
9	0,58	1,20
10	0,59	1,21
11	0,60	1,21
12	0,64	1,22
13	0,66	1,18
14	0,65	1,15
15	0,68	1,18
16	0,56	1,15
17	0,60	1,19
18	0,67	1,18
19	0,65	1,20
20	0,55	1,20
21	0,55	1,80
22	0,56	1,19
23	0,57	1,17
24	0,50	1,20
25	0,63	1,20
26	0,65	1,20
27	0,67	1,23
28	0,60	1,20
29	0,60	1,20
Promedio	0,60	1,21

Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Word ®.

En la siguiente tabla se describe los pesos promedios de residuos sólidos orgánicos para el producto de frijoles charros, siendo las operaciones de desconchado y cubicado las que generan mayor cantidad de residuos.

Tabla XX. **Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de frijoles charros**

Producto o materia prima	Selección	Desconchado	Lavado	Cubicado	Cocción
Cebolla	No existe descarte	1,20 lb= 0,55 kg	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte
Tomate	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte	0,6 lb= 0,27 kg	No existe descarte
Chile jalapeño	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte	No existe descarte

Fuente: elaboración propia , empleando Microsoft Word®.

Se tiene como resultado que la producción de un batch de frijoles charros se genera 1.80 lb de residuo sólidos orgánicos.

- Determinación de tamaño de muestra, tamal chapín

Para determinar el número de muestras a pesar en todas las operaciones que generan residuos sólidos orgánicos en el producto de tamal chapín, se establece un promedio de batch mensuales.

- N= 9 batch/mensual
- Nivel de confianza: 90 %
- Error de precisión= 10 %
- p=50 %
- q= 50 %

Se asume un nivel de confianza del 90 % y un error de precisión del 10 % se determina que el valor del área sobre la curva es de:

$$A = 0,90 + \frac{0,10}{2} = 0,95$$

Al determinar el área bajo la curva, se obtiene el valor de Z_{α} en la tabla probabilidades de la norma estándar equivalente a:

$$Z_{\alpha} = 1,65$$

Al ingresar los datos a la ecuación para el cálculo de la muestra, se obtiene como resultado que se deben analizar los pesos de los residuos sólidos orgánicos generados de 8 batch de tamal chapín:

$$n = \frac{1,65^2 * (0,5) * (0,5) * (9)}{(0,10^2) * (9 - 1) + 1,65^2 * (0,5)(0,5)} = 8 \text{ batch}$$

En la tabla XXI se describen los pesos promedios de residuos sólidos orgánicos para tamal chapín.

Tabla XXI. **Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de tamal chapín**

No. de pesos	Peso hoja de Maxán lb	Peso de hoja de plátano lb	Residuo de masa lb
	Corte	Corte	Lavado de marmita
1	24,00	17,50	2,38
2	23,91	17,45	2,40
3	23,99	17,56	2,44
4	24,09	17,54	2,45
5	24,10	17,45	2,30
6	24,05	17,41	2,40
7	24,09	17,50	2,40
8	23,90	17,50	2,40
Promedio	24,02	17,49	2,40

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En el producto de tamal chapín se obtiene la mayor cantidad de residuos en el corte de hojas para la envoltura de este, además del lavado de marmita los residuos de masa adheridos en las paredes de este, en la tabla XXII se describen los pesos promedios de los residuos sólidos de este producto.

Tabla XXII. **Pesos promedios de residuos sólidos orgánicos de tamal chapín**

Producto o materia prima	Selección	Corte
Hoja de sal	No existe descarte	24,00 lb=10,90 kg
Hoja de banano	No existe descarte	17,50 lb=7,95 kg
Producto o materia prima	Residuos de marmita	
Masa	2,40 lb=1,1 kg	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Se tiene como resultado que la producción de un batch de tamal chapín se genera 43,90 lb de residuo sólidos orgánicos.

2.6.3. Rendimiento de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Al determinar la generación o rendimiento de los residuos sólidos orgánicos totales por batch, siendo los productos de salsa para pizza, salsa ranchera los que mayor generación y demanda tienen, a excepción del producto tamal chapín que tiene una generación alta, pero con una producción limitada que depende de la demanda, en la tabla XXIII se presentan los resultados obtenidos.

Tabla XXIII. **Residuos sólidos orgánicos producidos por producto**

Mes	No. Batch	Residuos producidos por batch promedio
Salsa para pizza	1	39,63 lb=18,01 kg
Salsa Ranchera	1	44,95 lb=20,94 kg
Tamal Chapín	1	43,9 lb=19,95 kg
Avena	1	2,0 lb=0,91 kg
Frijoles Charros	1	1,8 lb=0,82 kg

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la siguiente tabla se determina la generación de residuos sólidos orgánicos por mes para el producto salsa para pizza.

Tabla XXIV. **Residuos sólidos por mes, salsa para pizza**

Mes	Batch Producidos totales	Residuos producidos (lb)	Residuos producidos por batch promedio (kg)
Agosto	280	11 099,20	5 045,09
Septiembre	260	10 358,40	4 708,36
Octubre	260	10 358,40	4 708,36
Noviembre	260	10 358,40	4 708,36
Diciembre	299	11 912,16	5 414,62
Enero	180	7 171,20	3 259,64
Febrero	210	8 366,40	3 802,91
Marzo	250	9 960,00	4 527,27
Abril	240	9 561,60	4 346,18
Mayo	219	8 724,96	3 965,89
Junio	225	8 964,00	4 074,55
Julio	238	9 481,92	4 309,96
Total			52 871,20

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la siguiente tabla se determina la generación de residuos sólidos orgánicos en cada mes de producción, del producto salsa ranchera.

Tabla XXV. **Residuos sólidos producidos por mes, salsa ranchera**

Mes	Batch producidos totales	Residuos producidos por batch promedio (lb)	Residuos producidos por batch promedio (kg)
Agosto	200	9 410,00	4 277,27
Septiembre	160	7 528,00	3 421,82
Octubre	180	8 469,00	3 849,55
Noviembre	180	8 469,00	3 849,55
Diciembre	184	8 657,20	3 935,09
Enero	140	6 587,00	2 994,09
Febrero	175	8 233,75	3 742,61
Marzo	160	7 528,00	3 421,82
Abril	190	8 939,50	4 063,41
Mayo	175	8 233,75	3 742,61
Junio	180	8 469,00	3 849,55
Julio	200	9 410,00	4 277,27
Total			45 424,64

Fuente: elaboración propia con programa Microsoft Word ®.

En la tabla XXVI se determina la generación de residuos sólidos orgánicos en cada mes de producción, del producto avena.

Tabla XXVI. **Residuos sólidos producidos por mes, avena**

Mes	Batch Producidos totales	Residuos producidos (lb)	Residuos producidos por batch promedio (kg)
Agosto	108	216	98,18
Septiembre	104	208	94,55
Octubre	108	216	98,18
Noviembre	104	208	94,55
Diciembre	162	324	147,27
Enero	96	192	87,27
Febrero	90	180	81,82
Marzo	95	190	86,36
Abril	100	200	90,91
Mayo	90	180	81,82
Junio	95	190	86,36
Julio	102	204	92,73
Total			1 140,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En la tabla XXVII se determina la generación de residuos sólidos orgánicos en cada mes de producción del producto frijoles charros.

Tabla XXVII. **Residuos sólidos producidos por mes, frijoles charros**

Mes	Batch producidos totales	Residuos producidos por batch promedio (lb)	Residuos producidos por batch promedio (kg)
Agosto	54	30,00	13,64
Septiembre	52	28,89	13,13
Octubre	54	30,00	13,64
Noviembre	52	28,89	13,13
Diciembre	54	30,00	13,64
Enero	48	26,67	12,12
Febrero	36	20,00	9,09
Marzo	44	24,44	11,11
Abril	44	24,44	11,11
Mayo	38	21,11	9,60
Junio	40	22,22	10,10
Julio	45	25,00	11,36
Total			141,67

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVIII se determina la generación de residuos sólidos orgánicos en cada mes de producción, del producto tamal chapín.

Tabla XXVIII. **Residuos sólidos producidos por mes, tamal chapín**

Mes	Batch Producidos totales	Residuos producidos por batch promedio (lb)	Residuos producidos por batch promedio (kg)
Agosto	8	351,20	159,64
Septiembre	8	351,20	159,64
Octubre	16	702,40	319,27
Noviembre	16	702,40	319,27
Diciembre	12	526,80	239,45
Enero	2	87,80	39,91
Febrero	6	263,40	119,73
Marzo	3	131,70	59,86
Abril	5	219,50	99,77
Mayo	3	131,70	59,86
Junio	6	263,40	119,73
Julio	3	131,70	59,86
Total			1756,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

A continuación, se presenta los resultados de la generación de residuos sólidos orgánicos generados en la tabla XXIX. Residuos sólidos orgánicos generados dando un total que asciende a 101333,50 kg de residuos sólidos orgánicos generados.

Tabla XXIX. **Residuos sólidos orgánicos generados**

Producto	Total (kg)
Salsa para pizza	52 871,20
Salsa ranchera	45 424,64
Tamal chapín	1 756,00
Avena	1 140,00
Frijoles charros	141,67
Total	101 333,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

2.7. Diseño de muestras

Para el diseño de las muestras de compostaje, se toman en cuenta la maquinaria y equipo necesario, los materiales e insumos para poder elaborar las muestras. Se describe el procedimiento de elaboración de las 4 muestras elaboradas.

2.7.1. Muestra 1. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, avena y tamal

La muestra 1 se elabora con los residuos que se generan en la salsa para pizza, que consisten en cebolla y tomate , con los restos de avena y hoja de maxan, la cual se somete a un proceso de acondicionamiento previo para nivelar el pH a un resultado cercano de 7,0 y que una descomposición previa de los residuos esto tiene una duración de 15 a 25 días, donde la humedad debe estar de 75 % al 80 % para brindar las condiciones de descomposición del material orgánico además de evitar una condición de estrés para las lombrices.

2.7.1.1. Maquinaria y equipo

Para la realización de las pruebas piloto se utilizó los siguientes equipos:

- Canastas plásticas.
- Bolsas plásticas.
- Manguera.
- Termómetro.
- Tiras de papel pH.
- Paleta de madera.

Para la realización de la prueba piloto se utilizó los siguientes materiales e insumos.

- Lombrices coquetas roja
- Agua
- Viruta de madera
- Desechos de cebolla, tomate, chile pimiento, avena y hoja de maxan.
- Bovinaza
- Gallinaza
- Tierra negra.

2.7.1.2. Procedimiento para el aprovechamiento

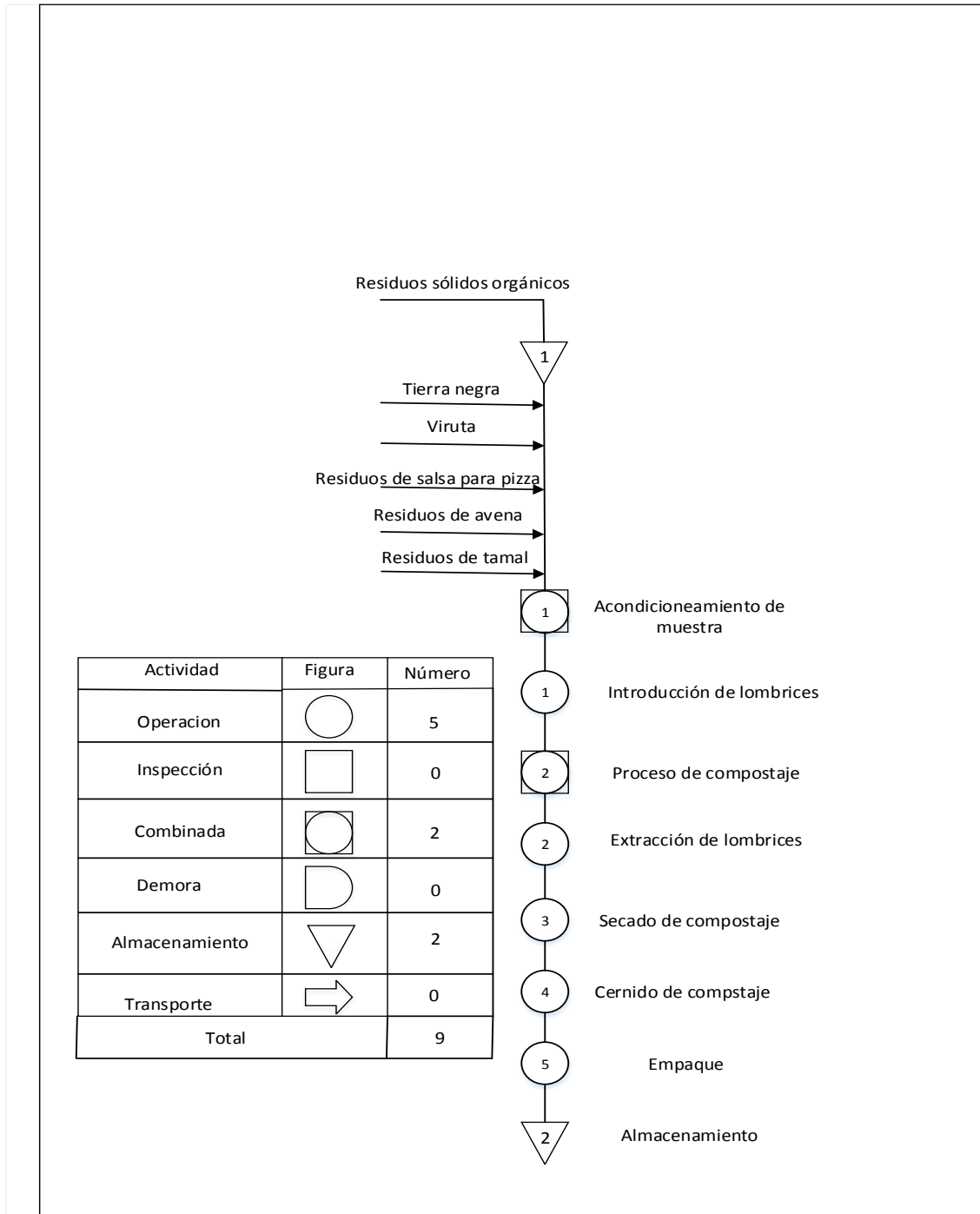
A continuación, se describe el proceso de elaboración de lombricompost, a partir de residuos sólidos orgánicos. La muestra está basada en restos de cebolla, tomate, chile pimiento, avena y hoja de maxan viruta, tierra negra.

- Obtención de materia prima: los desechos de las líneas de salsa para pizza, avena y tamal chapín son recolectados y depositados en bolsas de plástico para su fácil transportado.
- Acondicionamiento de la materia prima: luego se realizó la mezcla de sustrato, la cual contiene 50 % de tierra negra un 30 % de viruta y el 20 % de los residuos sólidos orgánicos obtenidos. Se depositan en unas canastas con orificios para el drenado del exceso de agua que contenga la muestra.
- Mezcla: se coloca una capa de tierra negra, seguida de una capa de viruta, luego una capa de los residuos sólidos orgánicos, una capa de viruta y una capa de tierra negra. Se deja acondicionar en un periodo de 15 a 25 días para nivelar el pH, que debe ser cercano a 7,0 y evitar, así, que las lombrices no estén sometidas a estrés. Mantener la temperatura en un rango de 22 a 27 °C, y a una humedad del 80 % para una pre descomposición fácil del material orgánico.
- Introducción de las lombrices: las lombrices se vierten en el sustrato con una densidad inicial de 100 lombrices por 10 libras de sustrato. Entre ellas van adultas, jóvenes y huevecillos.
- Compostaje: el proceso de compostaje dependerá de las condiciones previas del sustrato, para que las lombrices digieran y conviertan el abono, este tiene un periodo de 2 a 4 meses dependiendo de la cantidad de material orgánico.
- Extracción de lombrices: las lombrices se extraen a partir de un cernidor con agujeros aptos para la separación de lombrices y el sustrato.

- Secado de abono orgánico: este proceso debe realizarse en un lugar seco y libre de cualquier tipo de contaminación. Se debe colocar en una plancha de plástico que separe el suelo y el sustrato. La capa debe ser no mayor a 65 cm de altura. Este proceso dura entre 3 a 5 días, depende de las condiciones climáticas.
- Humedad: verificar el porcentaje de humedad del sustrato obtenido, para ser empacado.
- Empacado: la muestra debe empacarse en un recipiente con las condiciones ideales que no altere los micro y macro nutrientes, esta debe proteger de cualquier contaminante.
- Análisis de muestra: Se analizó la muestra obtenida, en el laboratorio de análisis de suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de analizar los micro y macro nutrientes obtenidos y la calidad del compostaje.

El diagrama de flujo de proceso de muestra 1 complementa la descripción del proceso de elaboración de lombricompost a partir de residuos sólidos orgánicos.

Figura 15. Diagrama de flujo de proceso de muestra 1



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio®.

2.7.1.3. Resultados

En el análisis orgánico de suelos realizado en el Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se obtuvieron los siguientes resultados de la muestra 1.

Tabla XXX. **Especificaciones de lombricompost de la muestra 1**

Especificaciones	Presentación muestra	453 g
	PH	7,1
Parámetros de macronutrientes %	Fósforo	0,22
	Potasio	0,10
	Calcio	0,69
	Magnesio	0,11
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre	10,00
	Zinc	60,00
	Hierro	1 500,00
	Manganeso	140,00
	Sodio	400,00

Fuente: Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía USAC.

2.7.1.4. Costos

A continuación, se presenta los costos de producción de la elaboración de la muestra 1.

Tabla XXXI. **Costo de muestra No. 1**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Libras de residuos	5	Q 0,00	Q 0,00
Canasta plástica calada	1	Q 35,00	Q 35,00
Bolsa plástica negra	1	Q 1,00	Q 1,00
Kilogramos de lombrices	0,5	Q 95,00	Q 47,50
Tiras de papel pH	10	Q 0,50	Q 5,00
Agua (m ³)	0,005	Q 1,12	Q 0,01
Malla metálica (m ²)	0,5	Q 5,00	Q 2,50
Libras de tierra negra	5	Q 2,00	Q 10,00
Mano de obra	1	Q. 11,61	Q, 11,61
Libras de viruta	5	Q 0,50	Q 2,50
Inversión de muestra			Q 114,62

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

El costo de producción de la muestra 1 es de Q 114,62 donde el rendimiento fue del 50 %. El peso inicial fue de 15 libras y al final se obtuvo 7,5 libras de sustrato, donde el costo unitario es de Q 15,28.

2.7.2. Muestra 2. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera y frijoles charros

La muestra 2 se elaboró con los residuos que se generan en la salsa ranchera, que son capas de cebolla, tomate que no cumple con los estándares de calidad, restos de chile pimiento, restos de cilantro, frijoles charros y gallinaza. Se sometió a un proceso de acondicionamiento para nivelar el pH y una

descomposición previa de los residuos. Tiene una duración de 15 a 25 días, previo a ingresar las lombrices.

2.7.2.1. Infraestructura, maquinaria y equipo

Para la realización de las pruebas pilotos se utilizó los siguientes equipos:

- Canastas plásticas
- Bolsas plásticas
- Manguera
- Termómetro
- Tiras de papel pH
- Paleta de madera

Para la realización de la prueba piloto se utilizó los siguientes materiales e insumos.

- Lombrices coquetas roja
- Agua
- Viruta de madera
- Desechos de cebolla, tomate, chile pimiento, avena, hoja de maxan.
- Gallinaza
- Tierra negra.

2.7.2.2. Procedimientos

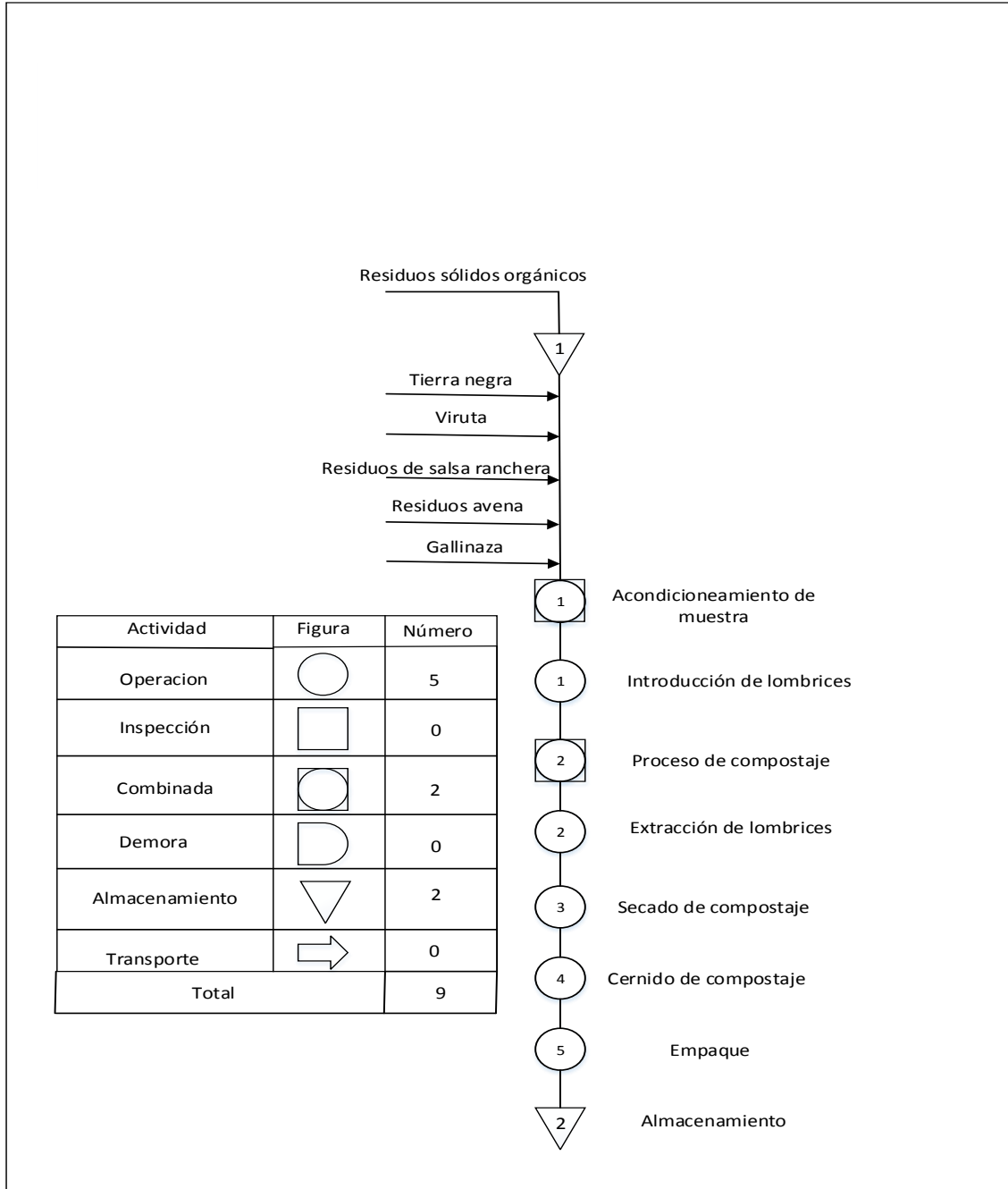
La muestra contiene restos de tomate, chile pimiento, tomates enteros, restos de chile pimiento, restos de cilantro, restos de frijoles charros, tierra negra, viruta y gallinaza.

- Obtención de materia prima: los desechos de las líneas de salsa ranchera y frijoles charros son recolectados y depositados en bolsas de plástico para su fácil transportado.
- Acondicionamiento de la materia prima: se realizó la mezcla de sustrato la cual contiene 25 % de tierra negra, un 25 % de viruta, el 25 % de los residuos sólidos orgánicos obtenidos y el 25 % de gallinaza. Los materiales se depositan en canastas con orificios para el drenado, del exceso de agua que contenga la muestra.
- Mezcla: se coloca una capa de tierra negra, seguida de una capa de viruta, luego una capa de los residuos sólidos orgánicos, una capa de viruta y una capa de tierra negra. Se deja acondicionar en un periodo de 15 a 25 días, para nivelar el pH, debe ser cercano a 7,0 para que las lombrices no estén sometidas a estrés, además de mantener la temperatura en un rango de 22 a 27 °C, y a una humedad del 80 %, para una fácil pre-descomposición del material orgánico.
- Introducción de las lombrices: las lombrices se vierten en el sustrato ya obtenido, con una densidad inicial de 100 lombrices por 10 libras de sustrato, entre ellas van adultas, jóvenes y huevecillos.

- Compostaje: el proceso de compostaje dependerá de las condiciones previas del sustrato, para que las lombrices digieran y conviertan el abono, este tiene un periodo de 2 a 4 meses dependiendo de la cantidad de material orgánico.
- Extracción de lombrices: las lombrices se extraen a partir de un cernidor con agujeros aptos para que la separación de lombrices y el sustrato.
- Secado de abono orgánico: este proceso se realiza en un lugar seco y libre de cualquier tipo de contaminación. Se debe colocar en una plancha de plástico que separe el suelo y el sustrato. la capa debe ser no mayor a 65 cm de altura. Dura entre 3 a 5 días, depende de las condiciones climáticas.
- Humedad: se debe verificar el porcentaje de humedad del sustrato obtenido, para ser empacado.
- Empacado: la muestra debe empacarse en un recipiente con las condiciones ideales que no altere los micro y macro nutrientes, se debe proteger de cualquier contaminante.
- Análisis de muestra: se analizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de analizar los micro y macro nutrientes obtenidos y la calidad del compostaje.

El diagrama de flujo de proceso de muestra 2 complementa la descripción del proceso de elaboración de lombricompost.

Figura 16. Diagrama de flujo de proceso de la muestra 2



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio ®.

2.7.2.3. Resultados

En el análisis orgánico de suelos realizado en el Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se obtuvieron los siguientes resultados de la muestra 2.

Tabla XXXII. **Especificaciones de lombricompost de la muestra 2**

Especificaciones	Presentación muestra	453 g
	pH	7,3
Parámetros de macronutrientes %	Fósforo	0,56
	Potasio	1,81
	Calcio	0,94
	Magnesio	0,23
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre	35,00
	Zinc	19,00
	Hierro	580,00
	Manganeso	235,00
	Sodio	3 750,00

Fuente: Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía USAC

2.7.2.4. Costos

A continuación, se presenta los costos de producción de la elaboración de la muestra 2.

Tabla XXXIII. **Costo de la muestra 2**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Libras de residuos	5	Q. 0,00	Q. 0,00
Canasta plástica calada	1	Q. 35,00	Q. 35,00
Bolsa plástica negra	1	Q. 1,00	Q. 1,00
Kilogramos de lombrices	0,5	Q. 95,00	Q. 47,50
Tiras de papel pH	10	Q. 050	Q. 5,00
Agua (m3)	0,005	Q. 1,12	Q. 0,01
Libras de gallinaza	5	Q. 0,50	Q. 2,50
Malla metálica (m2)	0,5	Q. 5,00	Q. 2,50
Libras de tierra negra	5	Q. 2,00	Q. 10,00
Mano de obra	1	Q. 11,61	Q. 11,61
Libras de Viruta	5	Q. 0,50	Q. 2,50
Inversión de muestra			Q. 117,62

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

El costo de producción de la muestra 2, es de Q 106,01, donde el rendimiento fue del 50 % el peso inicial fue de 20 libras y al final se obtuvo 10 libras de sustrato, donde el costo unitario es de Q 11,76

2.7.3. Muestra 3. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza y salsa ranchera

La muestra 3, se elabora con los residuos que se generan en la salsa ranchera, salsa para pizza y bovinaza la cual se sometió a un proceso de

acondicionamiento para nivelar el pH y a través de una descomposición previa de los residuos durante 15 a 25 días. Se procedió a ingresar las lombrices.

2.7.3.1. Infraestructura, maquinaria y equipo

Para la realización de las pruebas pilotos se utilizó los siguientes equipos:

- Canastas plásticas
- Bolsas plásticas
- Manguera
- Termómetro
- Tiras de papel pH
- Paleta de madera

Para la realización de la prueba piloto se utilizó los siguientes materiales e insumos.

- Lombrices coquetas roja
- Agua
- Viruta de madera
- Desechos de cebolla, tomate, chile pimiento, avena, hoja de maxan.
- Bovinaza
- Tierra negra

2.7.3.2. Procedimientos

A continuación, se describe el proceso de elaboración de lombricompost, a partir de residuos sólidos orgánicos. La muestra está basada en restos de tomate, chile pimiento, tomates enteros, restos de chile pimiento, restos de cilantro, tierra negra, viruta y bovinaza.

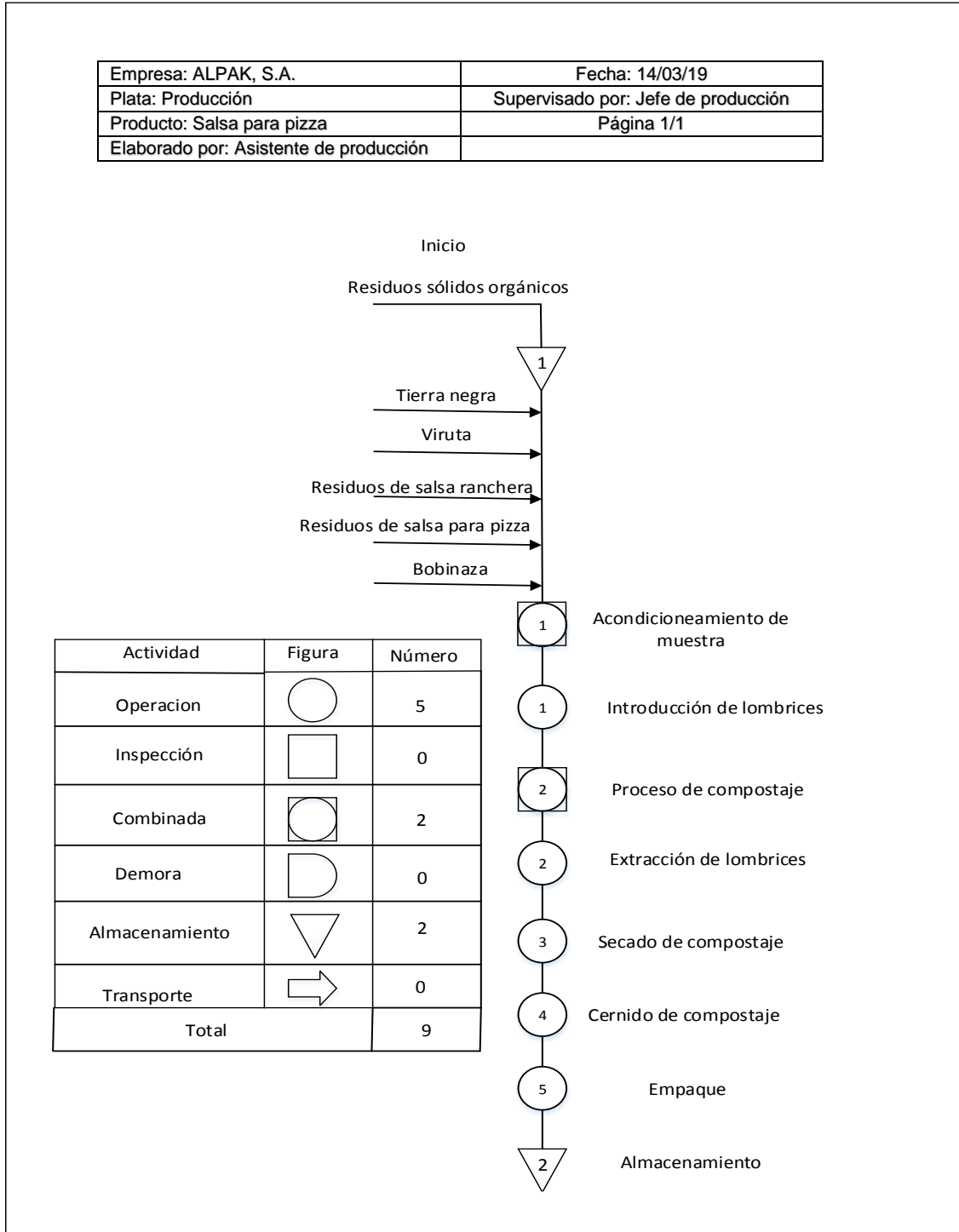
La obtención y el acondicionamiento de la materia prima es igual al apartado 2.7.2.2.

- Mezcla: se coloca una capa de tierra negra, seguida de una capa de viruta, luego una capa de los residuos sólidos orgánicos, posteriormente una capa de viruta y una capa de tierra negra. La mezcla se dejó acondicionar durante un periodo de 15 a 25 días, para nivelar el pH, este debe ser cercano a 7,0 para que las lombrices no estén sometidas a estrés, además de mantener la temperatura en un rango de 22 a 27 °C, y a una humedad del 80 %, para una fácil pre-descomposición del material orgánico
- Introducción de las lombrices: las lombrices se vierten en el sustrato ya obtenido, con una densidad inicial de 100 lombrices por 10 libras de sustrato, entre ellas van adultas, jóvenes y huevecillos.
- Compostaje: el proceso de compostaje dependerá de las condiciones previas del sustrato, para que las lombrices digieran y conviertan el abono, este tiene un período de 2 a 4 meses dependiendo de la cantidad de material orgánico.

- Extracción de lombrices: las lombrices se extraen, a partir de un cernidor con agujeros aptos para que la separación de lombrices y el sustrato obtenido.
- Secado de abono orgánico: el proceso debe realizarse en un lugar seco y libre de cualquier tipo de contaminación, sobre una bolsa de plástica, en una capa no mayor a 65 cm de altura. Este proceso duró de 3 a 5 días.
- Humedad: se debe verificar el porcentaje de humedad del sustrato obtenido.
- Empacado: la muestra debe empacarse en un recipiente con las condiciones ideales que no altere los micro y macro nutrientes.
- Análisis de muestra: se analizó la muestra en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y se obtuvo los micro y macro nutrientes del sustrato y la calidad del compostaje.

El diagrama de flujo de proceso de la muestra 3 complementa la descripción del proceso de elaboración de lombricompost.

Figura 17. Diagrama de flujo de proceso de la muestra 3



Fuente: elaboración propia, empleando, empleando Microsoft Visio ®.

2.7.3.3. Resultados

Se obtienen los resultados de análisis de suelo para la muestra 3.

Tabla XXXIV. **Especificaciones de lombricompost, muestra 3**

Especificaciones	Presentación muestra	453 g
	pH	6,6
Parámetros de macronutrientes %	Fósforo	0,64
	Potasio	2,63
	Calcio	2,06
	Magnesio	0,54
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre	15,00
	Zinc	130,00
	Hierro	2 150,00
	Manganeso	135,00
	Sodio	1 500,00

Fuente: laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía USAC,

2.7.3.4. Costos

A continuación, se presenta los costos de producción de la elaboración de la muestra 3, donde se utilizaron los residuos sólidos orgánicos producidos generados en la salsa para pizza, salsa ranchera y bovinaza, estos son capas de cebolla, tomate, restos de chile pimiento y restos de cilantro.

Tabla XXXV. **Costo de la muestra 3**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Libras de residuos	5	Q 0,00	Q 0,00
Canasta plástica calada	1	Q 35,00	Q 35,00
Bolsa plástica negra	1	Q 1,00	Q 1,00
Kilogramos de lombrices	0,5	Q 95,00	Q 47,50
Tiras de papel pH	10	Q 0,50	Q 5,00
Agua (m ³)	0,005	Q 1,12	Q 0,01
Libras de bovinaza	5	Q 0,50	Q 2,50
Malla metálica (m ²)	0,5	Q 5,00	Q 2,50
Libras de tierra negra	5	Q 2,00	Q 10,00
Mano de obra	1	Q 11,61	Q 11,61
Libras de Viruta	5	Q 0,50	Q 2,50
Inversión de muestra			Q 117,62

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

El costo de producción de la muestra 3, es de Q 117,62, donde el rendimiento fue del 50 %. Se obtuvo un peso inicial de 20 libras y final de 10 libras de sustrato, donde el costo unitario es de Q 11,76.

2.7.4. Muestra 4. Elaboración de compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos crudos y cocidos

La muestra 4 se elaboró con los residuos que se generan de la salsa ranchera, la salsa para pizza, frijoles charros y avena. La mezcla se sometió a

un proceso de acondicionamiento para regular el pH y una descomposición previa de los residuos con una duración de 15 a 25 días, previo al ingresar las lombrices.

2.7.4.1. Maquinaria y equipo

Para la realización de las pruebas pilotos se utilizó los siguientes equipos:

- Canastas plásticas
- Bolsas plásticas
- Manguera
- Termómetro
- Tiras de papel pH
- Paleta de madera

Para la realización de la prueba piloto se utilizó los siguientes materiales e insumos.

- Lombrices coquetas roja
- Agua
- Viruta de madera
- Desechos de cebolla, tomate, chile pimiento, avena, hoja de maxa.,
- Tierra negra

2.7.4.2. Procedimientos

A continuación, se describe el proceso de elaboración de lombricompost, a partir de residuos sólidos orgánicos. La muestra está basada en restos de tomate, chile pimiento, tomates enteros, restos de chile pimiento, restos de cilantro, tierra negra, viruta y bovinaza.

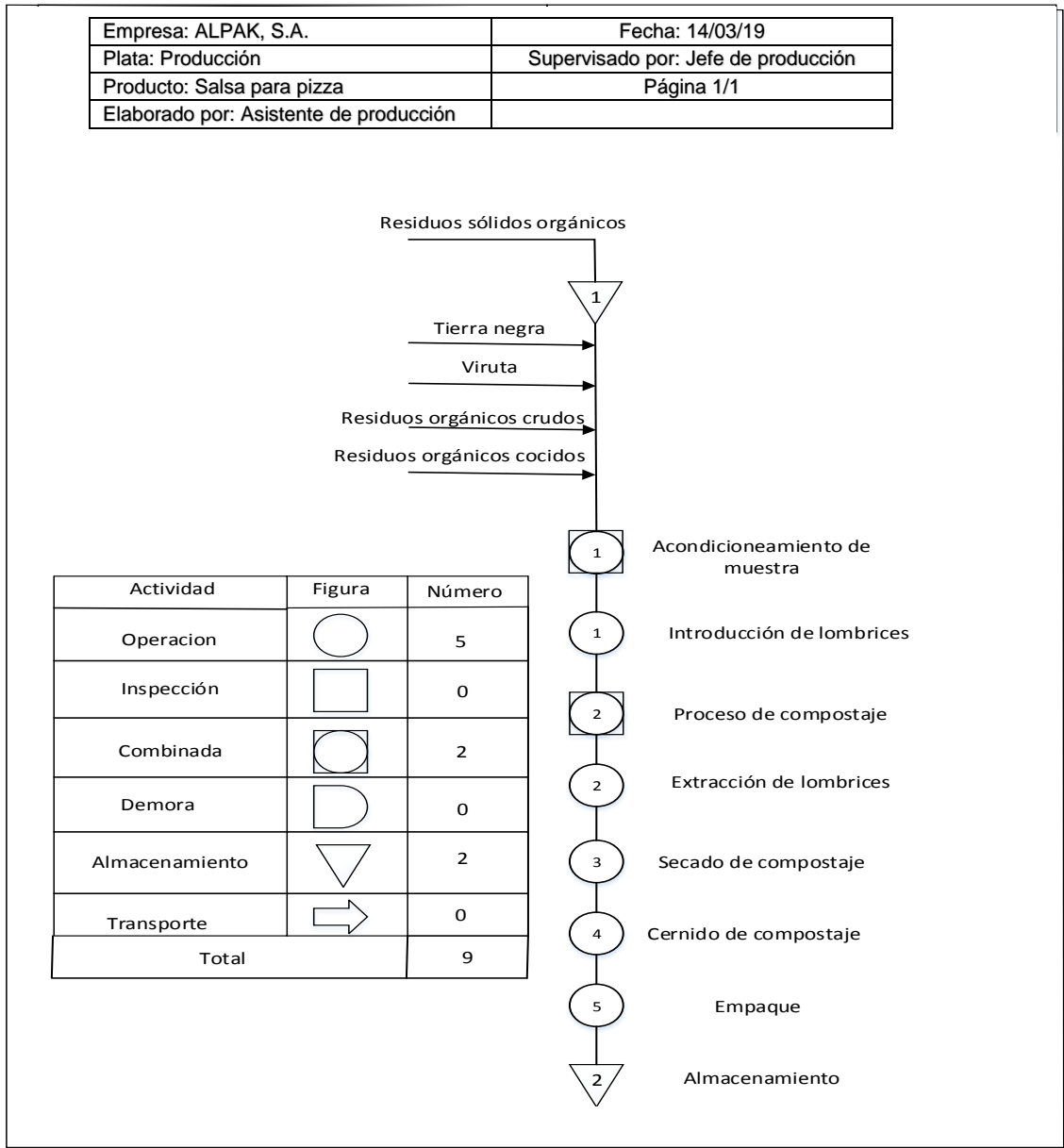
La obtención y el acondicionamiento de la materia prima es igual al apartado 2.7.2.2.

- Acondicionamiento de la materia prima: se realizó la mezcla de sustrato la cual contiene 25 % de tierra negra un 25 % de viruta, el 50 % de los residuos sólidos orgánicos obtenidos y estos se depositan en una canasta con orificios para el drenado del exceso de agua que contenga la muestra. Se coloca una capa de tierra negra, seguida de una capa de viruta, luego una capa de los residuos sólidos orgánicos, posteriormente una capa de viruta y una capa de tierra negra. La mezcla se acondicionó en un periodo de 15 a 25 días, para nivelar el pH, el cual debe ser cercano a 7,0 para que las lombrices no estén sometidas a estrés. Además, se reguló la temperatura en un rango de entre 22 a 27 °C, y a una humedad del 80 %, para una fácil pre descomposición del material orgánico.
- Introducción de las lombrices: las lombrices se vierten en el sustrato ya obtenido, con una densidad inicial de 100 lombrices por 10 libras de sustrato, entre ellas van adultas, jóvenes y huevecillos.
- Compostaje: el proceso de compostaje dependerá de las condiciones previas del sustrato, para que las lombrices digieran y conviertan el abono, este tiene un periodo de 2 a 4 meses dependiendo de la cantidad de material orgánico.
- Extracción de lombrices: las lombrices se extraen, a partir de un cernidor con agujeros aptos para que la separación de lombrices y el sustrato obtenido.

- Secado de abono orgánico: al aire libre, debe realizarse este procedimiento en un lugar seco y libre de cualquier tipo de contaminación, sobre una bolsa de plástica, en una capa no mayor a 65 cm de altura, este proceso duro de 3 a 5 días, dependiendo de las condiciones climáticas.
- Humedad: se debe verificar el porcentaje de humedad del sustrato obtenido.
- Empacado: la muestra debe empacarse en un recipiente con las condiciones ideales que no altere los micro y macro nutrientes, esta debe proteger de cualquier contaminante.
- Análisis de muestra: se analizó la muestra obtenida, en el laboratorio de análisis de suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de analizar los micro y macro nutrientes obtenidos y la calidad del compostaje.

El diagrama de flujo de proceso se complementa la descripción del proceso de elaboración de lombricompost a partir de residuos sólidos orgánicos.

Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de la muestra 4



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio®.

2.7.4.3. Resultados

Se presenta los costos de producción de la elaboración de la muestra 4.

Tabla XXXVI. **Especificaciones de lombricompost de la muestra 4**

Especificaciones	Presentación muestra	453 g
	pH	7,7
Parámetros de macronutrientes %	Fósforo	0,59
	Potasio	2,38
	Calcio	1,63
	Magnesio	0,48
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre	10,00
	Zinc	95,00
	Hierro	1 850,00
	Manganeso	130,00
	Sodio	1 750,00

Fuente: laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía USAC.

2.7.4.4. Costos

Se presenta los costos de producción de la elaboración de la muestra 4.

Tabla XXXVII. **Costo de la muestra 4**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Libras de residuos	5	Q 0,00	Q 0,00
Canasta plástica calada	1	Q 35,00	Q 35,00
Bolsa plástica negra	1	Q 1,00	Q 1,00
Kilogramos de lombrices	0,5	Q 95,00	Q 47,50
Tiras de papel pH	10	Q 0,50	Q 5,00
Agua (m ³)	0,05	Q 1,12	Q 0,01
Malla metálica (m ²)	0,5	Q 5,00	Q 2,50
Libras de tierra negra	5	Q 2,00	Q 10,00
Mano de obra	1	Q 11,61	Q 11,61
Libras de viruta	5	Q 0,50	Q 2,50
Inversión de muestra			Q 115,12

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

El costo de producción de la muestra 4, es de Q 115,12, donde el rendimiento fue del 50 % donde peso inicial fue de 20 libras y el final de 10 libras de sustrato. El costo unitario fue de Q 11,51.

2.8. Producto final

A partir de una ficha se describe las características generales de proceso, método de aplicación, parámetros fisicoquímicos de las diferentes muestras elaboradas.

2.8.1. Muestra 1. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, avena y tamal

En la ficha técnica de la muestra 1 de sustrato de lombricompost se da una definición del producto, su composición, las especificaciones físicas, las ventajas de aplicación del producto, el modo de aplicación y los parámetros de micro y macronutrientes.

Tabla XXXVIII. **Ficha técnica lombricompost de la muestra 1**

Definición	Método de elaboración de compostaje (abono orgánico) a partir de residuos sólidos orgánicos donde se introduce lombriz coqueta roja (<i>Lumbricus rebusillus</i>).	
Composición	Sustrato elaborado con residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, avena y tamal (restos de cebolla, tomate, avena, chile pimiento, restos de hoja de Maxán, etc.), tierra negra y viruta.	
Especificaciones	Presentación	50 kg
	pH	7,1
Principales ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua. • Aumenta la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada. • Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de quemar las plantas, • Presenta una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta flora bacteriana es la que desempeña las funciones vinculadas a la absorción de nutrientes por las raíces. 	
Modo de aplicación-dosificación	El modo de empleo vendrá determinado según el tipo de planta o cultivo al que vaya ser empleado el lombricompost, el procedimiento a seguir en cada caso es:	
Aplicación	1. Trabajar la tierra con una profundidad de aproximadamente 20 cm	
	2. Añadir el Lombricompost orgánico a razón de 10 kg/m ²	
	3. Repartir y mezclar uniformemente con la tierra	
	4. Regar abundantemente	

Continuación de la tabla XXXVIII.

Parámetros de macronutrientes %	Fosforo (P)	0,22
	Potasio (K)	0,10
	Calcio (Ca)	0,69
	Magnesio (Ma)	0,11
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre (Cu)	10,00
	Zinc (Zn)	60,00
	Hierro (Fe)	1 500,00
	Manganeso (Mn)	140,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

2.8.2. Muestra 2. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera y frijoles charros

En la ficha técnica de la muestra 2, de sustrato de lombricompost, en esta se da una definición del producto, su composición las especificaciones físicas, las ventajas de aplicación del producto, cuál debe ser su modo de aplicación y los parámetros de macronutrientes y micronutrientes.

Tabla XXXIX. **Ficha técnica lombricompost de la muestra 2**

Definición	Método de elaboración de compostaje (abono orgánico) a partir de residuos sólidos orgánicos donde se introduce lombriz coqueta roja (<i>Lumbricus rebus</i>).	
Composición	Sustrato elaborado con residuos sólidos orgánicos de salsa ranchera, frijoles charros (restos de cebolla, tomate, chile pimiento, frijoles charros, etc.), tierra negra, viruta y gallinaza	
Especificaciones	Presentación	50 kg
	pH	7,3

Continuación de la tabla XXXIX.

Principales ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua • Aumenta la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada • Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de quemar las plantas, • Presente una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta flora bacteriana es la que desempeña las funciones vinculadas a la absorción de nutrientes por las raíces 	
Modo de aplicación-dosificación	El modo de empleo vendrá determinado según el tipo de planta o cultivo al que vaya ser aplicado el lombricompost, el procedimiento a seguir en cada caso es:	
Aplicación	1. Trabajar la tierra con una profundidad de aproximadamente 20 cm	
	2. Añadir el Lombricompost orgánico a razón de 10 kg/m ²	
	3. Repartir y mezclar uniformemente con la tierra	
	4. Regar abundantemente	
Parámetros de macronutrientes %	Fosforo (P)	0,56
	Potasio (K)	1,81
	Calcio (Ca)	0,94
	Magnesio (Ma)	0,23
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre (Cu)	35,00
	Zinc (Zn)	190,00
	Hierro (Fe)	580,00
	Manganeso (Mn)	235,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

2.8.3. Muestra 3. Compostaje a partir de la mezcla de residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza y salsa ranchera

En la ficha técnica de la muestra 3 de sustrato de lombricompost se da una definición del producto, su composición las especificaciones físicas, las

ventajas de aplicación del producto, cuál debe ser su modo de aplicación y los parámetros de micro y macronutrientes.

Tabla XL. **Ficha técnica lombricompost de la muestra 3**

Definición	Método de elaboración de compostaje (abono orgánico) a partir de residuos sólidos orgánicos donde se introduce lombriz coqueta roja (<i>Lumbricus rebusillus</i>).	
Composición	Sustrato elaborado con residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza y salsa ranchera (restos de cebolla, tomate, chile pimienta, etc.), tierra negra, viruta y bovinaza	
Especificaciones	Presentación	50 kg
	pH	6,6
Principales ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua • Aumenta la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada • Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de quemar las plantas, • Presente una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta flora bacteriana es la que desempeña las funciones vinculadas a la absorción de nutrientes por las raíces 	
Modo de aplicación-dosificación	El modo de empleo vendrá determinado según el tipo de planta o cultivo al que vaya ser empleado el lombricompost, el procedimiento a seguir en cada caso es:	

Continuación de la tabla XL.

Aplicación	1. Trabajar la tierra con una profundidad de aproximadamente 20 cm	
	2. Añadir el Lombricompost orgánico a razón de 10 kg/m ²	
	3. Repartir y mezclar uniformemente con la tierra	
	4. Regar abundantemente	
Parámetros de macronutrientes %	Fosforo (P)	0,22
	Potasio (K)	0,10
	Calcio (Ca)	0,69
	Magnesio (Ma)	0,11
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre (Cu)	10,00
	Zinc (Zn)	60,00
	Hierro (Fe)	1 500,00
	Manganeso (Mn)	140,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

2.8.4. Muestra 4. Compostaje a partir de mezcla de residuos sólidos orgánicos crudos y cocidos.

En la ficha técnica de la muestra 4 de sustrato de lombricompost se da una definición del producto, su composición, las especificaciones físicas, las ventajas de aplicación del producto, cuál debe ser su modo de aplicación y los parámetros de micro y macronutrientes.

Tabla XLI. **Ficha técnica lombricompost de la muestra 4**

Definición	Método de elaboración de compostaje (abono orgánico) a partir de residuos sólidos orgánicos donde se introduce lombriz coqueta roja (<i>Lumbricus rebus</i>).	
Composición	Sustrato elaborado con residuos sólidos orgánicos de salsa para pizza, salsa ranchera, avena y frijoles charros (restos de cebolla, tomate, chile pimiento, restos de avena, restos de frijoles charros, entre otros), tierra negra y viruta	
Especificaciones	Presentación	50 kg
	pH	7,7
Principales ventajas	<p>Proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua</p> <p>Aumenta la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada</p> <p>Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de quemar las plantas,</p> <p>Presente una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta flora bacteriana es la que desempeña las funciones vinculadas a la absorción de nutrientes por las raíces</p>	
Modo de aplicación-dosificación	El modo de empleo vendrá determinado según el tipo de planta o cultivo al que vaya ser empleado el lombricompost, el procedimiento a seguir en cada caso es:	
Aplicación	1. Trabajar la tierra con una profundidad de aproximadamente 20 cm	
	2. Añadir el Lombricompost orgánico a razón de 10 kg/m ²	
	3. Repartir y mezclar uniformemente con la tierra	
	4. Regar abundantemente	

Continuación de la tabla XLI.

Parámetros de macronutrientes %	Fosforo (P)	0,59
	Potasio (K)	2,38
	Calcio (Ca)	1,63
	Magnesio (Ma)	0,48
Parámetros de micronutrientes PPM	Cobre (Cu)	10,00
	Zinc (Zn)	95,00
	Hierro (Fe)	1 850,00
	Manganeso (Mn)	130,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

2.9. Costos de la propuesta

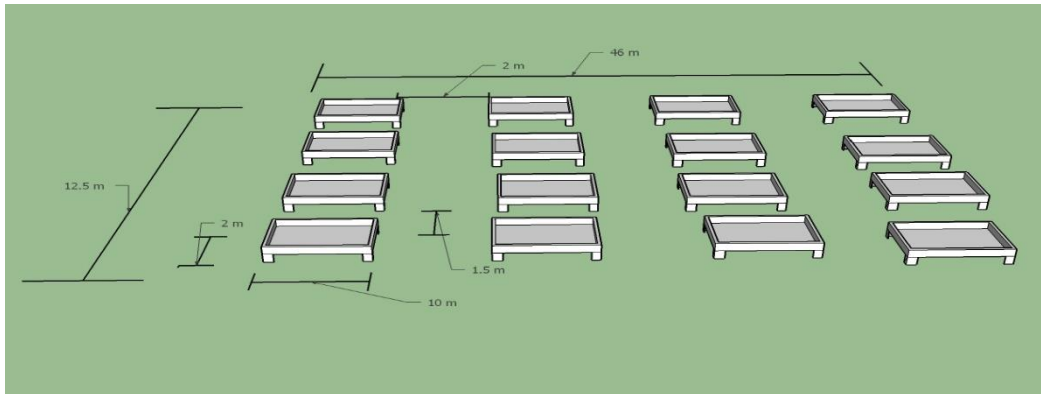
- Infraestructura

La infraestructura del área de compostaje propuesta consiste en 2 secciones que albergarán 16 cunas en total en las cuales se elabora el sustrato de compostaje. Este tendrá la capacidad de producción de 10 112,54 kg/mes de sustrato inicial con una eficiencia del 55 % que da como resultado un 5 561,83 kg/mes de producto final de compostaje. Con esta producción se necesitan 12 cunas, cada cuna está elaborada de pino, con fondo de malla metálica y con nailon negro para evitar la acumulación de lixiviado y agua en el sustrato. Las dimensiones de las cunas son de 2,5 m de ancho, 10,0 m de largo, y una altura de 0,5 m.

Cada una tendrá la capacidad de contener 491,36 kg de producto inicial, deben de estar diseñadas con un espacio suficiente para aprovechar todo el

desecho. El espacio entre cunas debe ser de 1,5 m, con el fin de facilitar el movimiento de los operarios y la recolección del lixiviado que cada cuna genere.

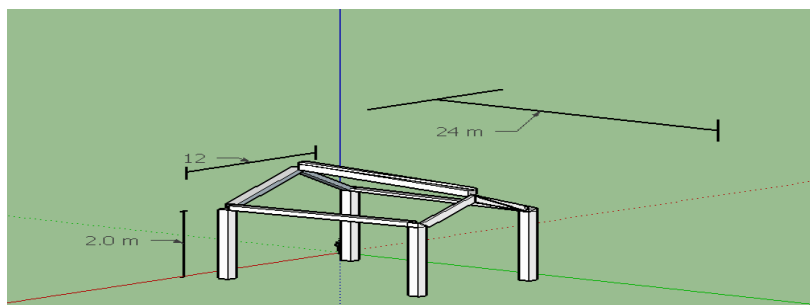
Figura 19. **Distribución de cunas de compostaje**



Fuente: elaboración propia, empleando Sketchup Make. 2015

En cada área de compostaje su estructura será de vigas de acero, el techo será de nailon para proteger las cunas de lluvia o contaminación alguna que afecte el proceso de compostaje, con las dimensiones de 12,00 m de ancho, 1,50 m de alto por 24,00 m de largo. Con un techo de agua que será de 0,30 metros y una viga de 6,00 metros de largo.

Figura 20. **Área de compostaje**



Fuente: elaboración propia, empleando Sketchup Make. 2015.

- Maquinaria y equipo

La maquinaria y equipo que se describe a continuación es la que se necesita para llevar a cabo el proyecto de compostaje.

- Trituradora de residuos vegetales: equipo diseñado para triturar o picar desechos orgánicos, cuenta con una tolva inclinada de alimentación, 4 cuchillas de corte y además es utilizada para la pulverización de gallinaza o bovinaza, entre otros. Se describen las especificaciones.

Tabla XLII. **Especificaciones de trituradora de residuos vegetales**

Descripción	Especificaciones
Modela	Trituradora TRP-11
Producción Kg/h	2000-3000
Potencia	12-20 HP
Peso	140 kg
Precio	Q. 15 000,00

Fuente: PENAGOS HERMANOS. *Maquinaria agroindustrial*. 2017.

Figura 21. Trituradora de residuos vegetales



Fuente. PENAGOS HERMANDOS. *Maquinaria agroindustrial*. 2017.

- Tamiz giratorio para clasificar biomasa: equipo separador que clasifica y separa el sustrato en un tamaño de partícula estandarizada, del tamaño 40X40 mm. Se describen las especificaciones.

Tabla XLIII. Especificaciones tamiz giratorio para biomasa

Descripción	Especificaciones
Modela	Tamiz rotativo para biomas CLR 1200x3000
Producción m ³ /h	18
Potencia	1-2 HP
Peso	120 Kg
Precio	Q. 12 000,00

Fuente: LIPPEL. *Maquinaria agroindustrial*. 2017.

Figura 22. **Tamiz giratorio para biomasa**



Fuente: LIPPEL. *Maquinaria agroindustrial*. 2017.

- Cunas de madera: su función es la de contener la mezcla de sustrato de compostaje, con dimensiones de 10 metros de largo, 1,50 metros de ancho y 0,50 metros de altura. En la tabla XLII se describen las especificaciones.

Tabla XLIV. **Especificaciones de cunas para sustrato**

Descripción	Especificaciones
Material de cunas	Madera
Dimensiones	10,00x2,50x0,50 m

Fuente: elaboración propia.

- Mangueras de riego: tiene como función agregar agua, mantener la humedad y regular la temperatura del sustrato de compostaje. En la tabla XLV se describen las especificaciones.

Tabla XLV. **Especificaciones de manguera**

Descripción	Especificaciones
Manguera	Tipo industrial
Material	Goma CR resistente al calor, grasas y envejecimiento
Temperatura	-15 a +90 °C
Diámetro	102 mm
Longitud	50-100 m
Diámetro	102 mm
Costo	Q. 125,00

Fuente: Mangueras industriales S. A.

Figura 23. **Manguera de goma**



Fuente: Mangueras industriales S. A.

- Palas: herramienta que se utilizara para la extracción, homogenización y llenado de sacos de sustrato de compostaje, esta puede ser de metal con mango de madera o metal. En la tabla XLVI se describen las especificaciones.

Tabla XLVI. **Especificaciones de palas**

Descripción	Especificaciones
Pala	Tipo industrial
Material	Mango de madera y lamina de metal
Longitud	1 a 1,2 m
Costo	Q. 80,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Pala para manejo de residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

- Tensiómetro: equipo utilizado para la medición de la humedad de la tierra, este responde a los cambios en la tensión del agua en el suelo (es decir determina los cambios en el contenido de humedad en el suelo), en la XLVII se describen las especificaciones.

Tabla XLVII. **Especificaciones de tensiómetro**

Descripción	Especificaciones
Modelo	Tensiómetro SR
Longitud estándar	6"
Costo	Q. 800,00-Q 1 200,00

Fuente. Inverflohora S. A.

Figura 25. **Tensiómetro SR**



Fuente. Inverflohora S. A.

- Guantes industriales: equipo de seguridad industrial utilizado para la protección de los dedos y manos, contra cortes, este se utilizará en el uso de la trituradora de desechos vegetales. En la tabla XLVIII se describen las especificaciones.

Tabla XLVIII. **Especificaciones de guantes industriales**

Descripción	Especificaciones
Guante textil	Guante tipo algodón con látex, Showa 303
Talla	10
Uso	Resistente a cortes
Costo	Q. 25,00 – Q. 500,00

Fuente: ELEX S. A.

Figura 26. **Guantes industriales**



Fuente. ELEX S. A.

- Papel tornasol o papel pH: es utilizado para medir la concentración de iones hidrógenos contenido en una sustancia o disolución. Mediante la escala de pH, la cual es clasificada en distintos colores.

Figura 27. **Papel tornasol o papel pH**



Fuente: elaboración propia.

- Cosedora de sacos: equipo utilizado para realizar el sellado de sacos que contendrán el lombricompost para la protección y contención del mismo. En la tabla XLIX se describen las especificaciones.

Tabla XLIX. **Cosedora industrial de sacos**

Descripción	Especificaciones
Cosedora de sacos	Marca Sibura
Potencia	1 HP
Uso	Seccionado de sacos industriales
Costo	Q. 5 000,00

Fuente: ELEX S. A.

Figura 28. **Cosedora de sacos industrial**



Fuente. KLIMP AMERICA, S. A.

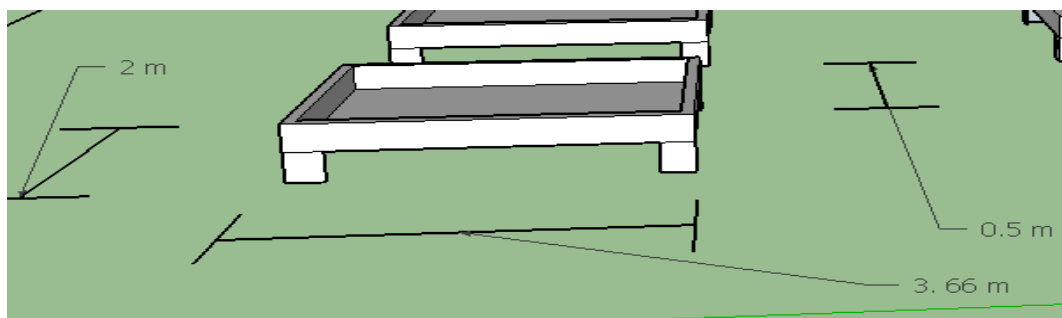
- Botas de hule: equipo utilizado para la protección de pies de los operarios
- Tamiz de malla: equipo utilizado para la extracción de lombrices de compostaje.

Los costos de la propuesta del proyecto de compostaje para la empresa ALPAK, S. A., se estima para un periodo de un año.

- Costos de cunas de compostaje

Las cunas de compostaje serán de madera de pino y estarán a nivel del suelo con una pendiente para facilitar el drenado de lixiviado, en el fondo tendrán malla metálica y nylon negro para soportar el peso del sustrato y evitar la fuga de las lombrices. En la tabla XLVII se describen las dimensiones.

Figura 29. **Especificaciones de cuna de compostaje**



Fuente: elaboración propia, empleando Sketchup 2015.

Tabla L. **Dimensiones de cuna de compostaje**

Lados	Dimensiones
Ancho	2.00 m
Largo	3.66 m
Altura	0.50 m
Costo	Q. 113.76

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

Estará elaborada por 4 tablas de $\frac{3}{4}$ de pulgadas de grosor, con un ancho estándar de cada tabla de 0,34 m, serán dos tablas de 2,00 m de largo y dos tablas de 3,66 m de largo, teniendo en cuenta que se construirá de madera de pino a un costo de Q 5,50 el pie tablar, en la tabla XLVIII se describen los costos.

Tabla LI. **Costo de pie tablar de tablas de pino**

No.	Ancho (pie)	Largo (pie)	Grosor (pie)	pies tablares	Costo total
2	1	12	0,0625	1,50	Q 8,25
2	1	6,56	0,0625	0,82	Q 4,51

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

Se necesitarán 6 tablones para elevar la cuna 0,50 m respecto al suelo estas tienen un costo de Q 5,00 c/u, cada tablón será de 1 pulgada de grosor por 1 pulgada de ancho, y un largo de 0,30 metros, además de malla metálica como fondo de la cuna, a un costo de Q 5,50/m². Se necesitan 7,50 m² por cuna. A continuación, se describen los costos de la cuna de compostaje.

Tabla LII. **Costo por cuna de compostaje**

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Madera	Pies tablares	2,32	Q 5,50	Q 12,76
Tablones	Und	6	Q 4,50	Q 27,00
Malla metálica	m ²	7,50	Q 3,50	Q 26,25
Clavos	Und	20	Q 0,20	Q 4,00
Nylon negro	m ²	7,50	Q 2,50	Q 18,75
Mano de obra			Q 25,00	Q 25,00
Total				Q 113,76

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo de cada cuna se establece de Q 113,76, cada área de compostaje albergara 16 cunas y en total son 2 áreas de compostaje, dando un costo total de Q 3 640,32 de inversión inicial para la construcción de cunas.

- Infraestructura de compostaje

La estructura será de vigas de acero y techo de nylon semejante a un invernadero, sin paredes, la vida útil está estimada de 30 a 50 años dependiendo del mantenimiento, tiempo o clima y condiciones a la que sea sometida. El techo será diseñado de dos aguas con un ángulo de 20° a 25°, una altura de 1,50 m, 48,00 m de largo por 14,00 m de ancho. La estructura de vigas de acero de cada área contará con tres vigas de largo con 24,00 m de largo, 4 vigas de 1,50 m de largo y 4 vigas de 6,00 m de largo. A continuación, se describen los costos:

Tabla LIII. **Costo de infraestructura de compostaje**

Costo de infraestructura	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Vigas de acero de 12 m	Und	6	Q 1 500,00	Q 9 000,00
Vigas de acero de 6 m	Und	8	Q 800,00	Q 6 400,00
Vigas de acero de 15 m	Unid	8	Q 500,00	Q 4 000,00
Soldadura			Q 500,00	Q 500,00
Nylon negro	m ²	576	Q 2,50	Q 1 440,00
Mano de obra			Q 1 500,00	Q 1 500,00
Total				Q 22 840,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo de cada área de compostaje será de Q. 11 420,00, se construirán un total de 2 áreas de compostaje a un precio de Q. 22 840,00.

- Costo de maquinaria y equipo.

Se presenta el costo de la maquinaria en la tabla LIV.

Tabla LIV. **Costo de maquinaria y equipo**

Costo de maquinaria y equipo	Capacidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Cunas de compostaje	0,35 m ³	32	Q 113,76	Q 3 640,32
Trituradora de residuo	2 000-3 000 kg/h	1	Q 15 000,00	Q 15 000,00
Tamiz giratorio	18 m ³ /h	1	Q 12 000,00	Q12 000,00
Manguera	100 m	1	Q 125,00	Q 125,00
Pala industrial		2	Q 160,00	Q 320,00
Cosedora industrial de sacos		1	Q 5 000,00	Q 5 000,00
Tensiómetro		1	Q 800,00	Q 800,00
Total				Q 36 885,32

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo total de inversión en maquinaria y equipo asciende a un monto de Q 36 885,32.

- Costo del equipo de protección personal

El equipo de protección del personal operativo consiste en guantes, lentes y botas de hule. A continuación, se describen los costos.

Tabla LV. **Costo de equipo de personal**

Costo de equipo de personal	Pago unitario	Unidad	Costo total
Guantes industriales	Q 25,00	4	Q100,00
Botas de hule	Q 50,00	4	Q 200,00
Lentes industriales	Q 30,00	4	Q 120,00
Total anual			Q 420,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El monto de costo de equipo de personal asciende a un monto de Q. 420,00.

- Costo de mano de obra, administración y ventas

El costo de mano de obra fue calculado para 2 personas, un encargado de proyecto y un encargado de ventas y distribución del producto de tiempo completo en una jornada diurna de 8 horas. Se detallan los costos.

Tabla LVI. **Costo de mano de obra y administración**

Costo de mano de obra y administración	Pago unitario	Unidad	Costo total
Operarios	Q 2 760,36	2	Q 66 248,64
Encargado de Proyecto	Q 3 200,00	1	Q 38 400,00
Teléfono			Q 1 000,00
Servicios públicos			Q 1 500,00
Suministros de oficina			Q 400,00
Total anual			Q 107 548,64

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo fijo de mano de obra y administración asciende a un monto anual de Q 107 548,64.

Tabla LVII. **Costo de distribución y ventas**

Costo de distribución y ventas	Pago unitario	Unidad	Costo total
Vendedores	Q 2,760,36	1	Q 33 124,32
Alquiler de área			Q 6 000,00
Teléfono			Q 1 000,00
Servicios públicos			Q 1 500,00
Suministros de oficina			Q 500,00
Total anual			Q 42 124,32

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo fijo de distribución y ventas asciende a un monto anual de Q 42 124,32, contratando a un vendedor.

- Costos variables de producción: asumiendo una producción de 8 500 sacos de compostaje en presentación de 10 kg, se calcula los costos variables de producción y empaque del año 1 al año 5.

Tabla LVIII. **Costo de producción de año 1 al año 5**

Año 1				
Sacos	8 500			
kg a producir	85 000	Rendimiento	50 %	
Costo variables				
Insumos	Formulación	Kg totales	Costo unitario	Costo total
Kg de residuos	44,30 %	75 258,24	Q 0,82	Q 61 574,92
Kg de lombrices	1,10 %	1 839,65	Q 9,00	Q 16 556,81
kg agua	0,50 %	919,82	Q 0,03	Q 23,00
Kg de tierra negra	29,50 %	50 172,16	Q 0,75	Q 37 629,12
Kg de viruta	24,60 %	41 810,13	Q 0,25	Q 10 452,53
Total				Q 126 236,38
Costo de empaque				
Insumos	Unidad	Costo unitario	Costo total	
Saco (10 Kg)	8 500	Q 0,80	Q 6 800,00	
Cáñamo	8 500	Q 0,05	Q 425,00	
Etiqueta	8 500	Q 0,20	Q 1 700,00	
Total			Q 8 925,00	
Año 2				
Unidades	9 775			
kg a producir	97 750	Rendimiento	50%	
Insumos	Formulación	Kg totales	Costo unitario	Costo total
Kg de residuos	44,30 %	86 546,97	Q 0,82	Q 70 811,16
Kg de lombrices	1,10 %	2 115,59	Q 9,00	Q 19 040,33
kg agua	0,50 %	1 057,80	Q 0,03	Q 26,44
Kg de tierra negra	29,50 %	57 697,98	Q 0,75	Q 43 273,49
Kg de viruta	24,60 %	48 081,65	Q 0,25	Q 12 020,41
Total				Q 145 171,84
Costo de empaque				
Insumos	Unidad	Costo unitario	Costo total	
Saco (10 kg)	9 775	Q 0,80	Q 7 820,00	
Cáñamo	9 775	Q 0,05	Q 488,75	
Etiqueta	9 775	Q 0,20	Q 1 955,00	
Total			Q 10 263,75	

Continuación de la tabla LVIII.

Año 3				
Unidades	11 241			
kg a producir	112 412,50	Rendimiento	50%	
	Formulación	Kg totales	Costo unitario	Costo total
Kg de residuos	44,30 %	99 529,02	Q 0,82	Q 81 432,84
Kg de lombrices	1,10 %	2 432,93	Q 9,00	Q 21 896,38
kg agua	0,50 %	5 620,63	Q 0,03	Q 140,52
Kg de tierra negra	29,50 %	66 352,68	Q 0,75	Q 9 764,51
Kg de viruta	24,60 %	56 206,25	Q 0,25	Q 14 051,56
Total				Q 67 285,81
Costo de empaque				
Insumos	Unidad	Costo unitario	Costo total	
Saco (10 kg)	11 241	Q 0,80	Q 8 993,00	
Cáñamo	11 241	Q 0,05	Q 562,06	
Etiqueta	11 241	Q 0,20	Q 2 248,25	
Total			Q 11 803,31	
Año 4				
Unidades	12 927			
kg a producir	129 274,38	Rendimiento	50%	
Insumos	Formulación	Kg totales	Costo unitario	Costo total
Kg de residuos	44,30 %	114 458,37	Q 0,82	Q 93 647,76
Kg de lombrices	1,10 %	2 797,87	Q 9,00	Q 25 180,84
kg agua	0,50 %	6 463,72	Q 0,03	Q 161,59
Kg de tierra negra	29,50 %	76 305,58	Q 0,75	Q 57 229,19
Kg de viruta	24,60 %	64 637,19	Q 0,25	Q 16 159,30
Total				Q 192 378,68

Continuación de la tabla LVIII.

Costo de empaque				
Insumos	Unidad	Costo unitario	Costo total	
Saco (10 kg)	12 927	Q 0,80	Q 10 341,95	
Cáñamo	12 927	Q 0,05	Q 646,37	
Etiqueta	12 927	Q 0,20	Q 2 585,49	
Total			Q 13 573,81	
Año 5				
Unidades	14 867			
kg a producir	148 665,53	Rendimiento	50,00 %	
Insumos	Formulación	Kg totales	Costo unitario	Costo total
Kg de residuos	44,30 %	131 627,13	Q 0,82	Q 7 694,92
Kg de lombrices	1,10 %	3 217,55	Q 9,00	Q 28 957,97
kg agua	0,50 %	1 608,78	Q 0,03	Q 40,22
Kg de tierra negra	29,50 %	87 751,42	Q 0,75	Q 65 813,57
Kg de viruta	24,60 %	73 126,18	Q 0,25	Q 18 281,55
Total				Q 220 788,22
Costo de empaque				
Insumos	Unidad	Costo unitario	Costo total	
Saco (10 kg)	14 867	Q 0,80	Q 11 893,24	
Cáñamo	14 867	Q 0,05	Q 743,33	
Etiqueta	14 867	Q 0,20	Q 2 973,31	
Total			Q 15 609,88	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

Los costos variables de cada año se estiman con una producción a partir del año 1 de 8 500 sacos de lombricompost, y tendrá un aumento de producción del 15 % anual respecto al año anterior.

- Flujo de caja proyectado

A partir del flujo de caja proyectado se determinará el comportamiento de los ingresos y egresos del proyecto en un periodo de tiempo de 5 años.

- Flujo de caja proyectado

A partir del flujo de caja proyectado se determinará el comportamiento de los ingresos y egresos del proyecto en un periodo de tiempo de 5 años, utilizando una tasa de descuento anual del 22,56 %, el cual se muestra en tabla LVIII.

Tabla LIX. **Flujo de caja proyectado**

Actividad	Año					
	0	1	2	3	4	5
Flujos acumulados		(Q60 145,32)	Q10 048,61	Q 94 127,62	Q187 414,92	Q 286 700,31
Ingresos		Q82 500,00	Q439 875,00	Q 505 856,25	Q581 734,69	Q 668 994,89
Ventas		Q382 500,00	Q439 875,00	Q 505 856,25	Q581 734,69	Q 668 994,89
Préstamo	Q60 145,32					
Egresos	(Q60 145,32)	Q370 240,70	Q314 731,80	Q 336 460,68	Q361 784,33	Q 390 998,17
Costos variables		Q135 161,38	Q155 435,59	Q 179 089,12	Q205 952,49	Q 236 398,10
Costos fijos		Q149 672,96	Q149 672,96	Q 149 672,96	Q149 672,96	Q 149 672,96
Depreciación		Q12 029,06	Q9 623,25	Q 7 698,60	Q 6 158,88	Q 4 927,10
Intereses		Q13 231,97				
Amortizaciones		Q60 145,32				
Utilidad neta	Q(60 145,32)	Q12 259,30	Q125 143,20	Q 169 395,57	Q219,950.36	Q 277 996,72
Utilidad neta actual	Q(60 145,32)	Q10 048,61	Q84 079,01	Q 93 287,31	Q 99,285.39	Q 102 858,58

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El flujo de efectivo proyectado indica que, a partir del año 1, se tendrá con una producción inicial de 8 500 sacos de lombricompost y un aumento de producción del 15 % anual, una utilidad neta actual positiva y se pagará el préstamo en el primer año.

- Indicadores financieros

Los indicadores financieros con un criterio de inversión, el Valor Actual Neto (VAN) consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión, la Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece la inversión y la relación

beneficio-costo, nos muestra cuales son los beneficios por cada quetzal que se invierte en el proyecto.

Tabla LX. Indicadores financieros

Valor Actual Neto	Q 329 413,57
Tasa Interna de Retorno (TIR)	123 %
VAN Ingresos	Q 1 397 760,70
VAN Egresos	Q 948 056,49
Relación beneficio/costo	Q 1,47

Fuente: elaboración propia con Microsoft Word®.

Con una tasa de interés del 22 %, arriba de la tasa que el BANGUAT recomienda que es del 13,07 % para el año 2018. El valor actual neto obtenido del proyecto asciende a una cantidad de Q 329 413,57 en un período de 5 años, en la tasa interna de retoro se obtiene una TIR del 123 %, y con la relación beneficio costo que se obtuvo en el proyecto que asciende a Q 1,47 indica que por cada quetzal invertido se recupera y se gana Q 0,47, por lo cual el proyecto es rentable.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA

3.1. Situación actual de la empresa

La gestión de los recursos energéticos dentro de una planta procesadora de alimentos es importante, debido a que influyen en la reducción de costos mediante la creación de sistemas que administran eficientemente la energía. Por otra parte, también inculcan en los colaboradores una cultura de ahorro energético.

Para realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa se utilizó un diagrama de causa-efecto clasificando las causas en las siguientes categorías:

- Mano de obra: en la planta de producción se identificaron con respecto a la mano de obra, las siguientes causas:
 - Hábitos de uso: debido a la cultura organizacional interna, los colaboradores se han habituado al uso irresponsable de los recursos energéticos.
 - La falta de concientización: la empresa ha carecido de administración adecuada que permita establecer dentro de la planta de producción estándares de uso responsable de los recursos energéticos, también la supervisión y control correspondiente.

- Maquinaria: en la planta de producción se identificaron con respecto a maquinaria, las siguientes causas:

- Mantenimiento: la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento predictivo–preventivo, lo cual repercute en la eficiencia de las maquinarias utilizadas y en el sistema de distribución eléctrica dentro de la planta de procesamiento.
 - Uso inadecuado: la empresa no cuenta con un plan de capacitación del uso del equipo disponible, por lo que se pudo observar un uso ineficiente de la maquinaria disponible.
 - Tiempo de maquinaria cumplido: la empresa no ha renovado su infraestructura eléctrica, ni tampoco el equipo disponible; por lo que cuenta con maquinaria obsoleta e ineficiente.
- Medio: en la planta de producción se identificaron con respecto a medio, las siguientes causas:
 - Falta de diversidad energética: la empresa no cuenta con fuentes alternativas de energía y depende exclusivamente del servicio eléctrico proporcionado por EEGSA.
 - Iluminación natural desaprovechada: la empresa a pesar de contar con un techo traslúcido, la luz natural no es aprovechada por la falta de mantenimiento a la infraestructura de la planta de producción.
- Materiales: en la planta de producción se identificaron con respecto a materiales, las siguientes causas:
 - Materia prima estacionaria: debido a la característica propia de las materias primas y del producto terminado, es exclusivamente necesario el uso de sistemas de refrigeración para alargar la vida de anaquel tanto de las materias primas como del producto terminado.
 - Costo de materia prima: para la empresa la pérdida de las materias primas representa un costo demasiado alto en logística y la entrega del producto terminado, por lo que cuenta con cuartos fríos que

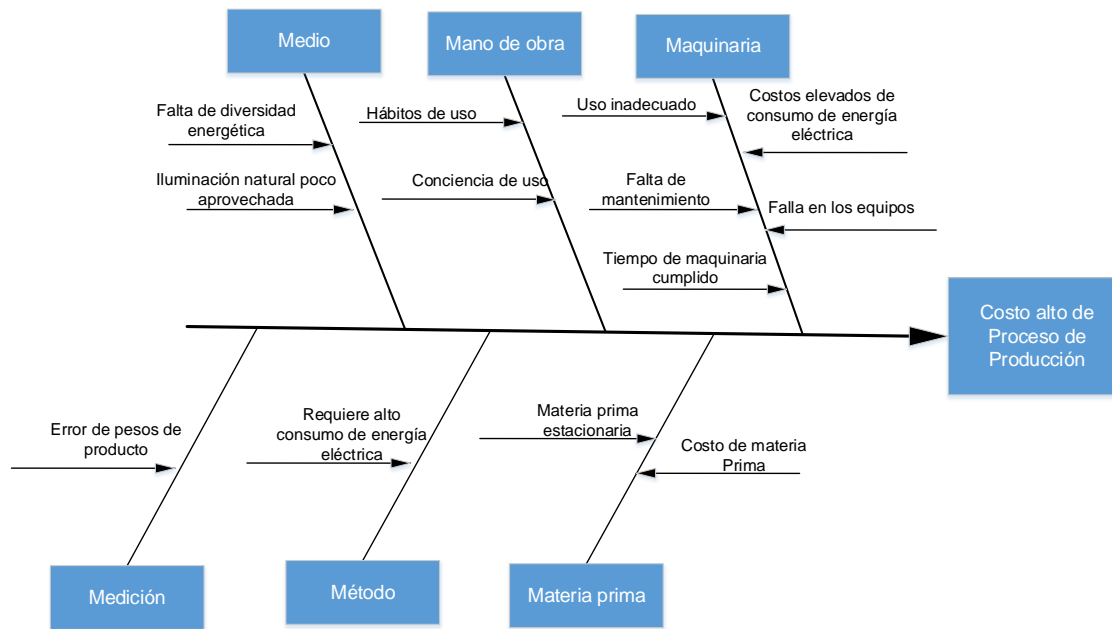
cumplen que alarguen la vida de anaquel, mas, sin embargo, dichos cuartos están diseñados de manera ineficiente repercutiendo directamente en el consumo de energía eléctrica dentro de la planta de producción.

- Métodos de trabajo: en la planta de producción se identificaron con respecto a métodos, las siguientes causas:
 - Requerimiento alto de consumo eléctrico: debido a la naturaleza de los procesos productivos. La planta cuenta con una gran diversidad de equipos y maquinarias que dependen en su mayoría de energía eléctrica para funcionar, lo cual incrementa la demanda y a su vez los costos energéticos.

- Medición: en la planta de producción se identificaron con respecto a medio, las siguientes causas:
 - Error de pesos de producto: la falta de calibración y debido a que el pesado se realiza de forma manual, se deben de realizar reajustes o incluso reprocesos en las líneas de producción lo que repercute directamente en las horas de uso de la maquinaria disponible.

El efecto identificado es el de alto costo en proceso de producción por el uso ineficiente de los recursos energéticos. En la figura 30 se presenta el diagrama de causa –efecto del proceso de producción.

Figura 30. **Diagrama causa-efecto, del alto costo del proceso de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio ®.

3.2. Consumo de energía eléctrica de maquinaria en kW/h

Para la cuantificación del consumo de energía se realizó un test de consumo. El análisis fue delimitado para la maquinaria y equipo dentro del área de producción además del almacén de producto terminado y materia prima. Primero, se identificó el tiempo de trabajo promedio y las especificaciones técnicas de potencia y el voltaje requerido por equipo. En la siguiente tabla se presenta el consumo de energía eléctrica de maquinaria o equipo.

Tabla LXI. Consumo de energía eléctrica de la maquinaria y equipo

Máquina o equipo		Potencia en kW	Horas de uso diario	No. de equipo o máquinas	Total de consumo kW
Autoclave		0,00	0	1	0,00
Cuarto frio		0,00	24	2	0,00
Procesadora de verduras		0,11	0,5	1	0,06
Compresor		0,22	2	1	0,44
Molino		3,70	0,2	1	0,74
Uscher		0,22	4	1	0,88
Licuadora industrial		1,10	0,8	1	0,88
Caldera	Control de Caldera	0,12	8	1	0,92
	Motor de Caldera	0,12	8	1	0,92
Cutter		0,22	4,5	1	0,99
Selladora de mano		0,11	4	3	1,32
Selladora de patada		0,11	6,5	2	1,43
Marmita 1	Agitador 1	0,23	7	1	1,61
	Agitador 2	0,23	7	1	1,61
Marmita 2	Agitador 1	0,23	7	1	1,61
	Agitador 2	0,23	7	1	1,61
Marmita 3	Agitador 1	0,23	7	1	1,61
	Agitador 2	0,23	7	1	1,61
Balanza analítica		0,11	8	3	2,64
Bombas de agua		0,11	10	3	3,30
Campana de extracción		0,22	8	2	3,52
Tanque de enfriamiento		0,23	22	1	5,06
Lámparas led		0,11	22	14	33,88
Total					66,64

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

El total del consumo eléctrico obtenido es de 66,64 kW/h. A partir de la cuantificación de consumo eléctrico se determinó el porcentaje de gasto que representa cada máquina o equipo en el consumo total.

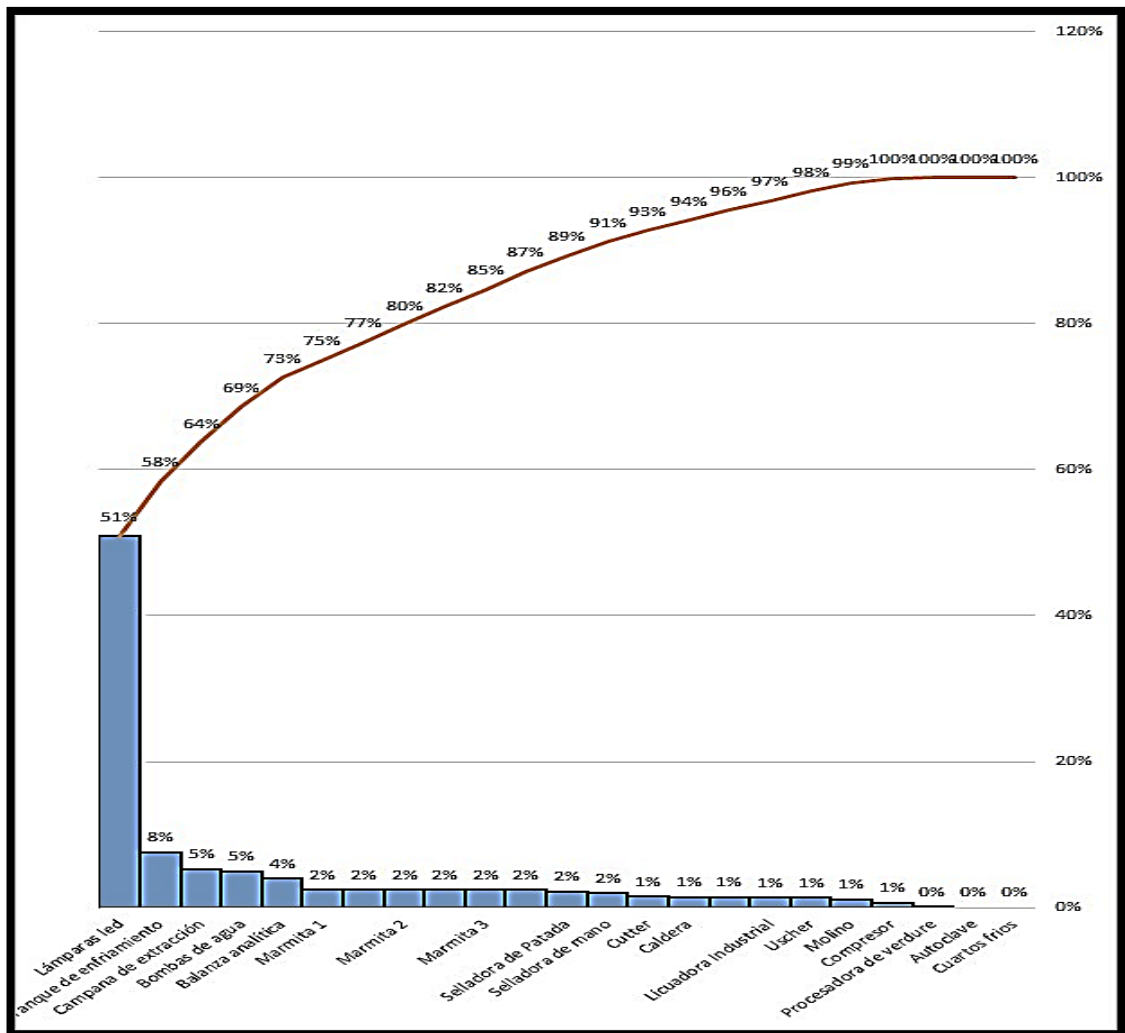
Tabla LXII. **Porcentaje de representación de gasto de energía**

Máquina o equipo		Porcentaje individual	Porcentaje acumulado
Autoclave		0,00 %	0,00 %
Cuartos fríos		0,00 %	0,00 %
Procesadora de verdura		0,08 %	0,08 %
Compresor		0,66 %	0,74 %
Molino		1,11 %	1,85 %
Uscher		1,32 %	3,17 %
Licuada Industrial		1,33 %	4,50 %
Caldera	Control de Caldera	1,38 %	5,88 %
	Motor de Caldera	1,38 %	7,26 %
Cutter		1,49 %	8,75 %
Selladora de mano		1,98 %	10,73 %
Selladora de Patada		2,15 %	12,87 %
Marmita 1	Agitador 1	2,42 %	15,29 %
	Agitador 2	2,42 %	17,70 %
Marmita 2	Agitador 1	2,42 %	20,12 %
	Agitador 2	2,42 %	22,54 %
Marmita 3	Agitador 1	2,42 %	24,95 %
	Agitador 2	2,42 %	27,37 %
Balanza analítica		3,96 %	31,33 %
Bombas de agua		4,95 %	36,28 %
Campana de extracción		5,28 %	41,57 %
Tanque de enfriamiento		7,59 %	49,16 %
Lámparas led		50,84 %	100,00 %
Total		100,00 %	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

A partir de los resultados obtenidos, se determina que los responsables del 80 % del consumo eléctrico de la planta son las balanzas analíticas, las bombas de agua, las campanas de extracción y el tanque de enfriamiento y las lámparas led.

Figura 31. Diagrama de Pareto de consumo de energía eléctrica



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel ®.

3.3. Costo del consumo actual de energía eléctrica

La empresa proporcionó los datos de consumo de energía eléctrica dentro del área de producción y almacén de productos, del año 2017 al 2018, siendo los meses de octubre, noviembre y diciembre los que mayor índice de consumo de energía eléctrica.

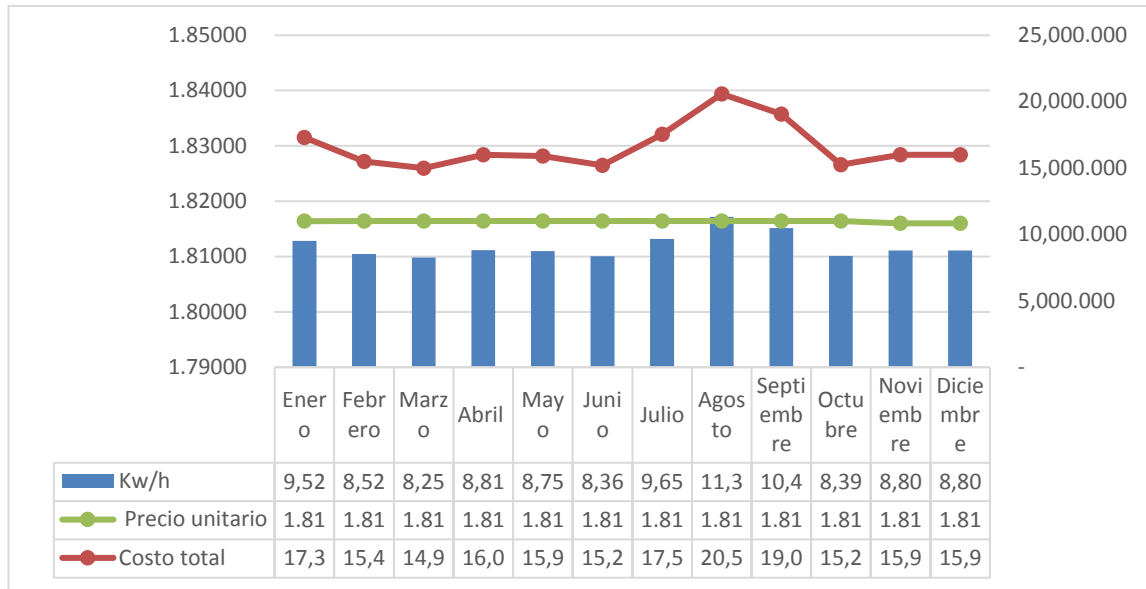
Tabla LXIII. Consumo eléctrico año 2017-2018

Mes	kW	Costo total
Abril 2017	9 524,33	Q. 17 300,00
Mayo 2017	8 527,86	Q. 15 490,00
Junio 2017	8253,69	Q. 14 992,00
Julio 2017	8 813,20	Q. 16 008,30
Agosto 2017	8 753,61	Q. 15 900,05
Septiembre 2017	8 368,37	Q. 15 200,30
Octubre 2017	9 652,56	Q. 17 532,90
Noviembre 2017	11 331,26	Q. 20 582,10
Diciembre 2017	10 491,63	Q. 19 057,00
Enero 2018	8 393,53	Q. 15 246,00
Febrero 2018	8 805,07	Q. 15 990,00
Marzo 2018	8 805,07	Q. 15 990,00
Total	100 915,06	Q.183 298,70

Fuente. ALPAK, S. A.

En la siguiente se muestra el costo de consumo eléctrico por mes. Se observa que el mayor consumo de energía eléctrica son los meses de octubre, noviembre y diciembre, debido a la alta demanda de producción y en promedio el costo unitario de Q1,81 kW.

Figura 32. Costo de consumo eléctrico año 2017 al 2018



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel ®.

3.4. Plan de ahorro de consumo de energía eléctrica

La propuesta del plan de ahorro plantea el uso de paneles solares para cubrir una parte de la demanda de energía eléctrica de la maquinaria o equipo. Esta propuesta se considera como una alternativa de producción más limpia.

Por otra parte, el plan también busca enfocarse en la capacitación del personal, así como su concientización para disminuir las mala prácticas de uso de energía. En las siguientes secciones se presenta, en primer lugar, el ahorro del costo energético por la implementación del sistema de paneles solares y también la planificación para llevar a cabo dicha propuesta.

3.4.1. Estimación de ahorro de consumo energético

En primer lugar, se busca establecer la media de consumo energético por mes, para lo cual se procedió a determinar la esperanza matemática con un intervalo de confianza del 95 % y se supuso un comportamiento de la data de *t de student*.

La media obtenida fue de:

$$E(x) = \frac{\sum x_i}{n} = Q 16 607,25$$

Donde:

- E(x) es la esperanza matemática
- n el tamaño de la muestra
- x_i el costo de consumo eléctrico en el mes i

La desviación estándar de la muestra fue de:

$$\sigma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \pm Q 1 717,51$$

Donde:

- σ es la desviación estándar
- n el tamaño de la muestra
- x_i el costo de consumo eléctrico en el mes i

Con base a la información recopilada, se procedió a determinar los intervalos de confianza para el costo mensual. El resultado obtenido queda descrito en la siguiente tabla.

Tabla LXIV. **Intervalo de confianza para consumo energético**

Media	Q 16 607,39
Desviación estándar	Q 1 717,51
Tamaño	12
Límite superior (+)	Q 17 698,64
Límite inferior (-)	Q 15 516,14

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel ®.

Como lo muestra la tabla anterior, en promedio se esperaría que el costo total por mes de consumo energético es de Q 16 607,39 ± Q 1 091,25 por mes con un nivel de confianza del 95 %. Se determinó que el costo diario esperado es de:

$$Q 16 607,39 \left(\frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dia}} \right) = 553,57 \text{ Q/dia}$$

El sistema propuesto que consiste en un Micro Inversor Generador proporciona una generación de 60 kW, por día de trabajo, que el consumo total por día de maquinaria y equipo es de 66,65 kW/h, se estimó que:

$$\% \text{ de cobertura} = \left(\frac{60 \text{ kwh}}{66,65 \text{ kwh}} \right) * 100 = 90,02 \%$$

Lo que representaría en reducción de costo de energía eléctrica de hasta:

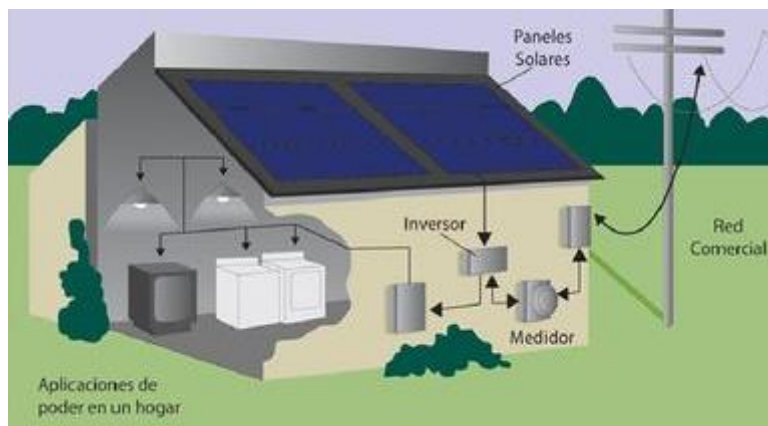
$$\left(\frac{Q 553,57}{\text{dia}} \right) * (1 - 0,9002) = Q 55,22$$

- Sistema Micro Inversor Generador de 60 kW/h

Los sistemas integrados con micro Inversor le permiten conectar cada panel de manera individual acoplado de mejor manera las características eléctricas de cada módulo fotovoltaico. Los sistemas son totalmente modulares y pueden crecer de uno en uno, conforme aumenten las necesidades. Además, pueden monitorearse. Los componentes del sistema son:

- Paneles solares
- Micro inversor
- Cableado
- Tablero principal
- Contador bidireccional
- Red eléctrica.

Figura 33. **Sistema micro inversor generador**



Fuente. INGELSA S. A.

3.4.2. Planificación de implementación

Para llevar a cabo la planificación se utilizó como herramienta la técnica 5W1H⁵, la cual se describe en la siguiente tabla.

Tabla LXV. Planificación 5W1H

Fase	Qué	Donde	Cuando	Cómo	Porqué	Quién
Fase 1	Situación actual	Él área de producción de la empresa de ALPAK, S.A.	1 mes	<ul style="list-style-type: none"> • Medir el consumo diario de energía eléctrica. • Identificar equipo y herramientas clave. • Proponer puntos de mejora. 	Para establecer las condiciones iniciales a la implementación del modelo	Jefe de producción con colaboración de asistente de producción
Fase 2	Preparación e instalaciones		2 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un informe a empresa. • Acondicionar las instalaciones a las necesidades del equipo. • Llevar a cabo las instalaciones • Medir los rendimientos 	Para reducir la dependencia del servicio eléctrica privado	Jefe de producción con colaboración de asistente de producción, y personal del área conjuntamente con INGELSA. S.A.
Fase 3	Puesta en marcha		1 mes	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar documentación de manejo correcto de equipo. • Capacitar al personal. • Desarrollar políticas de producción más limpia. 	Para aprovechar al máximo	Jefe de producción con colaboración de asistente de producción, y personal del área conjuntamente con INGELSA. S.A.

⁵ Por sus siglas en inglés Quien, Donde, Qué, Cuando, Como, Por qué. técnica fue inspirada en el proceso creativo de Rudyard Kipling, autor hindú de numerosos relatos, poesías y novelas (entre ellas “El libro de la selva”), con el objetivo de hacer fluir sus ideas.

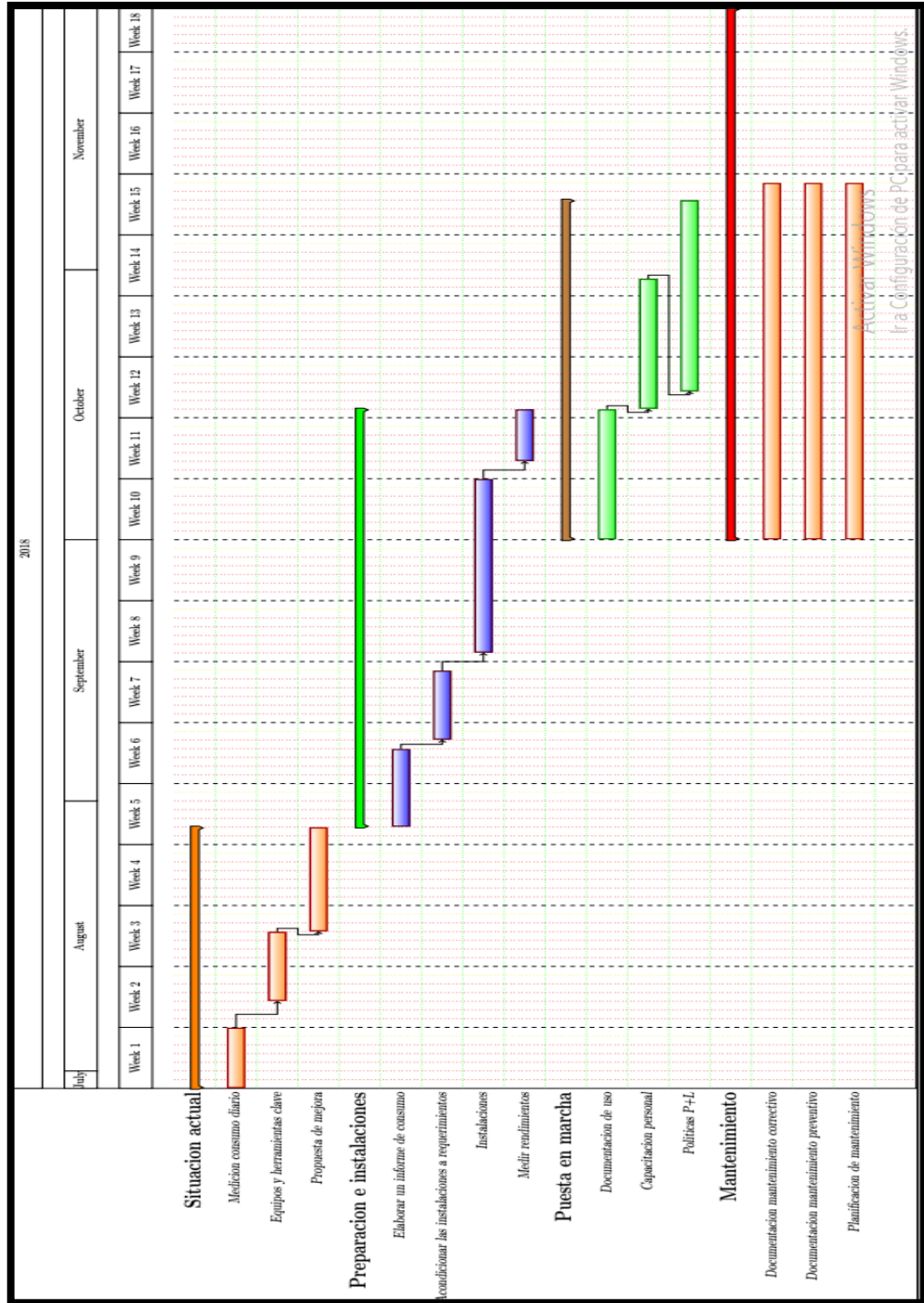
Continuación tabla LXV.

Fase	Qué	Donde	Cuando	Cómo	Porqué	Quién
4	Mantenimiento	Él área de producción de la empresa ALPAK, S.A.	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Generar documentación sobre mantenimiento correctivo. • Generar documentación sobre mantenimiento preventivo. • Planificar las fechas de visitas y mantenimiento por parte del proveedor. 	Para alargar la vida útil de la inversión y aprovechar al máximo sus beneficios	Jefe de producción con colaboración del asistente de producción, y personal del área conjuntamente con INGELSA. S.A.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel ®.

La planificación del proyecto queda establecida de acuerdo a las actividades descritas en la figura 34.

Figura 34. Planificación de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando MikText®.

3.5. Costo del plan

En la tabla LXIII se muestra el total que asciende a un monto de Q 10 709,00, donde ya incluye el costo de mantenimiento preventivo anual.

Tabla LXVI. **Costos del sistema de paneles**

Costos	Costo en Q.
Costo del sistema de generación	Q. 9 709,00
Costo de mantenimiento preventivo de baterías	Q. 1 000,00
Total	Q. 10 709,00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

La empresa actualmente cuenta con un plan de capacitaciones anual, sin embargo, es necesario la actualización de los temas y cursos de capacitación, por lo cual es imperante la elaboración y ejecución de este. A partir de un perfil del operario se puede establecer las actitudes y aptitudes que este debe tener.

Para determinar los temas idóneos para el plan, se establece el perfil del puesto de operario, desde los conocimientos previos que debe tener, las aptitudes y actitudes, sus funciones, y los requisitos que estos presentar. En la tabla LXIV se describe el perfil del puesto de operario.

Tabla LXVII. Perfil del puesto


Perfil del puesto	
Nombre de puesto: Operario de producción	Área: Producción
Jefe inmediato: Supervisor de producción	Supervisa: ninguno
<p>Funciones: Preparación de materias primas y suministros necesarios para la producción requerida. Mezclas de pastas, materia prima, montaje de marmitas. Empacado de producto terminado, como salsas, aderezos, avena, entre otros. Verificación de temperaturas de pasteurización y toma de tiempos. Conocimientos en buenas prácticas de manufactura Lavado y desinfectado de maquinaria, equipo e instalaciones.</p>	
<p>Requisitos: Edad entre 18 a 45 años Educación mínima media Disponibilidad de viajar No Tiempo completo.</p>	
<p>Aptitudes: Responsable, respetuoso, que siga procedimientos, capacidad para realizar distintas actividades, proactivo, honesto.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Para la obtención de información se utiliza la herramienta de recopilación de datos primarios a través de un cuestionario de 10 preguntas. En la figura 34, se presentan las 10 preguntas que se le realizaron al personal del área de producción y bodega, con el fin de determinar sus conocimientos adquiridos en las capacitaciones que con anterioridad se han impartido en la empresa.

Figura 35. Formato de cuestionario de diagnóstico

Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
Elaborado: German López



Cuestionario

Conteste lo más sincero posible el siguiente cuestionario, marcando con un cheque, rellenando el círculo o contestando en el espacio en blanco

1. ¿Cuál es el área al que pertenece?
Producción Bodega o almacén Administrativo
2. ¿Recibió capacitación al momento de ingresar a la empresa?
Sí No
3. ¿Creó necesaria la capacitación en el área de trabajo en el que labora?
Sí No

¿Por qué? _____

4. Durante el tiempo que lleva en ALPAK S.A., en ¿Qué temas lo han capacitado?
Buenas prácticas de manufactura
Seguridad e higiene ocupacional
Manejo de residuo sólidos orgánicos
¿Otro? _____

5. ¿Considera que tiene todos los conocimientos y habilidades para desempeñar su trabajo?
Sí No
6. ¿Puede identificar un problema y tomar la decisión de resolverlo?
Sí No
7. ¿Le han impartido cursos de capacitaciones relevantes e importantes para su área de trabajo?
Sí No

¿Cuál (es)? _____

8. ¿Los horarios de capacitación que le han dado son ajustados a su horario de trabajo?
Sí No
9. ¿A recibido usted, capacitación sobre el manejo de residuos sólidos orgánicos?
Sí No
10. ¿Cree usted que una capacitación sobre el manejo de residuos sólidos orgánicos, mejore su desempeño dentro del área en la que labora?
Sí ~~No~~

Gracias, por su participación

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

A partir de la encuesta realizada se determinó el listado de temas de capacitaciones anuales, que se debe realizar. Entre los hallazgos encontrados sobresalen los siguientes temas:

- Manejo de residuos sólidos orgánicos: esta capacitación tiene como objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación, darle un manejo adecuado a los residuos que se producen dentro de la planta en los procesos de producción y proteger la salud.
- Buenas prácticas de manufactura: esta capacitación tiene como objetivo principal brindarle al personal, técnicas, métodos, procesos, actividades o incentivos que son más eficaces que otros para alcanzar un resultado del manejo adecuado de manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos.
- Seguridad y salud ocupacional: esta capacitación tiene como objetivo la información fáctica general sobre salud y seguridad laboral y acerca de la magnitud y la variedad de los problemas de salud y seguridad que afectan la empresa.
- Toma de decisiones: esta capacitación tiene como objetivo brindarla al operario un criterio más amplio a través de técnicas, actitudes y aptitudes a partir de problemas que puedan surgir en el proceso de producción o en cualquier área de la empresa.
- Relaciones interpersonales y trabajo en equipo: esta capacitación tiene como objetivo, brindarle técnicas y concientización al operario de la importancia del trabajo en equipo y las relaciones interpersonales sanas que pueden afectar los diferentes procesos de producción y el trabajo en las diferentes áreas de la empresa.

- Señalizaciones significado y tipos: esta capacitación es un complemento de la capacitación de seguridad y salud ocupacional, pudiendo enseñarle al operario la simbología correcta de peligros.
- Procedimientos operativos estandarizados de saneamiento, de maquinaria, equipo e instalaciones: tiene como objetivo brindarle al operario los procedimientos de limpieza y desinfección correcta de maquinaria y equipo, instalaciones como paredes, techos, pisos, entre otros. Además de utensilios utilizados en el proceso de producción y las consecuencias de no realizar una óptima labor.
- Uso de maquinaria y equipo: tiene como objetivo, brindar al personal de nuevo ingreso, las capacidades y conocimientos de funcionamiento y ejecución correcto de la maquinaria de la planta. También su mantenimiento preventivo y correctivo del mismo.
- Hábitos de ahorro de consumo eléctrico: esta capacitación brinda al personal de la empresa acciones diarias que ayudaran a la reducción del consumo energético de la planta.

4.2. Plan de capacitación

En la tabla LXVIII se describe los temas de capacitación que se impartirán, la fecha en realizarlo, el encargado de realizar la capacitación y la duración:

Tabla LXVIII. Plan de capacitación

Fecha	Tema de capacitación	Encargado	Duración	Temas
Mes 1	Manejo de residuos sólidos orgánicos	Jefe de producción o asistente de producción	3 horas	<ul style="list-style-type: none">- Desechos que se producen en la empresa.- Clasificación de los residuos.- Manejo adecuado de los desechos.- Disposición final de los desechos orgánicos- Contaminación cruzada- Recomendaciones generales de manejo
Mes 2	Buenas prácticas de manufactura	Jefe de producción o asistente de producción.	3 horas	<ul style="list-style-type: none">- ¿Qué son las buenas prácticas de manufactura?- Aplicación de BPM en las líneas de producción de salsa- Aplicación de BPM en el área de pasteurización y empaçado.- Aplicación de BPM en el área de producto terminado- Aplicación de BPM en el área de formulación y preparación de materia prima e insumos.- Recomendaciones generales de BPM.

Continuación de la tabla LXVIII.

Fecha	Tema de capacitación	Encargado	Duración	Temas
Mes 3	Seguridad y salud ocupacional	Jefe de producción o asistente de producción	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de seguridad ocupacional. - Peligros latentes en el área de almacén de materia prima y almacén de producto terminado. - Primeros auxilios.
Mes 4	Toma de decisiones	Jefe de producción	3 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Importancia de una buena toma de decisiones. - Procedimiento de búsqueda de información para una toma de decisión. - Etapas del proceso de toma de decisiones - Posibles escenarios diarios
Mes 5	Relaciones interpersonales y trabajo en equipo.	Jefe de producción	3-5 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Construyendo confianza entre el personal. - Establecer objetivos comunes. - Involucrar al personal en las decisiones. - Motivación de la responsabilidad y el compromiso mutuo. - Aplicación de la comunicación.

Continuación de la tabla LXVIII.

Fecha	Tema de capacitación	Encargado	Duración	Temas
Mes 6	Señalización	Jefe de producción o asistente de producción	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Señalización existente del área de bodega de materia prima. - Señalización existente del área de bodega de producto terminado. - Señalización existente del área de producción. - Código de colores
Mes 7	POES	Jefe de producción o asistente de producción	3-5 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento de lavado y desinfectado de equipo y maquinaria - Procedimiento de lavado y desinfectado de utensilios. - Procedimiento de lavado y desinfectado de instalaciones.
Mes 8	Uso de maquinaria y equipo	Jefe de producción	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Uso y funcionamiento de equipo y maquinaria. - Mantenimiento preventivo de equipo y maquinaria. - Mantenimiento correctivo de maquinaria y equipo
Mes 9	Hábitos de ahorro de consumo eléctrico	Jefe de producción	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades que causan el mayor consumo eléctrico - Acciones que reducen el consumo eléctrico
Mes 10	RTCA aplicado a alimentos	Jefe de producción	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - La importancia de la inocuidad en los procesos alimenticios - Esterilización comercial

Continuación de la tabla LXVIII.

Fecha	Tema de capacitación	Encargado	Duración	Temas
Mes 11	Clima organizacional	Jefe de producción	2 horas	- Relaciones interpersonales y trabajo en equipo
Mes 12	ISO 22000	Jefe de producción	2 horas	- Sistema de gestión de industria alimento - Productividad

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

En los materiales a utilizar para llevar a cabo el plan de capacitaciones son necesarios:

- Pizarrón
- Cañonera
- Papel
- Impresora
- Tijeras
- Lapiceros
- Marcadores

4.3. Resultados de la capacitación

Al personal del área de producción se le impartió las capacitaciones siguientes:

- Manejo de residuos sólidos orgánicos.

En la capacitación de manejo de residuos sólidos orgánicos se impartió sobre la importancia del manejo y depósito correcto que se le debe dar a los residuos sólidos orgánicos para evitar situaciones como contaminación cruzada, proliferación de plagas como roedores o insectos, que son una fuente de contaminación directa, tanto para materia prima, como producto terminado. Además, se estableció la forma correcta de depositar los residuos sólidos en los recipientes de basura, que tipos de residuos se producen dentro de la planta y como realizar el manejo correcto y clasificación dentro de ella. Se presenta el material de apoyo utilizado para realizar la capacitación de manejo de residuos sólidos orgánicos.

Figura 36. **Material de apoyo para capacitación de residuos sólidos**

Universidad San Carlos de Guatemala
Ejercicio Profesional Supervisado
Universidad San Carlos de Guatemala- Alpak S. A.

Distribución.

Es el conjunto de acciones y operaciones que implica el traslado del producto final, al consumidor final.

1. Lavado y sanitización de áreas de traslado

Manejo de residuos sólidos

Es todo el proceso de reciclaje o desecho de los residuos que se generan a partir de la producción realizada, con el fin de mitigar el impacto ambiental.

- Clasificación.
 1. Biodegradables: residuos que se descomponen con el tiempo (ejemplo. Residuos de cebolla, pasta, tomate, etc.)
 2. Reciclable: son materiales que no se descomponen con facilidad, pero que se transforman en otros subproductos (Ejemplo. cartón, aluminio, papel, etc.)
 3. Inertes: son residuos que no son reutilizables. (Ejemplo. duropor, plásticos, etc.)
 4. Residuos ordinarios: son aquellos que no se pueden usar nuevamente o reciclar (Ejemplo. Servilletas, residuos sanitarios, baterías, etc.)
 5. Residuos químicos y tóxicos. Son considerados como alto

peligro de contaminación (Ejemplo, reactivos químicos, cloro, aceites para maquinaria, desengrasante, etc.)

Personal Operativo

Son las personas involucradas en las líneas de producción de alimentos, desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto al consumidor final.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Figura 37. **Cuestionario de capacitación de residuos sólidos**

	Evaluación de Capacitación Buenas Prácticas de Manufactura y Manejo de Residuos Sólidos
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

Nombre: _____ Fecha: _____
 Área: _____

Las preguntas adjuntas le permiten expresar su opinión con relación a la aplicación de los conocimientos adquiridos en esta área de capacitación.

Lea cada punto cuidadosamente y responda con toda sinceridad ya que esto permite obtener la información adecuada para mejorar futuras capacitaciones o cursos de formación.

Marque con una X la opción que crea conveniente y responda donde la pregunta lo requiera.

1. Antes de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia era:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
2. Después de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia es:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
3. Estime que porcentaje de lo aprendido en esta capacitación, podrá aplicar en su trabajo			
25%	50%	75%	100%
4. Si su respuesta es menor del 50%, explique si la razones para ello están relacionados con factores de la capacitación o con el ambiente de trabajo.			
5. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con las herramientas brindadas por la capacitación para el desarrollo de su trabajo?			
Insatisfecho	Poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
6. Mencione 3 residuos biodegradables que se producen en la planta Alpak S.A.			
7. Menciones 3 residuos reciclables que se producen en la planta Alpak S.A.			
8. Menciones 3 residuos químicos que se producen en la planta Alpak S.A.			
9. ¿Qué son residuos inertes?			
10. ¿Dónde se pueden encontrar residuos ordinarios dentro de la planta Alpak S.A.?			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Buenas prácticas de manufactura

En la capacitación de buenas prácticas de manufactura se impartió el procedimiento de limpieza y sanitización de la maquinaria, utensilios e

instalaciones de la planta. De igual manera, las que se deben aplicar en las diferentes áreas como producción, empaque, almacenamiento de materia prima y producto terminado. Por último, la importancia de rotulación y separación de los mismos. Se presenta el material de apoyo para la capacitación de BPM.

Figura 38. Material de apoyo para la capacitación de BPM

Universidad San Carlos de Guatemala
Ejercicio Profesional Supervisado
Universidad San Carlos de Guatemala- Alpak S. A.

Capacitación de Buenas Prácticas de Manufactura

- ¿Qué son las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM's)

Una serie de prácticas y procedimientos, con las cuales se garantiza la inocuidad y calidad de la manipulación de los alimentos.

Abarcan

- Higiene y manipulación
- Diseño correcto y funcionamiento de maquinaria y equipo
- Registro y documentación

¿Dónde se aplican?

Materia Prima
Es un componente del alimento o producto, que sufre cambios en el proceso.

- ¿Qué Buenas Prácticas de Manufactura se aplican?

- Lavado de materia prima
- Desinfección con dosis de cloro

Empaque

Todo material que contiene, preserva, protege y facilita la distribución del alimento o producto.

- ¿Qué Buenas Prácticas de Manufactura se aplican?

- Cambio de empaque si es requerido
- Contaminación de empaque
- Lavado de manos en el proceso de empaque
- Uso de redrecilla
- Lavado de utensilios y equipo constantemente.

Almacenamiento

Área destinada que ocupa la materia prima y el producto final antes de ser distribuido.

- Lavado y sanitización de pisos, paredes y alrededores.
- Lavado y secado de canastas de producto final
- No hacer uso de canastas sucias.

¿Qué BPM's deben aplicar?

- Lavado y sanitización de manos
- Lavado de botas
- Uso de uniformes limpios
- Uso obligatorio de cofia
- Uso de guantes, cuando la operación lo demande
- Corte de uñas periódicamente.
- Corte de barba periódicamente
- Evitar el uso de maquillaje, joyas, cadenas, anillos, etc.
- Uso prohibido de colonias, perfumes, desodorante penetrantes y fuertes.
- Información de estado de salud, enfermedades contagiosas y heridas
- Uso de cubrebocas cuando la operación lo demande

Procedimiento de limpieza de maquinaria y equipo

Inicio

- Limpiar:** Retirar los residuos grandes de alimentos y otros guantes de goma que se puedan encontrar en la superficie de la maquinaria y equipo
- Restregar:** Preparar solución de desinfectante y humedecer la superficie dependiendo de la cantidad de sucio, residuos y contaminación de grasa y aceites
- Enjuagar:** Enjuagar con abundante agua las superficies y repetir el proceso si es necesario
- Desinfectar:** Después de terminar la limpieza, verificar que la superficie se no contenga residuos de desinfectante o desodorante y con ella evitar la solución de otros en las superficies.
- Espera:** Dejar actuar el desinfectante 4 a 5 minutos.
- Enjuagar:** Enjuagar la superficie hasta eliminar residuos de cloro

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Figura 39. Encuesta de la capacitación de BPM

	Evaluación de Capacitación Buenas Prácticas de Manufactura y Manejo de Residuos Sólidos		
Fecha: _____			
Nombre: _____ Área: _____			
<p>Las preguntas adjuntas le permiten expresar su opinión con relación a la aplicación de los conocimientos adquiridos en esta área de capacitación.</p> <p>Lea cada punto cuidadosamente y responda con toda sinceridad ya que esto permite obtener la información adecuada para mejorar futuras capacitaciones o cursos de formación.</p> <p>Marque con una X la opción que crea conveniente y responda donde la pregunta lo requiera.</p>			
+			
1. Antes de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia era:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
2. Después de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia es:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
3. Estime que porcentaje de lo aprendido en esta capacitación, podrá aplicar en su trabajo			
25%	50%	75%	100%
4. Si su respuesta es menor del 50%, explique si la razones para ello están relacionados con factores de la capacitación o con el ambiente de trabajo.			
5. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con las herramientas brindadas por la capacitación para el desarrollo de su trabajo?			
Insatisfecho	Poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
6. ¿Qué significan BPM's?			
7. Describa el procedimiento para el correcto lavado de manos.			
8. Enliste el equipo adecuado para ingresar a la planta de producción			
9. Describa las actividades que realiza para sanitizar el área de trabajo			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

- Hábitos de reducción de consumo eléctrico


En la capacitación de hábitos de reducción de consumo de energía eléctrica se le indico de manera física, cuales con las actividades que el personal realiza y que consume la mayor cantidad de energía eléctrica, debido a la poca cultura de ahorro de energía eléctrica.

Figura 40. **Material de apoyo de hábitos de reducción de consumo eléctrico**



Fuente: elaboración propia, agencia de Andalucía.

Figura 41. **Cuestionario de capacitación de residuos sólidos**

	Evaluación de Capacitación Buenas Prácticas de Manufactura y Manejo de Residuos Sólidos		
Fecha: _____			
Nombre: _____			
Área: _____			
Las preguntas adjuntas le permiten expresar su opinión con relación a la aplicación de los conocimientos adquiridos en esta área de capacitación.			
Lea cada punto cuidadosamente y responda con toda sinceridad ya que esto permite obtener la información adecuada para mejorar futuras capacitaciones o cursos de formación.			
Marque con una X la opción que crea conveniente y responda donde la pregunta lo requiera.			
1. Antes de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia era:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
2. Después de esta capacitación, mi nivel de conocimiento o competencia es:			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
3. Estime que porcentaje de lo aprendido en esta capacitación, podrá aplicar en su trabajo			
25%	50%	75%	100%
4. Si su respuesta es menor del 50%, explique si la razones para ello están relacionados con factores de la capacitación o con el ambiente de trabajo.			
5. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con las herramientas brindadas por la capacitación para el desarrollo de su trabajo?			
Insatisfecho	Poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
6. ¿En que puede beneficiar el ahorro energético a la planta Alpak S.A.?			
7. Menciones 3 actividades que se pueden implementar para reducir el consumo eléctrico en la planta Alpak S.A.			
8. Menciones 3 actividades que se pueden implementar para reducir el consumo eléctrico en su hogar			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word ®.

Posteriormente a las capacitaciones se realizó una evaluación escrita a las personas para determinar el nivel de aprendizaje que obtuvieron. En la figura 36 se presentan las preguntas realizadas.

4.4. Costos del plan

Los costos de la propuesta de plan se basan en los materiales descritos en el plan de capacitación, en la tabla LXVI se describen el costo de los materiales a utilizar para las capacitaciones propuestas anteriormente.

Tabla LXIX. Costos de la propuesta

Material	Cantidad	Costo/unidad	Total
Cañonera	1	Q 100,00	Q 100,00
Pizarrón	1	Q 125,00	Q 125,00
Marcador	4	Q 5,00	Q 20,00
Borrador	2	Q 2,00	Q 4,00
Lapiceros	25	Q 1,50	Q 37,50
Papel	1	Q 30,00	Q 30,00
Cartulinas	15	Q 2,50	Q 37,50
Trifoliar	75	Q 1,00	Q 75,00
Capacitor	1	Q 55,00	Q 55,00
Total			Q 484,00

Fuente. Elaboración propia, empleando Microsoft Word®.

El costo total de la propuesta de plan de capacitación es de Q 484,00, el material de apoyo como cañonera se externalizan. Dentro de los costos no se incurren en una inversión de infraestructura, mobiliario y equipo ya que las capacitaciones se realizan dentro de las instalaciones de la planta; el capacitador es el jefe de producción o asistente de producción, con el fin de reducir costos.

CONCLUSIONES

1. La cantidad de desechos sólidos orgánicos generados por las líneas de producción analizadas asciende a un total de 101 333,50 kg de residuos sólidos orgánicos generados desde agosto 2017 a julio 2018 en peso húmedo. Se tomó en cuenta que los datos de producción de la temporada alta de producción.
2. El diagnóstico presenta que, a través de un manejo integrado de residuos sólidos, habrá una reducción de contaminación ambiental visual en las áreas de la planta, una reducción de riesgo de contaminación cruzada y un aprovechamiento de materia prima reduciendo las mermas ya existentes.
3. Para un aprovechamiento óptimo de la merma producida se determina un producto viable y amigable con el ambiente que es el compostaje a partir de lombrices roja coqueta.
4. Para la producción de compostaje a partir de los residuos sólidos orgánicos producidos en la empresa, es necesario la construcción de un área de compostaje, esta puede ser un área techada con cunas que contenga el material orgánico, lombrices, para ello es necesario equipo que facilite la producción, empaqueo y distribución, como palas, carretas, tamices, empacadora, entre otros. El costo de inversión inicial asciende a un total de Q 60 145,32, además con una producción de 8 500 unidades de compostaje se establecen que los costos fijos ascienden

a Q 149 672,96 y de costos variables con un crecimiento del 15 % de producción anual ascienden el primer año a Q. 135 161,38.

5. Se calculan los indicadores financieros con una tasa de interés del 22 % arriba de la tasa que el BANGUAT recomienda, que es del 13,07 % para el año 2018. Se obtiene que valor actual neto obtenido del proyecto asciende a una cantidad de Q 329 413,57 en un periodo de 5 años, en la tasa interna de retoro se obtiene una TIR del 123 % que es mayor a la tasa que recomienda el BANGUAT. Con la relación beneficio costo que se obtuvo en el proyecto que asciende a Q 1,47 indica que por cada quetzal invertido lo recuperamos y ganamos Q 0.47, por lo cual el proyecto es rentable.
6. Para fomentar una cultura de producción más limpia en la empresa, es necesario optimizar el sistema de producción existente en la empresa a un cambio de cultura de ahorro de consumo energético, como beneficios habrá una disminución de costos de operación y una concientización por parte del personal operativo a través de acciones que ayuden a dicho ahorro.
7. Por medio del diagnóstico de necesidades de capacitación se logró definir y actualizar los temas de capacitación para personal operativo. Se necesita fortalecer en temas como el trabajo en equipo, producción más limpia, buenas prácticas de manufactura, ahorro de consumo eléctrico, entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Cotizar el costo de maquinaria y equipo que se utilizará en el proyecto de elaboración de compostaje con otros vendedores o cotizar equipo de segunda mano con el fin de reducir costos de inversión inicial.
2. Realizar un estudio de mercado para determinar la demanda insatisfecha a cubrir y determinar la cantidad óptima de compostaje a producir para establecer los clientes potenciales.
3. Actualizar el plan de capacitaciones de la empresa para concientizar a los trabajadores sobre la importancia de la producción de alimentos inocuos, crear hábitos de ahorro de consumo eléctrico y un buen manejo de residuos sólidos orgánicos.
4. Cotizar un programa de mantenimiento preventivo para las celdas y el sistema de paneles solares.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON, Williams. *Estadística para administración y Economía*. México: McGraw-Hill-Interamericana. 2008. 400 p.
2. BERKOWITZ, Danilo. *Industria Alimentaria*. México: McGraw-Hill Interamericana. 2008. 300 p.
3. GÓMEZ, Carlos. *Evaluación de los cursos de capacitación y detección de necesidades*. México: McGraw-Hill Interamericana. 2007. 580 p.
4. GUTIERREZ, Vara. *Control estadístico de la calidad y seis sigmas*. México: McGraw-Hill-Interamericana. 2008. 300 p.
5. HANSEM, Diego. *Evaluación de los cursos de capacitación y detección de necesidades*. México: CENCAGE LEARNING. 2008. 570 p.
6. HERNÁNDEZ, Zoila. *Teoría general de la Administración*. México: Grupo Editorial Patria, S.A. 2014. 300 p.
7. MARTINEZ, Aldo. *Árbol de problemas y áreas de intervención. Metodologías e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales*. México: Grupo Editorial Patria, S.A. 2010. 100 p.
8. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill Interamericana. 2009. 586 p.

9. Reglamento Técnico Centroamericano. *Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios para Consumo Humano*. Honduras. 150 p
10. SALOMÓN, Aurelio. *La industria alimentaria en México*. México: Editorial Comercio Exterior, S.A. 2005. 55 p.
11. VÁSQUEZ, Estuardo. *Industria de alimentos se dinamiza*. México: Editorial El Periódico. 2018. 25 p.
12. YANES, Jorge. *Herramientas para la gestión energética empresarial*. Cuba: Editorial Energía y Ambiente. 2005. 155 p.

ANEXOS

Apéndice 1. Probabilidades de la norma estándar

El valor de la tabla para z es el área bajo la curva de la normal estándar a la izquierda de z

El valor de la tabla para z es el área bajo la curva de la normal estándar a la izquierda de z

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0438	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente: GUTIERREZ, Humberto. *Control estadístico de la calidad y seis sigma*, p. 26.

Apéndice 2. Resultados de análisis de suelos



Fuente: Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.