



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN
PARA EL PROCESO DE EMPAQUE EN LA PLANTA DE
COMPOSTAJE ABONOS CHÁVEZ – MIÑO.

Autor

David Alejandro Salazar Defaz

Año
2018



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN
PARA EL PROCESO DE EMPAQUE EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE
ABONOS CHÁVEZ – MIÑO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial.

Profesor Guía

MSc. Mariuxy Iveth Jaramillo Villacrés

Autor

David Alejandro Salazar Defaz

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo de Estudio del Sistema de Producción y Propuesta de Optimización para el Proceso de Empaque en la Planta de Compostaje Abonos Chávez – Miño, a través de reuniones periódicas con el estudiante David Alejandro Salazar Defaz, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Mariuxy Iveth Jaramillo Villacrés

Master of environmental management in the field of sustainable development

C.C.: 1716754336

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo de Estudio del Sistema de Producción y Propuesta de Optimización para el Proceso de Empaque en la Planta de Compostaje Abonos Chávez – Miño, del estudiante David Alejandro Salazar Defaz, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Omar Cristóbal Flor Unda

Máster en Automatización Robótica y Telemática

C.C.: 1713531331

DECLARACIÓN AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

David Alejandro Salazar Defaz

C.C.: 1716562739

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me bendijo en el desarrollo y culminación de esta tesis

A mis padres, a mi hermano, y a mi tía por su amor y constante apoyo

A mis profesores por compartir sus conocimientos en la dirección de esta tesis

A la Planta de Abonos Chávez-Miño, ya que me permitieron tomar información para que sea utilizada en la realización de esta tesis

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a quienes trabajan en el área de mejoramiento cuidado y remediación de nuestra hermosa tierra.

RESUMEN

En esta tesis se diseña una propuesta de mejora para el proceso final de empaque, en la planta de Abonos Chávez – Miño, luego del análisis de su cadena de producción con el uso de la herramientas VSM (Value Stream Mapping), el diagrama Ishikawa a través de las causas presentes y el diagrama de Pareto que nos permite asignar un orden de prioridades a los muchos problemas existentes, se obtiene como resultado que el proceso de empaque retrasa los pedidos de entrega. El estudio se efectuó con la medición por muestreo de tiempos para el llenado de los sacos de abono, utilizando herramientas estadísticas como la Distribución Normal, misma que nos permite definir un dato promedio, para lo cual se establecieron cinco operaciones que involucran el proceso de empaque, se totalizaron 75 segundos por el llenado de cada saco (equivalentes a 49 sacos por hora), con la intervención de tres operarios en esta operación, lo cual evidencia que es demasiado tiempo utilizado en este proceso.

Una vez tomados los tiempos en el proceso de empaque de la planta, se utilizó la Distribución de Gauss, para que por medio de este análisis los datos encontrados puedan ser ingresados, simulados y analizados en el programa Flexsim, ante dos escenarios, los cuales son: 1) cuando existe solamente un operario en el proceso de empaque, y 2) cuando la venta es mayor se requieren dos operarios más en este proceso.

Los resultados demuestran que el proceso final de empaque de la planta requiere innovación, se propone la utilización de la tolva dosificadora de $2m^3$, que permitirá el llenado de 106 sacos de 45 Kg en una hora superando a la situación actual en la que se envasan 49 sacos de 45 kg en el mismo tiempo. Actualmente el número de operarios son uno de planta y dos eventuales, con la aplicación de la propuesta se mantendrían dos operarios de planta. La implementación de la propuesta de mejora generaría beneficios económicos a la empresa y un mejor desarrollo en la salud ocupacional de los trabajadores.

ABSTRACT

In this thesis an improvement proposal for the final packing process is designed, in the Chávez - Miño fertilizer plant, after the analysis of its production chain with the use of the VSM tools (Value Stream Mapping), the Ishikawa diagram to through the present causes and the Pareto diagram that allows us to assign an order of priorities to the many existing problems, we obtain as a result that the packing process delays the delivery orders. The study was carried out with the measurement by sampling of times for filling the bags of fertilizer, using statistical tools such as the Normal Distribution, which allows us to define an average data, for which five operations were established that involve the packaging process, totaling 75 seconds for the filling of each bag (equivalent to 49 bags per hour), with the intervention of three operators in this operation, which shows that it is too much time used in this process.

Once the times in the packing process of the plant were taken, the Gaussian distribution was used, so that through this analysis the data found could be entered, simulated and analyzed in the Flexsim program, among two scenarios, which are: 1) when there is only one operator in the packing process, and 2) when the sale is greater, two more operators are required in this process.

The results show that the final packing process of the plant requires innovation, the use of the dosing hopper of 2m³ is proposed, which will allow the filling of 106 bags of 45 Kg in one hour, surpassing the current situation in which 49 bags of 45 Kg are packed in the same. Currently the number of workers is one of plant and two eventual, with the application of the proposal would remain two plant operators. The implementation of the improvement proposal would generate economic benefits for the company and a better development in the occupational health of workers.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Alcance.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Fertilizantes.....	5
2.2. Conceptos y tipos.....	5
2.3. Compostaje.....	6
2.3.1. Residuos orgánicos.....	6
2.3.2. El compostaje como alternativa de tratamiento de residuos.....	7
2.3.3. El compostaje de los residuos orgánicos.....	8
2.4. Productividad.....	9
2.4.1. Importancia de la productividad.....	10
2.4.2. Medición de la productividad.....	11
2.4.3. Condiciones para la productividad óptima en todo el proceso productivo.....	12
2.5. Medida del trabajo.....	13
2.5.1. Estudio de tiempos.....	13
2.6. Diseño de procesos de producción.....	15
2.6.1. Tiempo de proceso.....	15
2.6.2. Tiempo de ciclo.....	15
2.6.3. Takt time.....	16

2.6.4.	Value Stream mapping (VSM).....	17
2.6.5.	Diagrama de flujo.....	18
2.6.5.1.	Tipos de diagrama de flujo.....	19
2.6.6.	Diagrama Ishikawa.....	20
2.6.7.	Diagrama de Pareto.....	21
2.7.	Almacenaje.....	22
2.7.1.	Clase de producto y su empaque.....	22
2.7.1.1.	A granel.....	23
2.7.2.	Sistema de almacenamiento.....	24
2.7.3.	Tolvas.....	24
2.8.	Dosificador de tornillo sin fin.....	25
2.9.	Simulación.....	25
2.9.1.	Etapas de un proyecto de simulación.....	26
2.10.	Controlador lógico Programable.....	27
2.10.1.	Estructura básica de un PLC.....	28
3.	SITUACIÓN ACTUAL: PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	29
3.1.	Proceso de producción.....	31
3.2.	Biopilas.....	33
3.3.	Microorganismos.....	34
3.4.	Volteo mecánico de la materia prima.....	34
3.5.	Fases del proceso de producción.....	35
3.6.	Producción y productividad.....	37
3.7.	Transporte de la materia prima.....	40
3.8.	Descarga y formación de biopilas.....	41
3.9.	Proceso de Remediación.....	43
3.9.1.	Fase anaerobia.....	44
3.9.2.	Fase aerobia.....	44
3.10.	Empacado y distribución del producto.....	45

3.11.	Almacenaje, situación y evaluación del proceso actual.....	46
3.11.1.	Sellamiento del saco	47
3.11.2.	Apilación y Estibación del producto	48
3.11.2.1.	Apilación	48
3.11.2.2.	Estibación.....	49
3.12.	Recepción de material de empaque.....	50
3.13.	Demanda y Takt time	50
4.	ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE EMPAQUE	52
4.1.	Análisis de la toma de tiempos del proceso de empaque	57
4.2.	Simulación actual del proceso	60
4.2.1.	Simulación con un operador	61
4.2.1.1.	Análisis estadístico del proceso y operación.....	62
4.2.2.	Simulación de emergencia (dos operarios extra)	63
4.2.2.1.	Análisis estadístico del proceso y operación.....	65
5.	PROPUESTAS DE MEJORA	67
5.1.	Comparación de Propuestas	67
5.2.	Sistema de envasado con tolva y dosificador propuesta # 2.....	69
5.2.1.	Tolva y dosificador de tornillo	69
5.2.2.	Estación de pesaje	70
5.2.3.	Transportador de tornillos.....	70
5.3.	Simulación de la propuesta # 2.....	71
5.4.	Ubicación de la Tolva dosificadora	74
5.5.	Diagrama de flujo de la propuesta de mejora.....	74
6.	RESULTADOS: SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA # 2.....	75
7.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	79
7.1.	Costos de producción	79

7.2. Producción y ventas	79
7.3. Inversión y Presupuesto	80
7.4. Análisis costo beneficio	81
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
8.1. Conclusiones	84
8.2. Recomendaciones.....	85
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.	2
Figura 2. Proceso de compostaje.	9
Figura 3. Estudio de tiempos.	14
Figura 4. Ejemplo de un VSM.	18
Figura 5. Flujogramas tipo matricial.	20
Figura 6. Diagrama Ishikawa.	21
Figura 7. Diagrama de Pareto.	22
Figura 8. Ejemplo de almacenaje – Silo.	23
Figura 9. Tolva para productos de difícil fluidez.	24
Figura 10. Ejemplo de dosificador de tornillos.	25
Figura 11. Componentes interno de un PLC.	29
Figura 12. Área de producción de abono orgánico.	31
Figura 13. Máquina Volteadora.	35
Figura 14. VSM de la planta de Abonos Chávez – Miño.	36
Figura 15. Cuadro de producción y producto terminado.	39
Figura 16. Diagrama de descarga de materia prima y formación de biopilas.	42
Figura 17. Formación de biopilas.	42
Figura 18. Diagrama del proceso de remediación de residuos.	43
Figura 19. Diagrama del proceso de terminados del producto.	46
Figura 20. Proceso de empaque actual.	47
Figura 21. Cosedora eléctrica para sacos.	48
Figura 22. Apilación de sacos de abono orgánico.	48
Figura 23. Traslado de sacos de abono orgánico.	49
Figura 24. Estibación de sacos de abono orgánico.	49
Figura 25. Análisis del Takt time basado en la demanda mensual.	51
Figura 26. Demanda mensual de abono orgánico.	52
Figura 27. Diagrama Ishikawa del proceso actual de empaque.	54

Figura 28. Diagrama de Pareto del proceso actual de empaque.	55
Figura 29. Diagrama de operaciones del proceso de actual de empaque.	57
Figura 30. Distribución normal de la toma de tiempos del proceso actual de empaque.	59
Figura 31. Curva normal, intervalo de confianza y limites superior e inferior del proceso actual de empaque.	60
Figura 32. Simulación del proceso de empaque con un operario.	62
Figura 33. Simulación actual del proceso emergente con tres operarios.	65
Figura 34. Bosquejo de la propuesta tolva dosificadora de 2m ³	70
Figura 35. Diseño y simulación de la propuesta 2.	71
Figura 36. Cantidad de sacos envasados y razón de entrada de sacos a apilarse.	73
Figura 37. Diagrama de flujo de la propuesta – tolva dosificadora 2m ³	75
Figura 38. Comparación de la situación actual vs propuesta de mejora 2.	78
Figura 39. Porcentaje de mejora entre parámetros evaluados.	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas de un proyecto de simulación	27
Tabla 2. Parámetros de humedad y temperatura de biopilas.	32
Tabla 3. Porcentajes de materia prima para elaboración de biopilas.....	34
Tabla 4. Número de volteos de materia prima en relación a su temperatura.....	35
Tabla 5. Producción anual de biopilas en toneladas métricas y kilogramos.	38
Tabla 6. Producción total de abono y número de horas laboradas anualmente. ..	40
Tabla 7. Distancia y número de veces de recorrido por semana.	41
Tabla 8. Venta de abono orgánico del año 2017, sacos de 45 kg.	52
Tabla 9. Priorización de causas con sus porcentajes respectivos.	54
Tabla 10. Porcentajes equivalentes del trabajo realizado por el operario, asi como su distancia recorrida.	63
Tabla 11. Trabajo porcentual de cada operador.....	66
Tabla 12. Cuadro comparativo del proceso de empaque con diferentes escenarios.	67
Tabla 13. Matriz ponderación de propuestas.....	68
Tabla 14. Porcentaje de trabajo por cada operación respecto al envasado, pesado y sellado del saco.	72
Tabla 15. Porcentaje de trabajo por cada operación respecto al operario A.....	73
Tabla 16. Datos porcentuales del proceso actual de empaque.	76
Tabla 17. Datos porcentuales de la propuesta de mejora tolva dosificadora.	77
Tabla 18. Comparación de parámetros de la situación actual vs propuesta de mejora.	77
Tabla 19. Proforma.	80
Tabla 20. Cálculo de la TMAR (Tasa mínima activa de retorno) para la inversión del proyecto.	82
Tabla 21. VAN, TIR y la relación costo beneficio de la inversión.	83

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Hoy en día las industrias agrícolas trabajan arduamente en la producción de sus campos dejándolos desgastados y cansados o en otras palabras las tierras quedan con falta de nutrientes, para que estos vuelvan a producir se los trata con agentes químicos, fertilizantes artificiales o se les proporciona cierto tiempo de descanso para que las tierras puedan volver a recuperarse ganando nutrientes y así de esta manera continúen con la producción (Junta de Andalucía, s. f.). Pero esto genera en cierta manera pérdidas inorgánicas (FONAG, s.f.). Por tal motivo Abonos Chávez-Miño SCA (2016), ha visto de la importancia de que los campos de producción y tierras en si puedan tener siempre los nutrientes oportunos para que cumplan con su función específica.

La empresa Abonos Chávez-Miño SCA se encarga de la producción de abono orgánico o fertilizante orgánico llamado Ecompost, ya que para su elaboración se utiliza materia prima netamente orgánica, los cuales son subproductos de industrias florícolas, industrias de bebidas e industrias alimenticias de consumo masivo para el procesamiento de los mismos (Abonos Chávez-Miño SCA, 2016, p. 3).

Dentro de la producción de la planta al momento del proceso final de empaque no existe un método eficaz, ni eficiente que permita satisfacer la demanda y estandarizar tiempos así como el número óptimo de trabajadores, ya que esto se lo hace de forma totalmente manual. Por tal razón existe la necesidad de diseñar un método o sistema que permita optimizar el proceso final y así estandarizar los procesos y tiempos para el proceso de empaque de la planta de compostaje Abonos Chávez-Miño.

La planta de tratamiento de residuos sólidos Abonos Chávez-Miño se encuentra ubicada en la parroquia Malchingui, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha (Abonos Chávez-Miño SCA, 2016, p. 4). La organización empezó sus actividades como una empresa constituida el 16 de diciembre de 2015.

1.2. Planteamiento del problema

Dentro de la problemática actual que posee Abonos Chávez-Miño SCA se encuentra su sistema de empaque, el cual no es eficaz ni eficiente al momento de la entrega del producto a sus clientes, por lo cual se generan retrasos y pérdidas (Fig. 1).

Problemas:

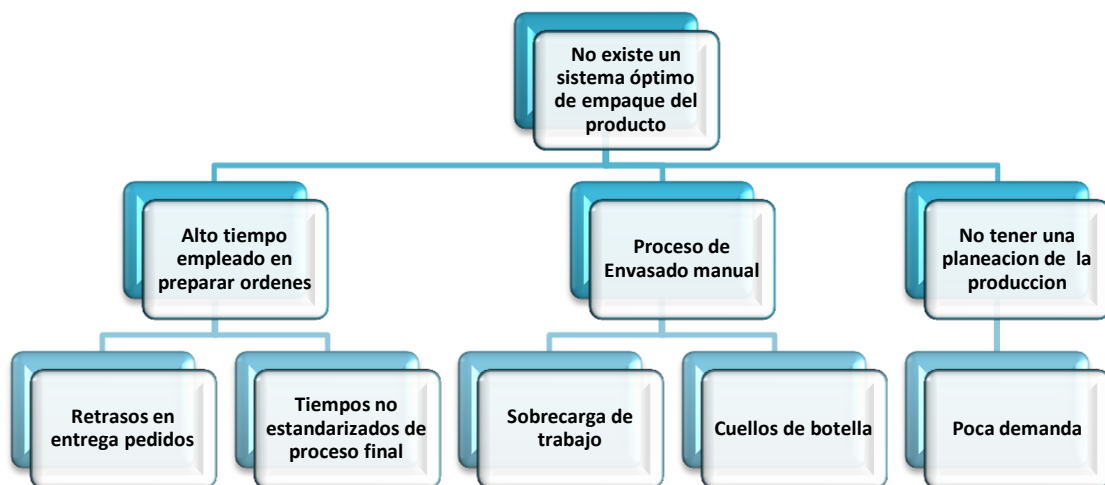


Figura 1. Árbol de problemas.

1.3. Alcance

El siguiente proyecto de titulación tiene como alcance una integración amplia para la empresa de Abonos Chávez – Miño, ya que le permite no solo mejorar el proceso final del sistema de empaque, sino que además analiza parte de las variables dentro de la cadena de valor. La empresa tiene un enfoque ambiental, al ser amigable con la naturaleza, puesto que, el eje productivo se basa en utilizar materias orgánicas que han sido remediadas o tratadas para no destruir las tierras, por tal motivo la organización actualmente consta de una sola línea de producción los cuales son sacos de compost o abono orgánico de 45 kg que le permite a las industrias agrícolas y partes interesadas utilizarlos como un

fertilizante natural que no destruyen el medio ambiente, más bien protegen y fortalecen dichos suelos (Abonos Chávez-Miño SCA, 2016, p. 3).

Cabe mencionar como parte del proyecto de titulación que la empresa Abonos Chávez – Miño SCA, cuenta con cinco lotes totalmente clasificados para el desarrollo de sus productos, en este lugar se realizarán los respectivos estudios de investigación para el desarrollo del mencionado proyecto.

Se utilizará métodos cuantitativos, que brinden el conocimiento suficiente para tomar las mejores decisiones a la hora de proponer un modelo de mejora.

Los estudios que se realizarán para obtener datos reales serán respecto a un estudio de tiempos, como el Takt Time y tiempo de ciclo, también el análisis de la medición del trabajo productivo del proceso de empaque. Se desarrollará una simulación que nos brinde datos reales con diferentes alternativas para escoger la opción que optimice los procesos y en especial el que corresponda al producto final.

Como parte de dicho proyecto se realizará un estudio económico para analizar la factibilidad que tendría la implementación de un sistema de empaque final del producto.

1.4. Justificación

Los altos índices de tiempo empleado para el proceso de empaque, los retrasos en los pedidos, los tiempos que no son estandarizados al momento de preparar órdenes de pedidos y la sobrecarga de trabajo que existe para los operarios forman un conjunto de problemas de alta importancia para la empresa, éstos producen cuellos de botella impidiendo el flujo constante que podría tener el proceso final del producto para lograr una satisfacción global tanto para la empresa y los clientes.

Por lo tanto se considera como prioridad la solución inmediata de este conjunto de problemas, mediante la aportación que brindará este proyecto de tesis, para

que se puedan tomar decisiones gerenciales en la mejora del proceso de empaque de la organización. En base a la realización de estudios de ingeniería en producción industrial referente al proceso de empaque, para que sus tiempos a nivel de la cadena de valor sean optimizados con la propuesta de mejora al sistema de envase final del producto, lo que generará un incremento de la rentabilidad de la empresa, permitiéndole así crear plazas de trabajo que aporten positivamente al sector agropecuario del país.

Debido a las situaciones que se han presentado el siguiente estudio tiene gran relación con la carrera de Ingeniería en Producción Industrial y engloba los siguientes ejes como son: Medición del trabajo y la productividad, Simulación de procesos, y Administración de la producción, conocimientos de automatización, estadística y conocimientos de costos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora para el proceso final de empaque, mediante el análisis de su cadena de producción, así como el estudio de sus tiempos, utilizando herramientas de ingeniería en producción industrial.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar los tiempos de producción utilizados en el proceso de empaque y así definir oportunidades de mejora.
- Analizar el rendimiento del proceso productivo de la planta de compostaje.
- Realizar el estudio de un sistema o método de empaque para su optimización y control del mismo.
- Analizar la factibilidad económica de la implementación de dicho sistema para el producto final.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fertilizantes

El hombre a lo largo del tiempo se ha dedicado a cultivar los suelos, ya que esto es necesario para el desarrollo de la vida humana, actividad que le ha permitido subsistir desde hace miles de años. Los suelos son indispensables para la producción de alimentos, y estos comienzan a desgastarse por los cultivos que se realizan en los mismos y pierden sus nutrientes, por tal motivo es preciso tratarlos para que estos puedan rendir y satisfacer necesidades. Una de las formas que el hombre ha implementado es el uso de fertilizantes. Desde épocas remotas el hombre se ha dado cuenta que el estiércol es una de la fuentes naturales para recuperar las tierras cansadas como resultado de los procesos de cultivo (FAO, 2002, p. 1).

Los microorganismos son parte fundamental para la aportación de minerales al suelo, antes del desarrollo de los fertilizantes o abonos orgánicos estos microorganismos dependían de la disgregación de los minerales del suelo, pero en realidad esta aportación era lenta para la restauración de las tierras, por esa razón al existir una cantidad mínima de estos elementos es difícil la recuperación de los suelos a una producción a gran escala (Navarro, G., y Navarro, S., 2014, p. 45).

Gracias al perfeccionamiento de los fertilizantes, los elementos nutritivos de los suelos son recuperados, y así de esta manera se mejora la fertilidad natural de las tierras (Navarro, G., y Navarro, S., 2014, p. 45).

2.2. Conceptos y tipos

Los fertilizantes son todo aquello que conforma abono, sea este de material inorgánico u orgánico, ya que por medio de estos las plantas pueden restablecer sus nutrientes y minerales, y así lograr un crecimiento correcto. La gran importancia de los fertilizantes es generar otro ciclo de producción, tanto para suelos como para plantas y que esta producción se realice en corto

tiempo con los mismos minerales y aportaciones nutritivas necesarias para su desarrollo (Finck, 1988, p. 13).

Los abonos tienen como objetivo sanar el desgaste y las deficiencias que sean generado en suelos y plantas y así devolverles las mismas propiedades, es importante entender que los elementos que conforman estos deben ser los indicados para el aseguramiento de la fertilidad en campos (Navarro, G., y Navarro, S., 2014, p. 46).

Los elementos que contienen estos fertilizantes son esenciales para el desarrollo vegetal y esos se clasifican en (Navarro, G., y Navarro, S., 2014, p. 47-48):

- Nutrientes esenciales: nitrógeno, fósforo, potasio
- Nutrientes secundarios: azufre, sodio, calcio y magnesio.

Se podrá considerar como elemento nutriente al producto que disponga de las siguientes características:

- Aportación de nutrientes a las plantas y capacidad para mejorar las propiedades del suelo
- Que el producto a implementarse disponga de muestras y análisis para de esta manera determinar la riqueza y cualidades del mismo
- Que no tenga repercusiones para la salud y el medio ambiente al momento de usarlo.

2.3. Compostaje

2.3.1. Residuos orgánicos

Los desperdicios son generalmente aquellas materias que son el resultado de las actividades de producción y consumo que no han creado algún valor, en la línea que se producen, este puede ser un valor económico generado por la falta de tecnología pertinente para su aprovechamiento ya que no existe un

mercado para los residuos o productos recuperados. Como parte de esto están los residuos biodegradables que son todos los desperdicios en condiciones de vertido, es decir, cuando los desechos son arrojados en algún lugar, estos pueden descomponerse, en dos tipos de forma aerobia o anaerobia, como ejemplo están los residuos de alimentos, de jardín, el papel y el cartón. Por otro lado se encuentran los residuos que provienen de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza, pesca, y finalmente los provenientes de la preparación y elaboración de alimentos. Los subproductos biodegradables se agrupan en las siguientes categorías: 1) desechos de las deyecciones de los animales como pueden ser estiércoles y purines los cuales son todos los residuos orgánicos como aguas residuales, restos vegetales, semillas, etc., residuos de tejido animal, estos pueden ser los procedentes de mataderos, residuos de tejido vegetal, estos incluyen las cosechas y los procedentes de las industrias agroalimenticias, como las de elaboración de frutas, hortalizas, aceites, industrias de conservas de elaboración de azúcar, de productos lácteos, bebidas alcohólicas (viticultura, cerveza) y no alcohólicas; 2) los subproductos que vienen de la transformación de la madera, residuos de la industria de la transformación del papel y cartón; 3) subproductos que provienen de los tratamientos de aguas residuales como son los lodos y digestos lixiviados y, 4) los desechos sólidos urbanos que se consideran aquella parte de los residuos biodegradables que llegan de los desechos domésticos y los similares que sean han generado en comercios, oficinas, instituciones, también de los residuos de la limpieza urbana, así como la limpieza de parques y jardines (Campitelli, 2014, p. 11-12).

2.3.2. El compostaje como alternativa de tratamiento de residuos

El compostaje genera un doble efecto para el ambiente cuando se halla dentro de los procesos de reciclado y de valorización de los desechos orgánicos. Por una parte se logra minimizar la presencia de estos en el medio y por otro lado, la aplicación al suelo de material orgánico que deben ser correctamente tratados, lo que se conoce como el proceso de remediación, lo que permitirá

mejorar los requisitos físicos, químicos y biológicos de los suelos (Campitelli, 2014, p. 17).

2.3.3. El compostaje de los residuos orgánicos

El compostaje convencional es un método técnico que se utiliza con la finalidad de resolver, de cierta manera, la contaminación ambiental, para disminuir la cantidad de rellenos sanitarios, depósitos a cielo abierto, controlar los vertederos y quema de desechos orgánicos. La remediación de los residuos orgánicos es una técnica económicamente recomendable cuando se manejan grandes cantidades de desechos orgánicos, esto implica disminuir costos operativos; éste actúa como un sistema oxigenado, en consecuencia menor producción de olor y un producto final más estable.

El abono orgánico o compostaje es un proceso productivo como cualquier otro, ya que al serlo, este puede tener limitaciones sean estas propias o impropias. Dentro de las primeras hallamos las relacionadas de tipo político, social, económico y tecnológico, por otra parte las que son relacionadas con las limitaciones del mismo proceso y de los materiales necesarios de compostaje como: características físicas, contenidos de agua, materia orgánica, nitrógeno y contaminantes (Moreno y Moral, 2008, p. 85 - 87). En la figura 2 podemos divisar el proceso de compostaje con todas estas características requeridas.

El abono orgánico es una de las maneras para remediar los residuos orgánicos de diversos orígenes como pueden ser las hortícolas, agrícolas, ganaderos, domésticos, etc., con la finalidad de agregarles valor ya que estos representan el 40% de los residuos sólidos urbanos (Campitelli, 2014, p. 18).

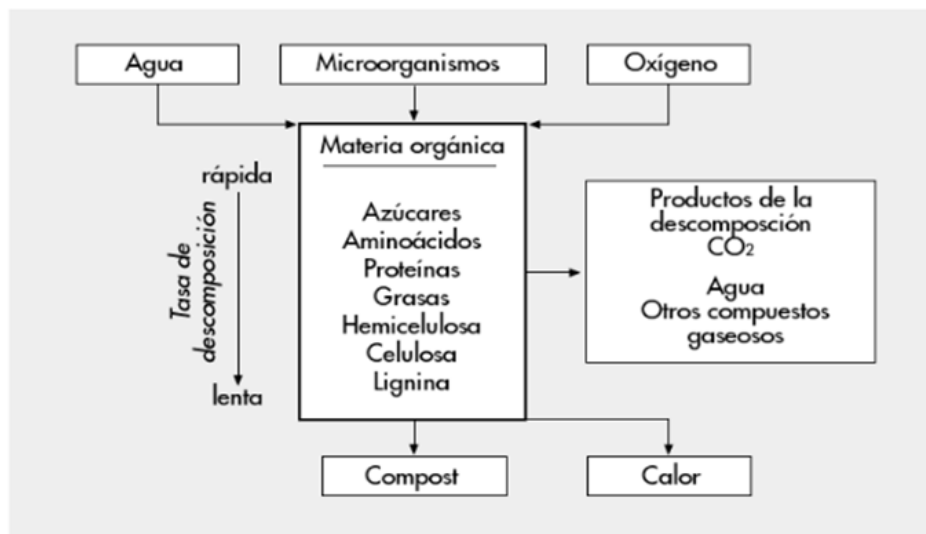


Figura 2. Proceso de compostaje.

Tomado de (Campos, Elías & Flotats, 2012).

2.4. Productividad

Productividad se puede precisar como la relación existente entre la cantidad de bienes y servicios producidos respecto a la cantidad de recursos utilizados. En la elaboración de productos, la productividad sirve para comparar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los trabajadores. Productividad en relación a empleados es lo mismo que rendimiento. Si tenemos un enfoque sistematizado podemos referirnos que algo o alguien es productivo con una cierta cantidad de recursos (insumos) en un periodo determinado de tiempo para producir la mayor cantidad de productos (Jiménez & Castro, 2009, p. 6). Algo importante a analizar es que la productividad en las máquinas y equipos viene como parte de sus características técnicas, es decir la eficiencia o rendimiento de la misma, mientras que es totalmente distinto en el recurso humano o los empleados ya que deben considerarse factores que influyen, así como la relación de cantidad producida por recursos que se hayan utilizado, en la productividad entran en conjunto aspectos muy importantes como (Jiménez & Castro, 2009, p. 6):

- Calidad: es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de trabajo
- Productividad = Salidas/Entradas
- Entradas: Mano de obra, Materia prima, Maquinaria, Energía, Capital
- Salidas: Productos, Servicios

2.4.1. Importancia de la productividad

Una de las formas exactas en la que un negocio u organización pueda crecer es incrementando sus ganancias o su rentabilidad que se efectúa mediante el aumento de su productividad. Mejorar la productividad significa, el aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida, es decir que en una hora de trabajo los productos o bienes se incrementan gracias a la inversión que puede darse en la empresa, sin necesidad que ésta siempre sea económica, más bien aplicando métodos sencillos e ingenieriles, por tal razón las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad son: el estudio de tiempos, los estándares conocidos como medición del trabajo y el diseño de trabajo. También involucran todos aquellos aspectos de una industria o negocio, ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración, los cuales ofrecen módulos en los cuales pueden aplicarse métodos, estándares y diseño del trabajo. Se debe siempre tener en mente que la productividad puede mejorar mediante la aplicación inteligente de métodos relacionados con estándares y diseño del trabajo (Mercader et al., 2008, p. 22).

Dentro de una industria una de las áreas considerada clave para su éxito es el área de producción. En dicha área los materiales son solicitados y controlados; para que esto sea garantizado la secuencia de operaciones, de las inspecciones y de los métodos son determinados; las herramientas son solicitadas; los tiempos asignados; el trabajo es programado, asignado y se le da seguimiento, y lo más primordial dentro de una organización, es el aseguramiento de la satisfacción del cliente que es mantenida con productos de calidad entregados justo a tiempo (Niebel & Freivalds, 2009, p. 1-2).

Se llega a la conclusión que los métodos, estándares y la actividad del diseño del trabajo son realmente la parte fundamental del área de producción, en este sector los empleados determinan si el producto se va a fabricar de una manera competitiva por medio de estaciones de trabajo, herramientas y relaciones trabajador - máquina que deben ser eficientes. En este punto es donde la gente determina si la mejora va acompañada de la creatividad, métodos óptimos para que exista una buena relación en el ámbito laboral con la comprensión de los estándares laborales adecuados y justos (Niebel & Freivalds, 2009, p. 1-2).

2.4.2. Medición de la productividad

Vamos a poner un ejemplo de cómo la productividad se puede medir, para algunos casos está puede medirse de forma inmediata, la relación de horas de trabajo para producir una tonelada de acero específico, o también la energía necesaria para generar un kilovatio de electricidad. La productividad se mide siempre por unidad de tiempo. Esto lo resumimos en la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{unidades producidas} / \text{inputs empleados} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La utilización de un solo recurso en input para medir la productividad, como se mostró en el anterior párrafo, se conoce como productividad monofactorial, es decir que nada más nos enfocamos en una variable o recurso para medirlo, por otra parte el análisis real se centra en la productividad multifactorial, la cual supone una visión más amplia, ya que ésta incluye todos los inputs generados como por ejemplo: trabajo, material, energía, capital, etc. La productividad multifactorial se calcula mediante la suma de todas las unidades de entrada (inputs) estos conforman el denominador y se la conoce como productividad de un factor total:

$$\text{Productividad} = \text{Output} / (\text{trabajo} + \text{capital} + \text{energía} + \text{material} + \text{varios}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Para que sea más factible el cálculo la productividad multifactorial, los inputs individuales que se encuentran en el denominador pueden expresarse en unidades monetarias y así poder sumarse (Lefcovich, 2009, p. 9).

2.4.3. Condiciones para la productividad óptima en todo el proceso productivo

Para lograr el mejor nivel de productividad se requiere de un proceso sistemático el cual debe cumplirse en torno a los siguientes parámetros (Lefcovich, 2009, p.15):

- Diseño adecuado del producto o servicio
- Selección de la tecnología
- Planificación de la calidad requerida
- La utilización óptima de los recursos (instalaciones, materiales e insumos, personal)
- El estudio para tales efectos de métodos y tiempos, programación y coordinación.

Los procesos de producción están obligados a mejorar continuamente con el propósito de elevar la productividad, y ello requiere que cada proceso que interviene en la cadena productiva haga uso de todas las herramientas necesarias para mejorar su calidad y por ende su rendimiento, es así que desde el diseño del producto, la correcta distribución de funciones al personal, el buen uso de las instalaciones, de los materiales que intervienen en los procesos productivos conllevan a elevar la calidad, esto hace que constantemente la empresas deban capacitar al personal a través del desarrollo tecnológico e innovar e implementar métodos adecuados en las distintas operaciones del proceso de producción, determinando el tiempo necesario para la ejecución de las operaciones, y que la planificación, la

programación y la coordinación sean la guía principal para llegar al nivel más elevado de la eficacia.

2.5. Medida del trabajo

2.5.1. Estudio de tiempos

Realizar la medición de tiempos ayuda a complementar la necesidad de efectuar un correcto estudio de métodos y movimientos. Consiste básicamente en determinar el tiempo que requiere un trabajador normal, el cual sea calificado y entrenado, para que desarrolle sus actividades con herramientas apropiadas, trabajando en marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, para hacer un trabajo o tarea asignada (Palacios, 2016, p. 243).

Taylor fue quien inició el estudio de tiempos y gracias a ello, se empezó a determinar los tiempos estándar dentro de una operación, ya que corresponden a los tiempos de una persona competente para realizar el trabajo en condiciones normales. Los argumentos necesarios para tener estimaciones de tiempo son (Meyers, 2000, p. 10):

- Las compañías deben cotizar un precio competitivo
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura
- Establecer un programa de fabricación
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes
- Planear la llegada de las materias primas.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas.

En la actualidad para realizar un estudio exhaustivo de estandarización se usan los métodos, los movimientos y los tiempos juntos como herramientas de análisis (Fig. 3), a fin de encontrar la manera más económica de ejecutar el trabajo, se requiere: normalizar los métodos, movimientos, materiales,

herramientas e instalaciones, para después poder determinar los tiempos estándar y finalmente dentro del proceso entrenar a los operarios en el nuevo método (Palacios, 2016, p. 245).



Figura 3. Estudio de tiempos.

Tomado de (Omar Dario, 2009).

El estudio de tiempos integra tres etapas según Palacios (2016):

- Diseño de operación nueva o perfeccionada
- Instalación, ajuste, aprendizaje y verificación
- Estudio de tiempos estándar o representativo.

Después de realizar el análisis del estudio de tiempos y una vez que se establezcan los tiempos estándar no se pueden variar arbitrariamente debido a los contratos existentes entre obreros y patronos. Sólo si existe un cambio considerable en la operación, se podría variar, o en el caso de que se haya cometido un error de cálculo al determinar el estándar. Estos tiempos se deben actualizar por lo menos cada seis meses.

Los objetivos principales que tiene el estudio de tiempos se mencionan a continuación (Palacios, 2016, p. 245):

- Medir el rendimiento de las máquinas y los operarios
- Determinar la carga apropiada para las máquinas y las personas
- Establecer el ciclo de producción para las fechas de embarque al cliente
- Determinar las bases para una equitativa remuneración
- Servir de base para determinar el costo de manufactura
- Planear las necesidades de equipo, mano de obra y materias primas.

2.6. Diseño de procesos de producción

2.6.1. Tiempo de proceso

Se refiere al tiempo total que conforman todas las operaciones del proceso hasta que se obtiene una unidad de producto o lote de transferencia entre operaciones. También es importante entender que esto se obtiene por suma de tiempos del trabajador principalmente, siempre y cuando los tiempos de máquina acontezcan simultáneamente a los anteriores, ya que es el tiempo necesario en el cual se pueda entregar el producto al consumidor o al proceso siguiente (Cuatrecasas, 2012, p. 163).

2.6.2. Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo se refiere al momento que transcurre desde que un proceso termina una unidad o lote de producto, es decir que sale del proceso tras la última operación del mismo, hasta que termina la unidad o lote siguiente. El tiempo de ciclo no debe coincidir por ninguna razón con el de proceso; así colocamos un ejemplo, en el proceso de una cadena de montaje de automóviles, éste puede durar más de una hora lo cual equivaldría al tiempo de proceso, mientras que su tiempo de ciclo normalmente es entre 30 a 60 segundos, lo que se entiende que se demora de 30 a 60 segundos entre la

salida de un automóvil finalizado y el siguiente, así entonces dará lugar a la producción de más de 2000 vehículos en una jornada de tres turnos. Siempre el tiempo de ciclo, en principio será, el tiempo o ciclo de trabajo del último operario, por la razón de que éste entrega una unidad de producto terminado (Cuatrecasas, 2012, p. 164).

2.6.3. Takt time

Para calcular el Takt time se debe tener dos variables ya que se relacionan una con la otra, hablamos de la demanda de los clientes versus la disponibilidad de tiempo productivo. El Takt time mide el ritmo por el cual se debe producir para satisfacer la demanda del cliente de manera exacta, por lo cual esto representa una guía para un ritmo de producción. Si se produce a un ritmo mayor, es decir más rápidamente, que el tiempo de ciclo inferior al Takt time, se tendrá una capacidad superior a la demanda por lo tanto el sistema de producción deberá estar detenido parte de la jornada laboral, por el contrario si producimos a un ritmo menor, es decir, más lentamente, con un tiempo de ciclo que esté por encima del Takt time, sucederá que nunca se alcanzará la cantidad demandada y esto traerá como resultado que una parte de la demanda se encuentre insatisfecha (Suñé & Arcusa, 2004, p. 98).

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible\ x\ día}{Producción\ total\ requerida\ x\ día} \quad (Ecuación\ 3)$$

Cabe mencionar que por medio del Takt time se analizan las operaciones de cada estación de trabajo con sus respectivos tiempos y operadores, para que de esta manera se estudie la línea de producción y se pueda balancear en el caso de ser necesario.

- El Takt Time es un rango de tiempo o es el ritmo en el cual una compañía debe producir sus productos para satisfacer la demanda del cliente
- El Takt Time mantiene un paso regular y predecible que forma parte del trabajo estandarizado
- El Takt time debe ser calculado antes de que las actividades puedan ser planteadas. Cada vez que el Takt time cambie, las actividades del personal deben cambiar, así como muy probablemente el layout de la célula o estación de trabajo (Galgano, 2004, p. 105 – 107).

2.6.4. Value Stream mapping (VSM)

Antes de iniciar el análisis de un proceso de producción, es necesario realizar un mapeo de la situación actual, exponiendo el flujo de material y de información, el VSM (value stream mapping), es una herramienta que permite identificar todas las actividades, operaciones, procesos que se encuentran a lo largo de una cadena o flujo de valor para un producto o familia de productos. Para llevar esto a efecto se debe recolectar todos los datos de la planta (Fig. 14), sin confiar en documentos o informes pasados ya que la herramienta se enfoca en la situación actual del flujo de valor perteneciente a la empresa. Por esta razón al momento de implementar una herramienta *lean*, es necesario que participen todos los miembros que estarán involucrados en el desarrollo de la mejora (Rajadell & Sánchez, 2009, p. 33).

La finalidad del VSM es demostrar cómo se puede representar de manera esquemática cualquier proceso productivo, logístico o administrativo (Fig.4), ya que permite interpretar y facilita la identificación de cada una de las operaciones que generan valor con respecto a aquellas que serán consideradas mudas o desperdicios que no agregan valor en el flujo, para que de esta manera se priorice en las áreas donde se puede hacer una mejora en un futuro. El VSM ayuda a comprobar el correcto cumplimiento con la demanda

y se visualiza las posibles dificultades que se pueden presentar para satisfacerla (Rajadell & Sánchez, 2009, p. 34-35).

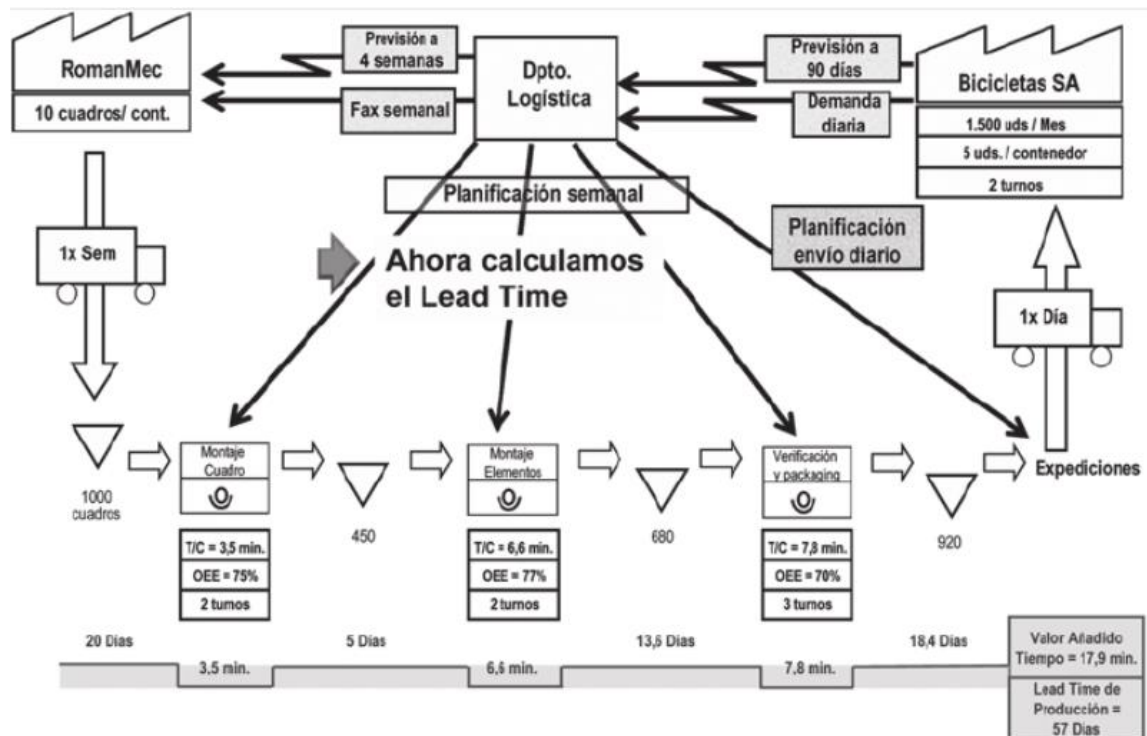


Figura 4. Ejemplo de un VSM.

Tomado de (Rajadell & Sánchez, 2009).

2.6.5. Diagrama de flujo

Los procesos se pueden representar de forma gráfica y como un ente individual, para que de esta forma se puedan resumir y ser interpretados de manera fácil y sencilla, por tal razón existe una herramienta denominada diagrama de flujo o flujograma. Esta herramienta gráfica fue diseñada por informáticos en los años de 1940, basados en métodos que ya previamente existían. Era un método simple de fácil entendimiento e interpretación, pero a pesar de esto perdió campo en el área informática, sin embargo fue aprovechado por la gestión empresarial, dando grandes resultados a la hora de ilustrar gráficamente los procesos, y se convirtió en una herramienta de gran

utilidad para el área empresarial, con ello la comprensión visual es directa y sistemática de cualquier proceso que lo describa (Pardo, 2012, p. 23).

Los flujogramas se pueden utilizar en múltiples actividades, y entre ellas se encuentran las siguientes (Pardo, 2012, p. 23):

- Se puede utilizar para identificar problemas y oportunidades de mejora, establecer recursos, coordinar actuaciones, delimitar tiempo, entre otros
- Es muy útil para establecer indicadores operativos
- Constituye una alternativa muy apropiada para documentar procesos. Al encontrarse el proceso representado de forma gráfica, puede entenderse de un solo vistazo con mayor rapidez que leyendo un texto, lo que facilita su comprensión, aún para personas no familiarizadas
- Se puede llegar a un acuerdo de métodos de aplicación en cada uno de los procesos al observar solamente el diagrama.

2.6.5.1. Tipos de diagrama de flujo

Existen diferentes tipos de flujogramas los cuales podemos encontrar a continuación:

- Flujograma de forma matricial

Los flujogramas de forma matricial se caracterizan porque los agentes que intervienen en el proceso se visualizan en la parte inicial de la cabecera del diagrama, y de forma simultánea se encuentran las actividades subordinadas a ellos, las cuales pertenecen y son desempeñadas por cada uno de los ejecutores (Fig. 5). El flujo de forma matricial es el más descriptivo, prácticamente muestra las tareas correspondientes a cada uno de los agentes llegando a empoderarlos, también delimita cargas de trabajo, evidencia los puntos de contacto entre los agentes ejecutores, etc. (Pardo, 2012, p. 24).

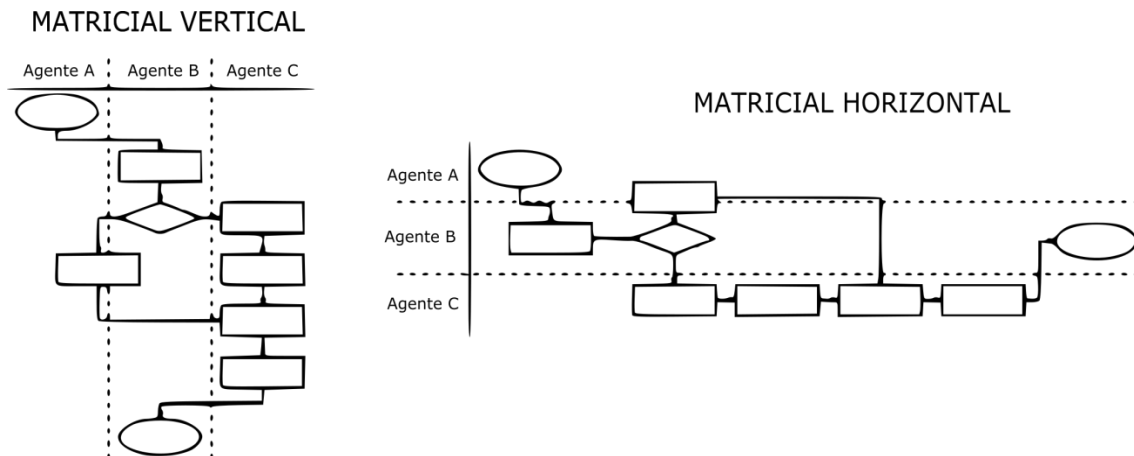


Figura 5. Flujogramas tipo matricial.

Tomado de (Pardo, 2012, p. 24).

2.6.6. Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa es una representación conocida como diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado. Tiene una línea horizontal en la cual se registra el problema que se va analizar, cuyo principal efecto se describe a la derecha, y en sus líneas en forma de espina de pescado constan los distintos elementos causales (Guisande y Vaamonde, 2013, p. 279).

La variedad de causas de un problema pueden ser organizadas en cinco o seis grandes grupos, para efecto de establecer un plan que enliste diferentes acciones prácticas y adecuadas para resolver el problema y verificar que causas dan origen al mismo. Evitando focalizar los recursos en una sola causa (López, 2016, p. 67).

Dentro del diagrama Ishikawa se analizan 6 categorías principales que están relacionadas directamente con el problema estas son las siguientes: Mano de obra, Máquinas, Materiales, Métodos, Medio Ambiente y Medidas, cabe mencionar que no todas necesariamente se aplicarían al efecto.

En la siguiente imagen podemos visualizar la estructura del diagrama Ishikawa:



Figura 6. Diagrama Ishikawa.

Tomado de (Bojorquez, 2013).

2.6.7. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, es una herramienta que mediante barras permite identificar prioridades y causas, debido a que se establecen por orden de importancia los diferentes problemas existentes dentro de un proceso.

El diagrama se basa en el conocido principio de Pareto, como la "Ley 80 – 20", donde hace referencia a los "pocos vitales y los muchos triviales", lo que significa que solo unos pocos elementos de un proceso (20%) generan la mayor parte del defecto (80%), el restante genera muy poco del efecto global (Gutiérrez, 2014, p. 193). El análisis de Pareto se aplica a cualquier tipo de problemas sean estos de calidad, seguridad, eficiencia energética, conservación de materiales, etc.

La figura 7 nos permite visualizar el diagrama de Pareto, en el cual, las barras representan la cantidad de fallas y la curva nos da a entender el porcentaje acumulado de las mismas.

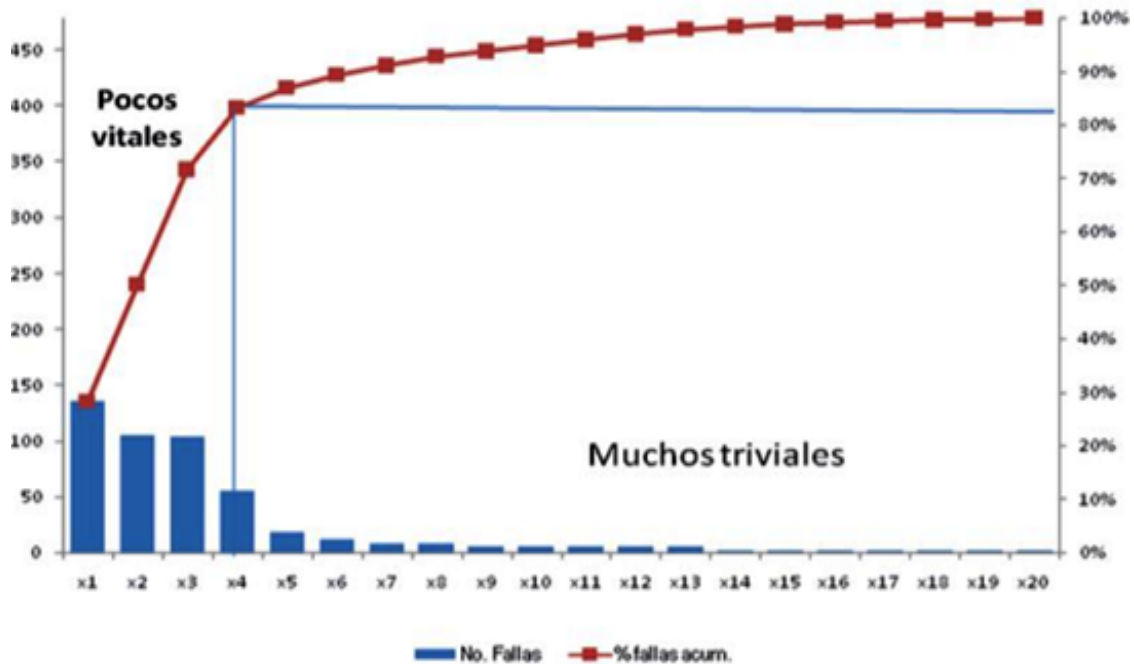


Figura 7. Diagrama de Pareto.

Tomado de (Ministerio de la Protección Social de Colombia, s.f.).

2.7. Almacenaje

Almacenar es la función en la cual la empresa controla los productos mediante los procesos de recepción, almacenamiento, conservación y custodia hasta la entrega del producto al cliente.

El proceso de producción y demanda de los clientes no son iguales, requiere que éstos se almacenen correctamente para facilitar su ubicación y hacer la entrega a tiempo, se almacenan no solo productos para la venta sino también materias primas, materiales y varios componentes que intervienen para su proceso de fabricación (Campo & Hervás, 2013, p. 11). En la figura 8 se muestra cómo puede estar almacenado el producto final mediante un silo o contenedor.

2.7.1. Clase de producto y su empaque

El empaquetamiento del producto se encuentra condicionado a su estructura física y a la infraestructura de equipos y plataformas (muelles) para recibir el

producto por esta razón se han distribuido en tres principales grupos de unidades de manejo de los productos como son: paletizado (uso de estibas), a granel (líquidos, polvos y granos), arrume (cajas, unidades sueltas) (Mora, 2011, p. 22-23). En el estudio que se está realizando también se tomará en cuenta el método al granel.

2.7.1.1. A granel

Debido a la composición física de los materiales al ser trasladados en grandes cantidades se aplica el método del recibo a granel, puesto que no es posible manejarlos en los empaques tradicionales, por ejemplo cajas o bultos, sin embargo hay productos como granos y cemento que si se manejan en bultos en la fase de distribución a los clientes, pero también los mayoristas trasladan dichos materiales en camiones cisterna. (Mora, 2011, p. 24). Cabe mencionar que el material de abono orgánico es trasladado a granel y además puede estar contenido en silos para proceder a su empaque en sacos.



Figura 8. Ejemplo de almacenaje – Silo.

Tomado de (Mora, 2011, p.24).

2.7.2. Sistema de almacenamiento

Entre los diferentes tipos de almacenamiento que se pueden implementar, muchos poseen por lo general una tolva instalada en el sistema; de hecho, la tolva es una parte fundamental que permite que el producto sea almacenado o empacado directamente. Se emplean grandes contenedores o silos (Fig. 8) para almacenar este tipo de productos granulares o pulverizados (Castillo, 1980, p. 25, 104).

2.7.3. Tolvas

Una tolva prácticamente es un dispositivo parecido a un embudo de gran tamaño destinado al almacenamiento de la materia prima o del producto terminado antes de su dosificación en los envases, para el llenado se lo puede realizar manual o mecánicamente, de ahí el material se dirigirá a la boca o tubo por donde saldrá el producto cuando se produzca la orden de descarga (Fig.9). Es importante que el material se esté abasteciendo constantemente a la tolva para que no se produzca fallos en la dosificación (Muñoz, 2012, p. 12 - 13).



Figura 9. Tolva para productos de difícil fluidez.

Tomado de (Bega, s.f.)

2.8. Dosificador de tornillo sin fin

Este es un modelo dosificador que le permite a la tolva de almacenamiento contener uno o varios tornillos sin fin (Fig. 10) para que estos sean el medio por el que se determina el volumen de producto a envasar.

Para poder determinar la cantidad de producto que ingresara al envase, se programará el número de vueltas que los tornillos giraran para suministrar la dosis requerida. Este tipo de dosificador es generalmente usado para productos en polvo (Muñoz, 2014).

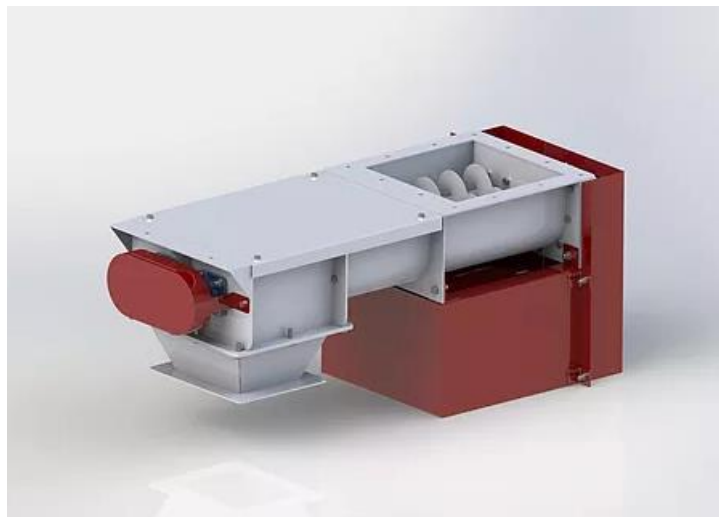


Figura 10. Ejemplo de dosificador de tornillos.

Tomado de (Bega, s.f.)

2.9. Simulación

Simular es una técnica que permite realizar imitaciones del comportamiento de un fenómeno o un objeto. La simulación lo entenderíamos como un procedimiento de análisis que nos permite recabar información del proceder de objetos reales basado en la creación de una réplica o modelo en donde se muestra una conducta similar al objeto que representa, y entender al menos los aspectos más relevantes sobre este tema (Gozálvez & Santafé, 2015, p. 1).

Simular es una razón fundamental de aproximarse a la realidad, al permitir entender el significado de los parámetros que describen los conceptos propios de la simulación. Para cumplir este propósito se explica y redacta el significado de las operaciones. Analizando y evaluando cada uno de estos aspectos (Urquía & Martín, 2016, p. 3e).

Los modelos se pueden clasificar en dos grandes categorías en relación a la base sobre los que se realizan:

- Modelos físicos, basados en similitudes, que pueden ser una reproducción a diferente escala del objeto de estudio (maqueta o planta piloto) o también sistemas físicos que tienen un comportamiento parecido (una analogía de resistencia entre transferencia de materia y transferencia de calor)
- Modelos conceptuales, básicamente estos son los que utilizan modelos matemáticos basados en ecuaciones que son parte de una estructura matemática, y que se resuelve mediante el ordenador (Gozálvez & Santafé, 2015, p. 1).

2.9.1. Etapas de un proyecto de simulación

Son varias las etapas de un proyecto de simulación (Tabla 1). Estas etapas son interpretativas, analíticas o de desarrollo; un proceso de simulación puede ser secuencial, aunque en la práctica no siempre es así, por ejemplo, si el modelo de simulación producido no supera la etapa de validación (etapa 5), entonces es preciso cambiar tanto el modelo conceptual como el de simulación (Piera, Guasch, Casanovas, Ramos, 2013, p. 18).

Cada una de estas etapas son necesarias porque permiten entender cómo debe desarrollarse un proyecto de simulación en función del modelo real, generando así resultados cercanos a la realidad.

Tabla 1.

Etapas de un proyecto de simulación.

Etapa	Descripción
1. Formulación del problema	Definir el problema a estudiar, incluyendo los objetivos escritos del problema.
2. Diseño del modelo conceptual	Especificaciones del modelo a partir de las características de los elementos del sistema a estudiar.
3. Recogida de datos	Identificar, recoger y analizar los datos necesarios para el estudio.
4. Construcción del modelo	Elaborar el modelo de simulación partiendo del modelo conceptual y de los datos.
5. Verificación y validación	Comprobar que el modelo se comporta como se espera y que existe la relación entre sistema real y el modelo.
6. Diseño de experimentos y experimentación	En función de los objetivos de estudio desarrollar las estrategias de definición de los escenarios a simular.
7. Análisis de resultados	Analizar los resultados y detectar problemas para su mejora.
8. Documentación	Proporcionar documentos sobre el trabajo realizado.
9. Implementación	Poner en práctica las decisiones efectuadas con el estudio de simulación.

Adaptado de (Piera, Guasch, Casanovas y Ramos, 2013, p. 19).

2.10. Controlador lógico Programable

Sus siglas de PLC provienen de su nombre en inglés, que significa: Programmable Logic Controller. También a este dispositivo de control electrónico se le conoce como: "Autómata programable industrial".

El PLC, es un dispositivo que admite mayor libertad de programación, ya que permite controlar las secuencias de dos máquinas o más en paralelo al mismo

tiempo, aun cuando éstas se manejan de manera independiente, y responden a informaciones no secuenciales para la toma de decisiones (Ortiz, 2010, p. 126).

El PLC es un dispositivo electrónico que controla una máquina o un proceso y físicamente es una caja de control con dos filas de terminales, que conectan la entrada y la salida (Ortiz, 2010, p. 126).

Un PLC controla un proceso o efectúa una secuencia de acciones de manera automática a partir del desarrollo de un programa definido de acuerdo a las necesidades del usuario. Lo realiza ejecutando en forma cíclica una secuencia de instrucciones que, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, deciden cuándo conmutar sus salidas, donde se encuentran conectados los actuadores (Daneri, 2008, p. 89).

2.10.1. Estructura básica de un PLC

Las partes fundamentales son la unidad central de proceso o CPU, y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el cerebro del PLC y está formada por el procesador y la memoria. El procesador se encarga de ejecutar el programa escrito por el usuario que se encuentra almacenado en la memoria. Además, el procesador se comunica con el exterior mediante sus puertos de comunicación y realiza funciones de autodiagnóstico.

La interfaz de entrada trabaja en adaptar las señales provenientes de los elementos captadores (Fig. 11), como son: botoneras, llaves, límites de carrera, sensores de proximidad, presostatos, sensores fotoeléctricos, etc., Para que la CPU pueda interpretar como información. De otro modo, cuando la CPU resuelve, a través de su programa interno, activar algún elemento de campo, la interfaz de salida es la que administra la potencia requerida para comandar el actuador (Daneri, 2008, p. 90).

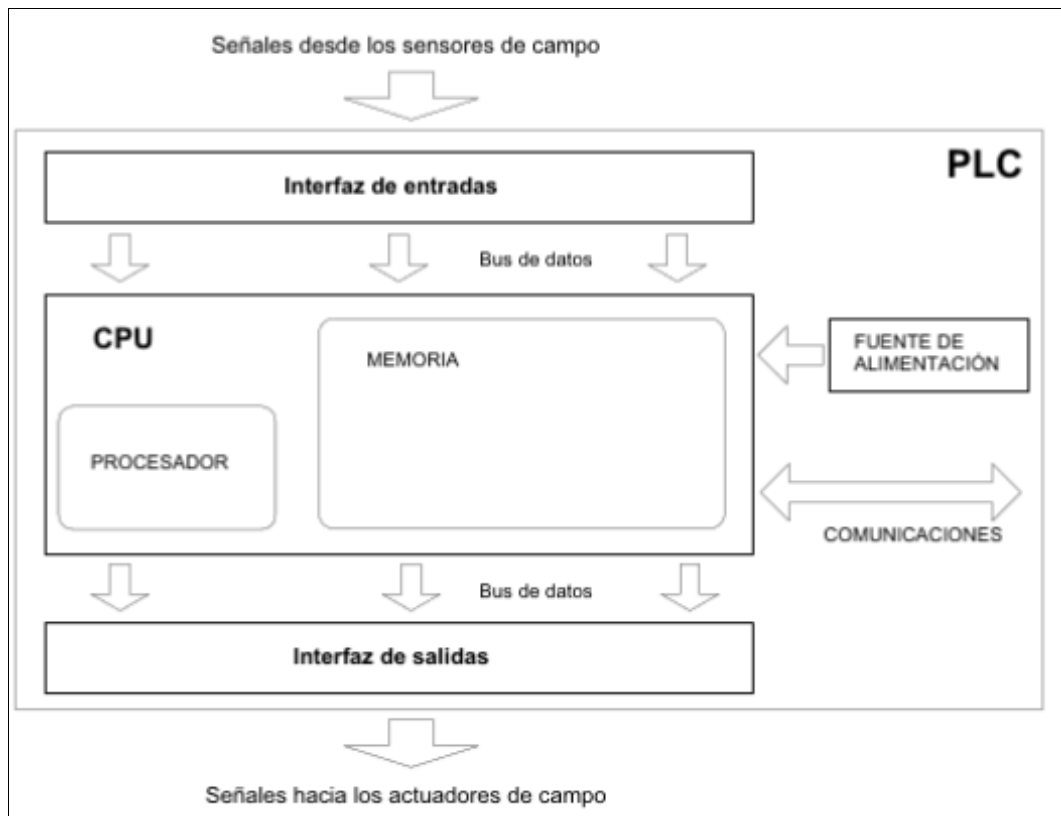


Figura 11. Componentes interno de un PLC.

Tomado de (Daneri, 2008, p. 90).

3. SITUACIÓN ACTUAL: PROCESO DE PRODUCCIÓN

El área de producción de la empresa Abonos Chávez Miño, tiene una extensión de 15 000 m², 121 metros de ancho por 124 metros de largo. Se divide en tres áreas: Almacenamiento de insumos, preparación de microorganismos y área de biopilas (Fig. 12).

En la bodega de almacenamiento de insumos se guarda el producto de microorganismos benéficos, la gallinaza, el diésel combustible con el que funciona la máquina de volteo mecánico, un termómetro de campo, una balanza electrónica, un instrumento para medición de emisión de gases y una cosedora eléctrica para el sellamiento de los sacos.

En el área de preparación de microorganismos se encuentran tanques de plástico para realizar la mezcla que se aplica en las biopilas (Fig. 12).

El área de biopilas se divide en cinco lotes con un total de sesenta y dos biopilas (Abonos Chávez – Miño, 2017). Cabe mencionar que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

1. Existe el área de recepción de materia prima
2. El área que corresponde a la producción de biopilas de abono y de producto terminado.

Es importante indicar que todavía no existe una identificación clara de cómo se encuentra la línea de producción debido a que la materia prima tarda varias semanas en ser remediada y de igual forma la ubicación de un sistema o método de empaque que ayudaría a simplificar procesos finales.

Para poder tener una mayor comprensión de la planta se realizó el layout actual con la distribución de las áreas descritas anteriormente que se encuentran en los Anexos 32 y 34.

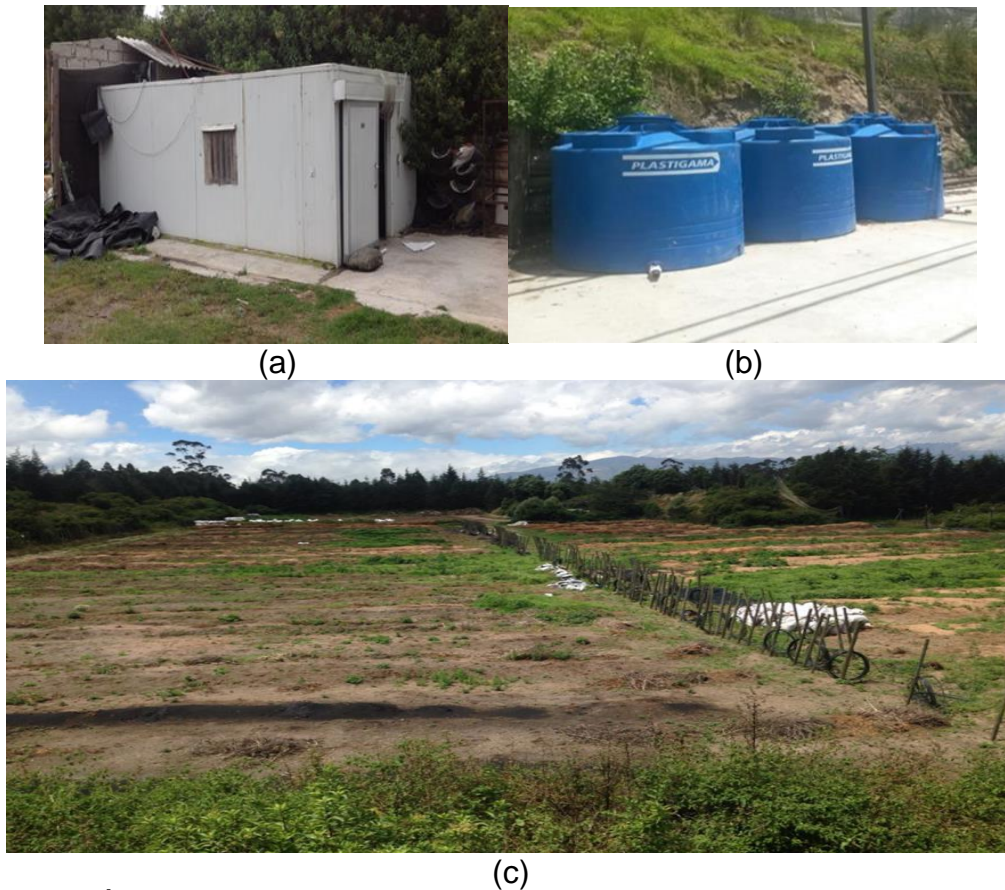


Figura 12. Área de producción de abono orgánico.

- (a) Almacenamiento de insumos.
- (b) Tanques y preparación de microorganismos.
- (c) Área de biopilas.

3.1. Proceso de producción

En el proceso de producción la empresa utiliza como materia prima residuos industriales orgánicos no contaminados, bajo el seguimiento de técnicas industriales, biotecnológicas y agrícolas, los mismos que provienen de una industria de faenamiento de aves para consumo humano a la cual se la llama proveedor 1, la segunda es una productora de bebidas de consumo masivo se le asigna el nombre de proveedor 2, el tercer componente es la gallinaza (estiércol de gallina) el cual se le asigna como proveedor 3 y, capa vegetal que proviene de las florícolas denominado proveedor 4, las cantidades y registros

se pueden visualizar en los Anexos 2,3 y 4. El abono que produce la empresa es llamado Ecompost (Miño, Rivadeneira, Artieda, Casella, s.f. p. 3).

Este proceso comienza con el transporte de materia prima hasta la planta ubicada en Malchingui, el proveedor 1 Industria de faenamiento de aves recorre 40 km, el proveedor 2 productora de bebidas de consumo masivo recorre 55 km, el proveedor 3 de gallinaza recorre 20 km y la capa vegetal proveedor 4 realiza 10 pedidos de viaje al mes de 5 m³ cada viaje (Miño, Rivadeneira, Artieda, Casella, s.f. p. 4).

Una vez que la materia prima ingresa a la planta se descarga directamente en el área de biopilas. Para cada fase de compostaje se deben controlar parámetros de humedad y temperatura que se pueden divisar en la Tabla 2.

Tabla 2.

Parámetros de humedad y temperatura de biopilas.

	Fase Inicial	Fase Media	Fase Final
Humedad	60%	-	25 a 35%
Temperatura	55 a 60 °C (primera semana)	40°C (3 a 5 Semanas)	25°C (5 a 8 semanas)

Nota: Los datos fueron levantados en in situ que significa en el lugar, Anexo 1.

También es importante considerar el parámetro del porcentaje de oxígeno el cual al inicio y en la etapa media debe ser inferior al 15%, y en la etapa final debe estar sobre el 15%.

Cuando se forman las biopilas, se adicionan microorganismos además de los que constan en la materia prima, esto con el objeto de mejorar y acelerar el proceso de compostaje, los microorganismos añadidos incrementan la descomposición de la materia de trabajo y aumenta la eficiencia del proceso de compostaje.

La humedad de la materia de trabajo disminuye debido a su descomposición generada por estos microorganismos al producirse gases que elevan la temperatura. Es por esto que la empresa utiliza una máquina de volteo mecánico para oxigenar la biopila (Fig. 13). El número de volteos de la materia de trabajo depende de la temperatura de la biopila.

El abono orgánico estará listo cuando han transcurrido entre 8 y 14 semanas, es decir, cuando la biopila esté con una temperatura aproximadamente a 25°C, entonces el abono podrá ser empacado manualmente y distribuido a los consumidores.

3.2. Biopilas

La planta de producción tiene capacidad para 62 biopilas y cada una almacena aproximadamente de 35 a 40m³ de material de trabajo. Su área lineal es de 40 metros de largo por un metro de alto y un metro de ancho.

El proveedor 1 de la industria de faenamiento de aves y, el proveedor 2 de la industria de bebidas de consumo masivo entregan su materia prima durante seis días a la semana. En tanto que la gallinaza proveedor 3 hace entregas trimestrales, y las entregas de capa vegetal corresponden a 10 viajes al mes de 5m³ en cada viaje ver Anexo 1.

Cada semana se forman aproximadamente 2 biopilas de 16,50 toneladas. El material sobrante se descarga en las siguientes biopilas a ser construidas.

Los camiones están sellados, disponen de una trampa para derrames, por lo cual, al efectuar el transporte no existen pérdidas de material, sin embargo se considera 1% de pérdida por residuos que se quedan en los camiones al realizar la descarga.

Cada material es trascendental para poder formar las biopilas y cada uno de ellos tiene un porcentaje para producir el abono orgánico (Tabla 3).

Tabla 3.

Porcentajes de materia prima para elaboración de biopilas.

Materia Prima	% De Volumen en Biopilas
Lodo residual proveedor 1	45
Lodo residual proveedor 2	45
Gallinaza proveedor 3	5
Capa Vegetal proveedor 4	5
Total	100

Adaptado de (Miño, 2017).

3.3. Microorganismos

El proceso de compostaje cuenta con dos fases: La fase anaerobia que se efectúa entre dos a seis semanas, y la fase aerobia que varía entre seis a diez semanas. En estas dos fases se aplican los microorganismos para acelerar el proceso de descomposición.

En la fase anaerobia se preparan los microorganismos benéficos con 0,1 litros de producto en 19,8 litros de agua y se añade 0,1 litros de melaza. Esta mezcla se aplica por aspersión, durante dos ocasiones en esta fase.

En la fase aerobia los microorganismos se preparan en base a una mezcla de 1 litro de producto (Sumak MBA Cocktail) en 199 litros de agua con un litro de melaza. La aplicación se efectúa por goteo, tres días a la semana, con una duración de dos horas al día en época seca y de treinta minutos en época lluviosa.

3.4. Volteo mecánico de la materia prima

Se demora en este proceso un promedio de quince minutos por biopila y se efectúan 10 volteos por día, la máquina (Fig. 13) funciona a diésel con un rendimiento de 0,042 galones por cada volteo de la biopila, en la Tabla 4 se

puede divisar el número de volteos que se realiza según la temperatura que adquiere la biopila.

Tabla 4.

Número de volteos de materia prima en relación a su temperatura.

Temperatura °C	Número de Volteos por Semana
50 a 60	3
30 a 40	2
20 a 30	1

Nota: Los datos presentados en la tabla fueron levantados en in situ que significa en el lugar, Anexo 1.



Figura 13. Máquina Volteadora.

3.5. Fases del proceso de producción

Se pudieron establecer las siguientes fases del proceso de producción: transporte de la materia prima; descarga y formación de biopilas; fase anaerobia; fase aerobia; control de calidad; empaqueo y distribución del producto final.

Dentro del establecimiento de la producción o remediación del producto se pudo realizar un mapeo del proceso de producción de compostaje incluyendo sus procesos actuales (Fig. 14), así como tiempos de ciclo, el lead time, sus flujos de información, cuellos de botella, desperdicios y métodos que aún no están incluidos para la mejora de la producción de abonos dentro de la empresa.

A continuación se muestra el VSM, Value Stream Mapping, el mapeo de la cadena de valor de la empresa:

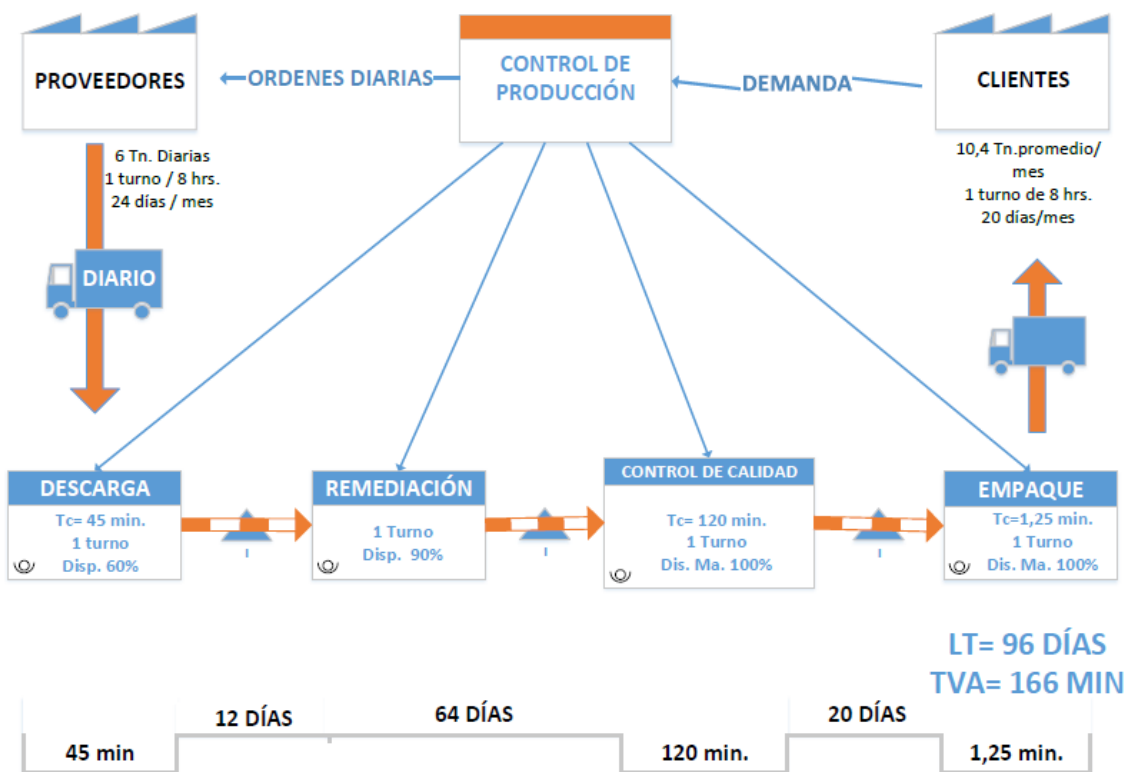


Figura 14. VSM de la planta de Abonos Chávez – Miño.

Este VSM (Value Stream Mapping) muestra la situación actual de la empresa e indica en donde se puede trabajar para mejorar los flujos y procesos de la

producción. Al observar el lead time, es decir, el tiempo que transcurre desde la realización del pedido, su producción y hasta que llegue al consumidor, contando con los tiempos muertos, estos suman 96 días de lead time; mientras que el tiempo de ciclo total o tiempo de valor agregado es de 166 minutos. Existe un promedio de ventas de 231 sacos por mes, equivalente a 10,4 toneladas a diferencia de la llegada de materia prima que es diaria con una cantidad de 6 toneladas, es importante mencionar que de las 6 toneladas el 60% contiene líquido y el 40% es materia sólida es decir 2,4 toneladas de materia residual.

Los procesos que forman parte de la cadena de producción son:

- 1) Descarga de la materia prima, con un tiempo de 45 minutos, una vez por jornada de trabajo y disponibilidad de trabajo del 60% ya que actualmente se cuenta con un operario fijo.
- 2) La remediación se realiza diariamente hasta completar el ciclo de 8 a 14 semanas con una disponibilidad de trabajo del 90%.
- 3) El control de calidad se efectúa por cada volteo y el tiempo que toma es de 120 minutos con una disponibilidad de maquinaria del 100%.
- 4) El empaque con un tiempo de ciclo de 1,25 minutos y una disponibilidad de maquinaria del 100% en una jornada de trabajo.

Una de las razones que afecta el nivel de producción es el de no tener una planificación de la misma enfocándose únicamente en los clientes fieles o constantes, sin poder ampliarlos a una gama más grande por el mismo hecho de no tener un sistema de empaquetamiento óptimo ya que esto retrasa los pedidos de entrega, entre otros problemas que se podrían analizar y determinar según el VSM de la empresa.

3.6. Producción y productividad

Cada mes se llenan 8 biopilas con material de compostaje, es decir son 2 biopilas por semana para el proceso de producción. El Producto terminado se

obtiene cada 14 semanas, por ejemplo las 2 biopilas del proceso de producción de la primera semana del primer mes, se convierten en Producto Terminado en la segunda semana del cuarto mes, y las biopilas de la segunda y tercera semana de la producción en proceso del primer mes, se transforman en producto terminado en la tercera y cuarta semana del cuarto mes, es decir hay un total de 6 biopilas con producto terminado. En el quinto mes las biopilas del proceso de producción de la cuarta semana del primer mes, más las biopilas de la quinta a la séptima semana del segundo mes, se transforman en producto terminado, es decir 8 biopilas. Entonces a partir del quinto mes se obtienen 8 biopilas de producto terminado por mes.

Esta información se puede verificar en la Tabla 5, Producción anual de biopilas con su equivalente en toneladas métricas y kilogramos, y en la Figura 15 el cuadro de Producción en Proceso y Producto Terminado.

Tabla 5.

Producción anual de biopilas en toneladas métricas y kilogramos.

MES	EN CAMAS O BIOPILAS				EN TONELADAS MÉTRICAS				EN KILOGRAMOS			
	BIOPILAS EN PROCESO	SALDO ACUMULADO BIOPILAS PROCESO MES	PRODUCTO TERMINADO EN BIOPILAS MES	TOTAL ANUAL PRODUCTO TERMINADO ACUMULADO	PRODUCTO EN PROCESO BIOPILAS TM	SALDO MENSUAL BIOPILAS EN PROCESO TM	PRODUCTO TERMINADO BIOPILAS TM	TOTAL PRODUCTO TERMINADO ACUMULADO TM	PRODUCCION EN PROCESO EN KILOGRAMOS	SALDO MENSUAL PRODUCTO EN PROCESO EN KG	PRODUCTO TERMINADO EN KG	TOTAL ANUAL PRODUCTO TERMINADO
1	8	8			128	128			128000	128000		
2	8	16			128	256			128000	256000		
3	8	24			128	384			128000	384000		
4	8	26	6	6	128	416	96	96	128000	416000	96 000	96 000
5	8	26	8	14	128	416	128	224	128000	416000	128000	224 000
6	8	26	8	22	128	416	128	352	128000	416000	128000	352 000
7	8	26	8	30	128	416	128	480	128000	416000	128000	480 000
8	8	26	8	38	128	416	128	608	128000	416000	128000	608 000
9	8	26	8	46	128	416	128	736	128000	416000	128000	736 000
10	8	26	8	54	128	416	128	864	128000	416000	128000	864 000

11	8	26	8	62	128	416	128	992	128000	416000	128000	992 000
12	8	26	8	70	128	416	128	1120	128000	416000	128000	1 120000

MES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROD. EN PROCESO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PRODUCTO TERMINADO	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 1 DEL MES 1																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 2 DEL MES 1																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 3 DEL MES 1																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 4 DEL MES 1																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 5 DEL MES 2																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 6 DEL MES 2																			
	PRODUCTO TERMINADO SEMANA 7 DEL MES 2																			
	PRODUCCION EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO MES 1																			
	PRODUCCION EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO MES 2																			
	PRODUCCION EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO MES 3																			
	PRODUCCION EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO MES 4																			
	PRODUCCION EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO MES 5																			

Figura 15. Cuadro de producción y producto terminado.

La productividad está relacionada entre la producción total sobre los recursos utilizados, por tal razón para poder medir la productividad actual de la empresa se tomó como base la producción de abono orgánico y el número de horas trabajadas anualmente, como base se tomó 16 horas laborales multiplicadas por 22 días de trabajo dando como resultado 4224 horas en el año y la producción anual que es igual a 1 120000 Kg de material Tabla 6.

La productividad laboral se calcula de acuerdo a la Ecuación 1 que es igual a:

$$Productividad\ laboral = \frac{Cantidad\ producida}{\# de\ horas\ trabajadas}$$

$$Productividad\ laboral = \frac{1120000\ kg}{4224\ hrs}$$

$$= 265,15\ kg/hora$$

Al dividir la producción para el número de horas trabajadas anualmente, tenemos como resultado que por cada hora de trabajo se produce 265,15 kg de material

orgánico lo cual nos dice que por falta de maquinaria la cantidad producida es baja.

Tabla 6.

Producción total de abono y número de horas laboradas anualmente.

Mes	Producción Kg	Hora / Mes
1		352
2		352
3		352
4	96 000	352
5	128 000	352
6	128 000	352
7	128 000	352
8	128 000	352
9	128 000	352
10	128 000	352
11	128 000	352
12	128 000	352
Total	1 120000	4 224

Nota: Para este indicador se tomó como base tres obreros; uno a tiempo completo y dos obreros extras a medio tiempo.

3.7. Transporte de la materia prima

El transporte de la materia prima lo realiza la empresa Multiservicios Técnicos Empresariales (MTE) Coronel Chávez y Cía. Cuenta con dos camiones de seis toneladas de capacidad, cada uno para transportar los lodos residuales de los proveedores 1 y 2; la gallinaza del proveedor 3, y la capa vegetal que proviene de las florícolas proveedor 4.

A continuación se muestra la Tabla 7 de recorrido de cada una de las materias primas desde su origen hasta su destino medido en kilómetros.

Tabla 7.

Distancia y número de veces de recorrido por semana.

	DISTANCIA DE RECORRIDO (Kilómetros)	NÚMERO DE VECES DE RECORRIDO POR SEMANA
PROVEEDOR 1	40	6
PROVEEDOR 2	55	6
PROVEEDOR 3	20	1 por trimestre
PROVEEDOR 4	32	10 viajes por mes
TOTAL	147	-

Adaptado de (Miño, Rivadeneira, Artieda, Casella, s.f. p. 4).

3.8. Descarga y formación de biopilas

La materia prima traída a la planta de compostaje por los camiones se descarga manualmente utilizando palas, los lodos proporcionados por los proveedores 1 y 2 se colocan directamente donde se formará la biopila, al realizar el traslado en camiones sellados no se presentan pérdidas del material, debido a que los camiones tienen incorporados trampas antiderrames; pero durante la descarga alrededor del 2% se queda en los camiones, por esta razón se lava el vagón del camión en el lugar de descarga con agua procedente del canal de riego con la ayuda de una bomba eléctrica, bajando el porcentaje de pérdidas al 1%.

El material receptado del proveedor 3 (gallinaza) lo traen en costales y se almacena en la bodega de insumos, de acuerdo a como se forman las biopilas se saca el peso necesario por esta razón no hay pérdidas en esta materia prima (Fig.16). El material proveniente de las florícolas se incorpora en la biopila, esperando que este más seco para poder picar y pasar la volteadora (Fig. 17).

Cada semana se construyen 2 biopilas de alrededor de 16,50 toneladas.

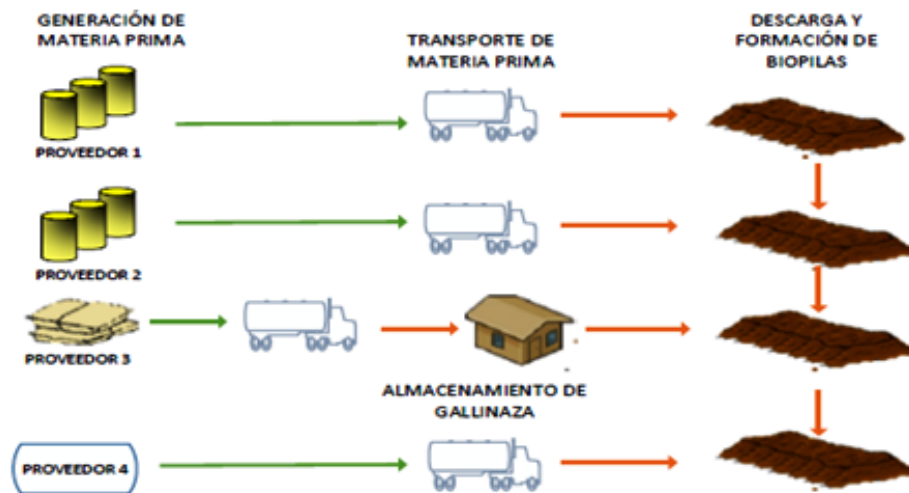


Figura 16. Diagrama de descarga de materia prima y formación de biopilas. Adaptado de (Miño, 2017).



Figura 17. Formación de biopilas.

- (a) Formación de biopilas a partir del secado de materia prima.
- (b) Capa vegetal fresca y en proceso de secado.

3.9. Proceso de Remediación

El proceso de remediación empieza con la preparación de las camas de materia residual que se van formando una vez que han llegado a la planta de abonos Chávez- Miño, el tiempo que se demoran para eliminar el gran porcentaje de humedad es de 12 días, en ese tiempo el 60% de humedad se seca, hasta quedar el producto sólido equivalente al 40%, es decir, de las 6 toneladas que se descargan en planta 2,4 es material para compostar, lo restante es netamente líquido (lixiviado).

Efectuar la remediación conlleva el siguiente análisis, se determina la técnica de mezcla, la misma, es sometida a una exhaustiva revisión para llegar a la aplicación de la técnica propuesta con sus respectivos compuestos, lo cual consiste en la preparación de lodos con minerales y compuestos que se adhieren para formar el compostaje. Una vez que se realiza la mezcla de compuestos el siguiente paso es determinar y planificar el tratamiento de compostaje para que finalmente se pueda ejecutar el mismo (Fig. 18).

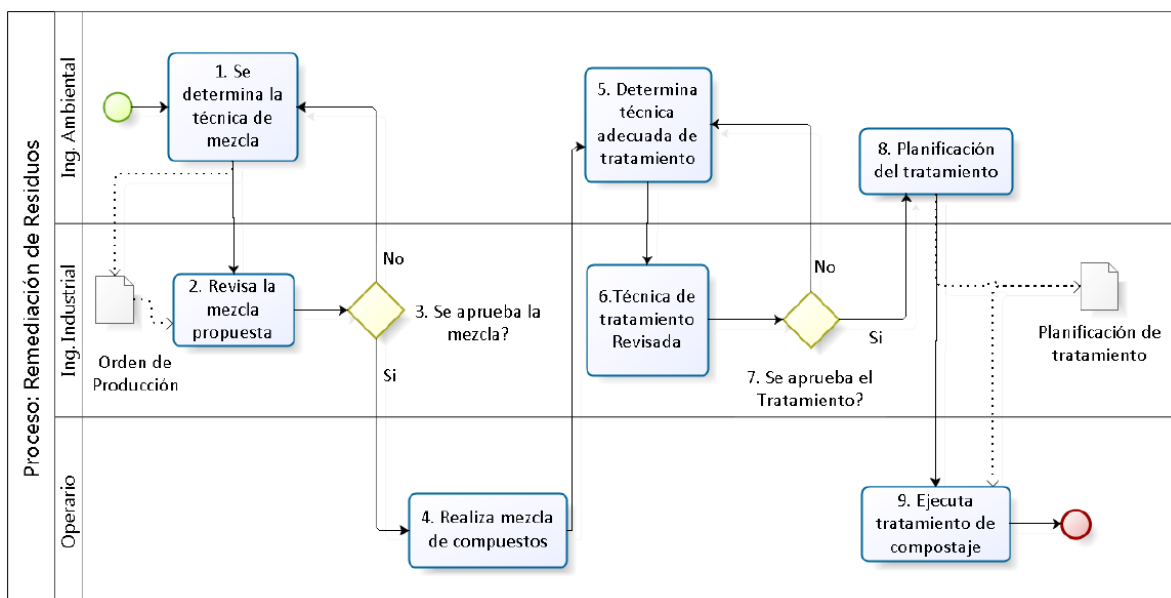


Figura 18. Diagrama del proceso de remediación de residuos.

Adaptado de (Miño, 2017).

El tratamiento está constituido por dos fases, descomposición (anaerobia) y maduración (aerobia). La primera fase con diferentes poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos, trabajan de forma simultánea o consecutiva, descomponen los constituyentes de la materia orgánica, hidratos de carbono, proteínas y lípidos, estableciéndose relaciones de sinergia en algunos casos y de competencia por el substrato en otros. En condiciones físicas adecuadas, se produce un aumento de la temperatura de la masa en descomposición, pudiendo llegar a superar los 70 °C en un día (Campos, Castells, & Flotats, 2012, p. 659).

En la etapa de maduración (aerobia) se generan procesos de biopolimerización, para formar moléculas complejas y estables, y microorganismos mesófilos y diversa microfauna colonizan el material para conseguir, en pocos meses, un compost completamente estabilizado y parcialmente humificado (Campos, Castells, & Flotats, 2012, p. 660).

3.9.1. Fase anaerobia

Cuando ya ha sido construida y estabilizada la biopila empieza esta fase, que puede presentar una duración de dos semanas en periodos secos y hasta de seis semanas en periodos húmedos. Con una mochila manual de aspersion se realiza la aplicación de microorganismos al inicio de la fase y en un periodo intermedio. Empieza la descomposición de la materia orgánica, incorporando las fuentes de carbono y nitrógeno disponibles. En esta actividad la temperatura de la biopila puede llegar hasta 45°C Anexo 1.

3.9.2. Fase aerobia

Tiene una duración de seis semanas en periodos secos y diez semanas en periodos húmedos. La temperatura puede alcanzar hasta 60°C, por ello se requiere efectuar una oxigenación de la biopila. El aumento de temperatura se

provoca por la activación de los microorganismos termófilos que se encargan de la degradación de compuestos de carbono complejos.

Al lograr la biopila la temperatura más alta, los huevos de los microorganismos dañinos son eliminados y se origina la higienización de la materia prima. Desde este punto la temperatura de la biopila, empieza a bajar hasta estabilizarse en 20 o 30°C.

En esta fase el número de volteos varía de ocho a diez, dependiendo de la temperatura y humedad de la biopila y la aplicación de microorganismos se realiza por goteo, tres veces a la semana, dos horas al día en periodos secos, y treinta minutos en periodos lluviosos. Se impulsa con una bomba eléctrica la mezcla de microorganismos por la manguera de goteo.

Cuando desaparecen los olores y el color del material se ha oscurecido, está listo para empacar, caso contrario se deben realizar más aplicaciones de microorganismos y volteos mecánicos Anexo 1.

3.10. Empacado y distribución del producto

Una vez listo el producto en el trascurso de 8 a 14 semanas que dura el compostaje de los residuos, el abono orgánico está apto para ser empacado. Este proceso se realiza a mano, se llenan en costales de yute (100 x 62 cm), sacos netamente ecológicos de 25 o 45 kg dando prioridad a los costales de 45 Kg por la demanda solicitada. Para luego cargarlos en los mismos camiones que trasladan la materia prima a la planta.

En el siguiente diagrama de flujo (Fig. 19) se muestra el proceso de terminados el cual consiste en calcular el número de envases según la demanda solicitada, definir la biopila que está lista, para envasar, pesar, y etiquetar los sacos, para que finalmente se proceda a almacenar en el lugar designado, en el caso de existir costales de la misma orden de producción deben estar almacenados y señalizados para evitar su incorrecta distribución. La distribución se lo realiza

de forma inmediata ya que los costales son biodegradables y tienden a degradarse por el mismo abono que contiene.

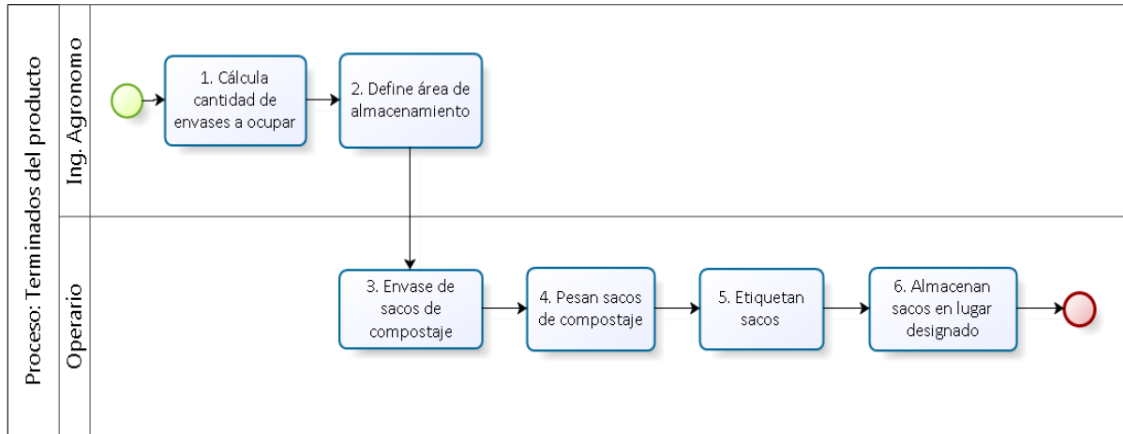


Figura 19. Diagrama del proceso de terminados del producto.

Adaptado de (Miño, 2017).

3.11. Almacenaje, situación y evaluación del proceso actual

Para empezar el proceso de empaque se identifica la cama de abonos que está lista para envasar y se dirige a ella preparando el material de empaque de acuerdo a los pedidos realizados, conforme a las especificaciones del producto y del cliente.

Una vez que se tiene el empaque listo (sacos de yute de 45 Kg), el operario lo realiza manualmente de la siguiente manera:

1. Llenan los sacos con palas de forma manual. Esto lo efectúa un operario o a su vez si la demanda de pedidos es alta, es decir si necesitan enviar más de 250 sacos lo realizan entre tres personas (Fig. 20). Una vez envasado el producto el operador procede a pesar en la balanza para verificar si la medida es la correcta, hasta que la cantidad del abono sea 45 Kg.
2. El transporte también puede ser a granel, es decir que no envasan el abono, sino que lo llevan directamente en el balde del camión al lugar señalado por el comprador. Este transporte lo realiza la empresa Multiservicios Técnicos Empresariales (MTE) Coronel Chávez y Cía.

Esta compañía dispone de dos camiones de seis toneladas de capacidad cada uno.



Figura 20. Proceso de empaque actual.

- (a) Biopila de producto terminado.
- (b) Pesado del material envasado.
- (c) Envase manual de abono orgánico mediante palas.

3.11.1. Sellamiento del saco

En el momento de sellar el saco con el abono orgánico ya pesado, se utiliza una máquina cosedora, la cual funciona con electricidad de 110 voltios (Fig. 21).



Figura 21. Cosedora eléctrica para sacos.

3.11.2. Apilación y Estibación del producto

3.11.2.1. Apilación

Una vez que se procede a envasar, pesar y coser los sacos, éstos son apilados en lotes de 50 unidades, que lo realiza un operario, el cual procede a transportar el costal a un rango de distancia entre 2 y 6 metros según se vayan formando las filas y columnas las cuales son de 10 x 5 respectivamente, el operario luego de apilar el producto tiene que regresar al lugar de envase para seguir llenando los sacos hasta completar el lote de 50 unidades (Fig. 22).



Figura 22. Apilación de sacos de abono orgánico.

3.11.2.2. Estibación

Para pasar a la estibación de sacos de Ecompost se espera que se complete el lote de 50 unidades del producto final, que generalmente tarda 60 minutos entre dos a tres operarios. Una vez listo, dos operarios proceden a cargar los sacos para llevarlos al camión o camioneta designada para su transporte.

A continuación se detalla de manera gráfica los pasos utilizados para la estibación de los sacos de abono orgánico Ecompost (Fig. 23) y (Fig. 24).



Figura 23. Traslado de sacos de abono orgánico.



Figura 24. Estibación de sacos de abono orgánico.

3.12. Recepción de material de empaque

Los pedidos de compra de sacos de yute, se planifican de acuerdo a la disponibilidad del producto Ecompost (abono orgánico), para lo cual se emite la orden de compra, se ingresan con un formato de recibimiento del material con las características solicitadas, es decir, sacos de yute de 100 x 62 cm. (precio, cantidad, fecha de compra, empaque). Cuando están envasados y pesados los sacos de abono se procede a colocar la etiqueta correspondiente para su almacenaje y distribución.

La cantidad de sacos de yute a ser comprados varía de acuerdo a las necesidades de producción.

3.13. Demanda y Takt time

Para realizar el análisis del Takt time se tomó como datos la demanda mensual de ventas de la empresa (Tabla 8), y de esta manera se procedió a encontrar el promedio de unidades de sacos, los cuales son requeridos mensualmente por la demanda, para esto nos basamos en el Kardex anual de la empresa del año 2017.

Así también, se presenta un gráfico comparativo de cada mes (Fig. 26), en el cual se muestra la variabilidad que existe por cada mes, siendo tan drástica la caída de la demanda en los meses de junio, agosto, octubre y diciembre, mientras que el mes más rentable es marzo.

Una vez, determinado el promedio mensual requerido por los clientes, se procedió a analizar el Takt time de la empresa, con 22 días laborables al mes, cada jornada de 8 horas de trabajo con un solo turno. Para determinar el tiempo disponible de trabajo diario, se dispuso de las 8 horas convirtiéndolo a segundos, lo que representan 28800 segundos, luego de encontrado este dato, procedemos a calcular la demanda diaria, lo cual es el resultado de la demanda mensual (231 sacos) dividido para los 22 días laborables, es decir alrededor de

10 sacos diarios. Finalmente para proceder a determinar el Takt time dividimos el tiempo disponible en un día (28800 segundos) para la demanda diaria (10 sacos) que nos da un resultado de 2745 (seg/saco), es decir que el ritmo de trabajo equivale a producir un saco cada 2745 segundos lo que equivaldría a 45,75 minutos que es el tiempo para satisfacer a la demanda diaria.

En el siguiente cuadro (Fig. 25), se muestra el análisis del Takt time basado en la demanda mensual.



Figura 25. Análisis del Takt time basado en la demanda mensual.

Es importante mencionar que este análisis se lo realiza de forma teórica es decir, que en la práctica los resultados podrían cambiar por el mismo hecho de la variabilidad que existe en la demanda, y también por el problema del proceso de empaque del producto final debido a que éste genera cuellos de botella alargando los pedidos, al no entregar justo a tiempo el producto final al cliente, así como también la generación de sobreesfuerzos por parte de los operarios que se dedican a envasar.

El Takt time nos permite dar el ritmo de trabajo con el cual vamos a producir una unidad (sacos de abono) en un determinado tiempo.

Tabla 8.

Venta de abono orgánico del año 2017, sacos de 45 kg.

Mes (2017)	Cantidad en Sacos (45 Kg)	Kilogramos (Kg)	Toneladas (Ton)
Enero	555	24975	24,98
Febrero	20	900	0,9
Marzo	1000	45000	45
Abril	410	18450	18,45
Mayo	520	23400	23,4
Junio	-	-	-
Julio	10	450	0,45
Agosto	-	-	-
Septiembre	150	6750	6,75
Octubre	-	-	-
Noviembre	105	4725	4,73
Total	2770	124650	124,65

Nota: Se recomienda visualizar el Anexo 31, donde se encuentra el Kardex de la empresa.

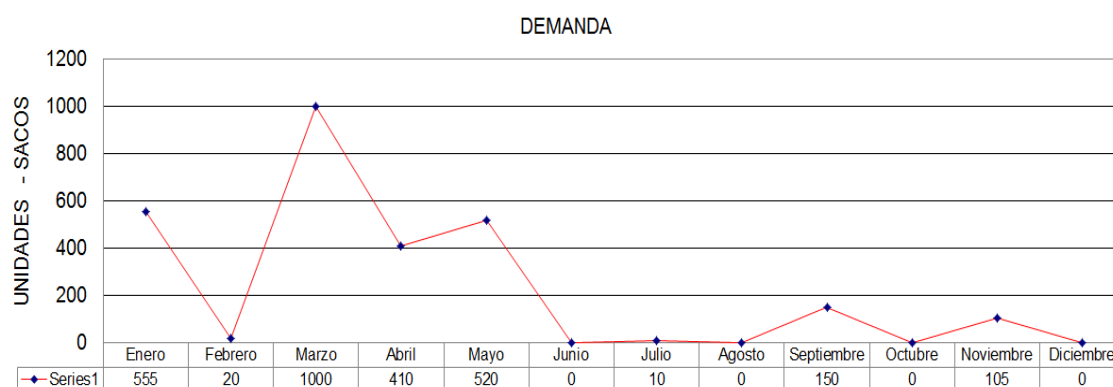


Figura 26. Demanda mensual de abono orgánico.

4. ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE EMPAQUE

Se realizó el diagrama Ishikawa en el cual se detallan los seis parámetros que éste conlleva, los cuales son: 1) materiales, es decir los instrumentos con los que se realiza el envase del producto tales como las palas, que son antiguas y desgastadas, así mismo los sacos, su estado no permite una apertura rápida,

por el mismo hecho de que se encuentran doblados y a la vez estos se encuentran distantes del producto terminado, 2) mano de obra, al momento sólo existe un operario en planta, lo cual implica demasiado esfuerzo al empaquetar el producto lo que genera cansancio haciendo ineficiente sus actividades y la falta de capacitación existente, 3) máquinas, existe una calibración previa de la cosedora, pero ésta se encuentra distante de los sacos debido a que en el área de biopilas no existe facilidad de fluido eléctrico adecuado con lo cual funciona dicha máquina, mientras que la balanza es electrónica de peso manual y se encuentra en la bodega distante del material de empaque por su debida protección, 4) referente al medio ambiente de trabajo existe falta de organización dentro de la planta, así también no hay letreros de áreas que permitan identificarlos, 5) los métodos de trabajo al momento de envasar los sacos son de forma manual, al paleo, generando riesgos por la repetitividad del trabajo, aparte de eso, el pesaje es simultáneo al momento de envasar con el riesgo de que se descalibre la balanza, también la planta no posee una planificación de la producción de abono acompañada con órdenes de empaque y entrega, finalmente; 6) medidas, al momento no existen registros, ni órdenes para cuantificar y controlar el proceso final, como también para asegurar la medida del peso del producto. Ver (Fig. 27).

Se menciona que no existe un registro de todas estas causas por lo tanto no se ha podido cuantificarlas con exactitud, esto ha sido confirmado por los ingenieros en planta, aparte de eso, la confirmación de los pedidos entre Junio y Diciembre han sido sumamente bajas, sin poder realizar visitas frecuentes para la toma de datos.

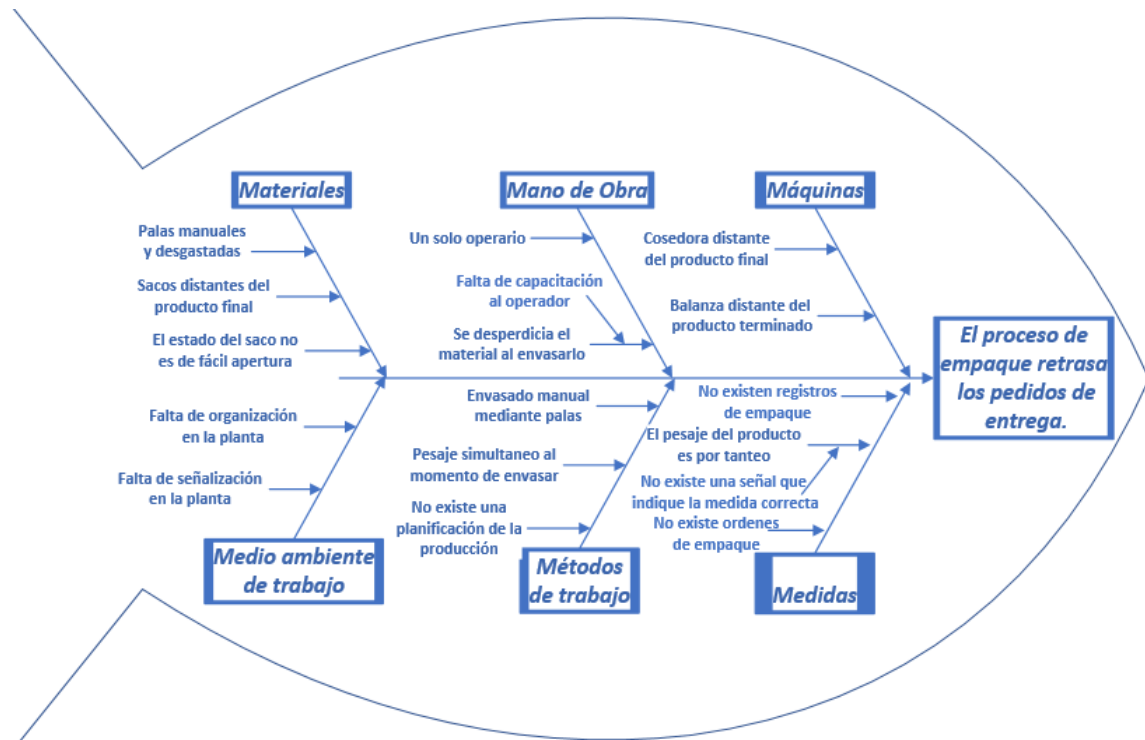


Figura 27. Diagrama Ishikawa del proceso actual de empaque.

Posteriormente al análisis del diagrama causa – efecto se realizó una representación gráfica priorizando aquellas causas que directamente retrasan los pedidos de entrega para que sean eliminados por medio de la propuesta de mejora que se plantea en este proyecto.

Para tal fin se utilizó el diagrama de Pareto, el cual se lo puede visualizar en la figura 28. Además se menciona que para obtener los datos de este análisis se tomó una muestra de 50 sacos al momento del envase del material, los cuales se ordenaron de mayor a menor priorizando las causas más frecuentes que se presentan en el proceso. En la Tabla 9 se observa las causas potenciales con sus respectivos porcentajes.

Tabla 9.

Priorización de causas con sus porcentajes respectivos.

No.	Causas	Cantidad	Cantidad Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Se riega el material al	114	114	42%	42%

	envasarlo				
2	Envase manual mediante palas	50	164	18%	60%
3	Pesaje simultaneo al momento de envasar	50	214	18%	79%
4	El pesaje del producto se realiza tanteando en la balanza	25	239	9%	88%
5	Sacos lejos del producto final	15	254	6%	93%
6	Balanza lejos del producto terminado	8	262	3%	96%
7	El estado del saco no permite abrirlo fácilmente	7	269	3%	99%
8	Palas manuales y desgastadas	3	272	1%	100%
Total		272		100%	

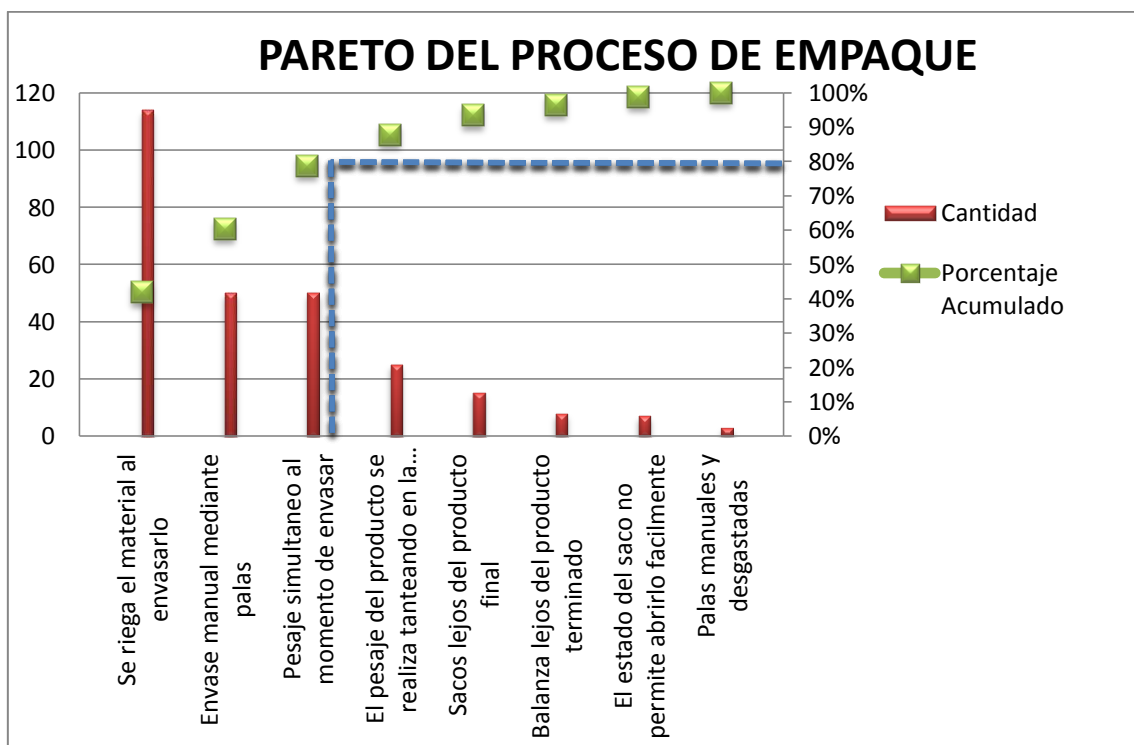


Figura 28. Diagrama de Pareto del proceso actual de empaque.

Dentro del diagrama de Pareto (figura 28) se puede observar aquellas causas que son las más importantes y que por ende se necesitan de acciones inmediatas, estas son:

- Se riega el material al envasarlo
- Envase manual mediante palas
- Pesaje simultáneo al momento de envasar el material

De esta manera se concluye que estas tres causas son las más importantes que afectan directamente al retraso de pedidos, y por la misma razón es de prioridad atacar a estas problemáticas.

Para presentar un análisis de la operación actual se realizó el diagrama de operaciones (Fig.29) de las actividades que se efectúan en el proceso de empaque de la empresa. Desde que los operarios se dirigen a la biopila de abono hasta que los sacos son estibados al lugar donde serán transportados para llegar a su destino. De un grupo de 50 sacos de 45kg, se tomó una muestra de 38 unidades (Anexo 5), para saber el tiempo promedio (75 segundos o 1,25 minutos), que se demoran en realizar el proceso de empaque del producto. Posteriormente se analizó esta muestra realizando la Distribución Normal y analizando sus máximos y mínimos correspondientes entre 59 y 95 segundos (Fig. 30).

Finalmente se realizó una simulación del proceso actual de empaque, el cual consiste en dos escenarios el primero con un operario y el segundo con dos operadores extra, es decir tres en total, de esta manera se pueden establecer las diferencias porcentuales entre los mismos. La simulación nos permite acceder a un análisis real, el cual está basado en datos permitiendo así mejorar el proceso y encontrar las pérdidas generadas por las actividades tanto en diferencias de tiempo y diferencias de costos. Así por ejemplo, cuando un solo operario realiza la actividad de empaque el tiempo de ciclo para un saco es de 132 segundos, en minutos equivale a 2,2.

Al realizar esta actividad con tres operarios el tiempo de ciclo se reduce a 75 segundos equivalente a 1,25 minutos esto demuestra que no existe estandarización en el proceso de empaque. Si tomamos en cuenta que el sueldo mensual de un operario es de \$400, al sumarse dos operarios más para

desarrollar esta misma actividad se incrementa también el costo de operación del proceso de empaque.

4.1. Análisis de la toma de tiempos del proceso de empaque

Para poder determinar los tiempos del proceso final, de un total de 50 sacos, se tomó una muestra de 38, lo cual se realizó con dos operarios extra ya que solamente existe un operador fijo en planta, en el proceso de empaque observado se determinó cinco operaciones a seguir las cuales son las siguientes: 1) seleccionar saco; 2) envase del material y pesado; 3) coser saco; 4) Apilar, y finalmente; 5) estibar.

A continuación se detallan los tiempos en el flujo de operaciones, lo cual nos indica el total de las operaciones realizadas y su tiempo global generado.

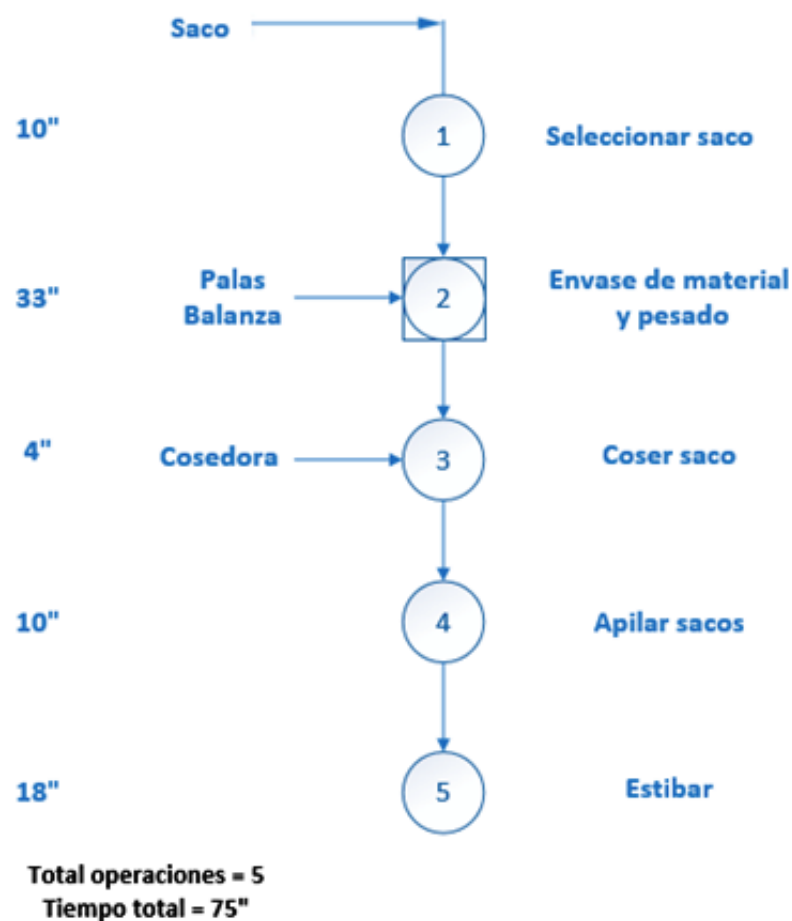


Figura 29. Diagrama de operaciones del proceso de actual de empaque.

Para establecer los tiempos de empaque del proceso final de abono orgánico, se trabajó con la curva estadística de Distribución Normal, determinado el promedio de todas las muestras tomadas, sacando su desviación estándar, y estableciendo máximos y mínimos.

Al momento de realizar una muestra primero se evalúa un listado, el mismo debe estar actualizado y revisado para que permita generar confiabilidad de todos los datos que conforman la población, objeto de estudio de la investigación que se va a realizar (Martínez, 2012, p. 274).

Una vez obtenidos los datos de media y desviación estándar de la muestra de la toma de tiempos realizada del proceso actual de empaque, se procede a realizar el gráfico de la Distribución normal (Fig. 30), para realizar dicha grafica se recurrió a la hoja de cálculo Excel y se utilizó la función estadística mencionada (Distribución normal), los resultados fueron arrojados por la hoja de cálculo y se pueden visualizar en el Anexo 6.

Dentro del gráfico se puede determinar los siguientes aspectos: el promedio o media del proceso de empaque, 75 segundos, el mínimo en la curva normal se encuentra con un tiempo de 59 segundos, mientras que el máximo es de 95 segundos.

Para realizar el cálculo de los límites inferior y superior se tomó un nivel de confianza del 95%, donde $Z\alpha/2 = 95\%$ de esta manera tenemos lo siguiente:

$$\phi(z) = P(Z \leq z) = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975,$$

Entonces,

$$z = \phi^{-1}(\phi(z)) = \phi^{-1} = \phi^{-1}(0,975) = 1,96,$$

Por lo cual, el valor de 1,96 se puede comprobar en el Anexo 7.

Una vez determinado el nivel de confianza se procede a encontrar los límites superior e inferior mediante la Ecuación 4:

$$\text{Intervalo de confianza} = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (\text{Ecuación 4})$$

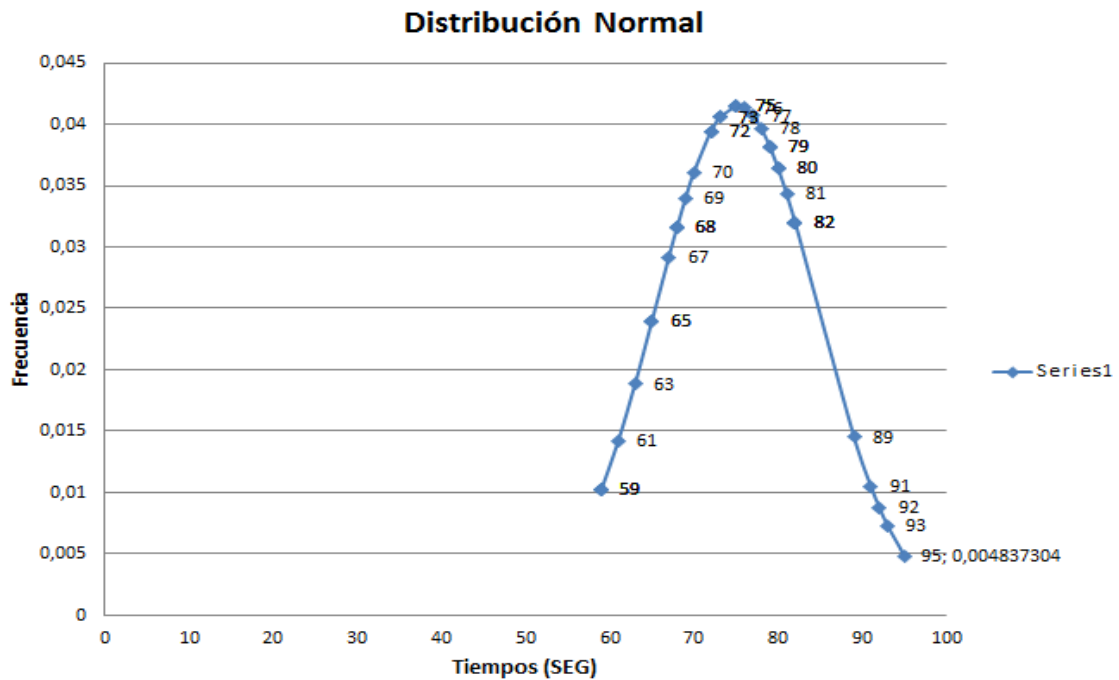


Figura 30. Distribución normal de la toma de tiempos del proceso actual de empaque.

Ya insertados los datos, tendremos el intervalo de confianza o los límites mencionados que se calculan a continuación:

Límites:

$$LI = 75,0789 - 1,96 * \left(\frac{9,60682}{\sqrt{38}} \right) = 72,02,$$

$$LS = 75,0789 + 1,96 * \left(\frac{9,60682}{\sqrt{38}} \right) = 78,13,$$

Concluyendo así, el intervalo de confianza está entre (72,02 y 78,13) segundos, a un nivel de confianza del 95%, es decir existe un 95% de probabilidad de que

un valor se encuentre dentro de los límites de confianza calculados a partir de la media, no obstante el 5% de los casos no estarán dentro de este rango de confiabilidad, por lo que se creería que la toma de tiempos de empaque fue correctamente levantada. Gracias a este análisis se pudo levantar un gráfico en donde nos indica el nivel de confianza, los intervalos, media y desviación estándar partiendo de la campana de Gauss o distribución normal (Fig.31).

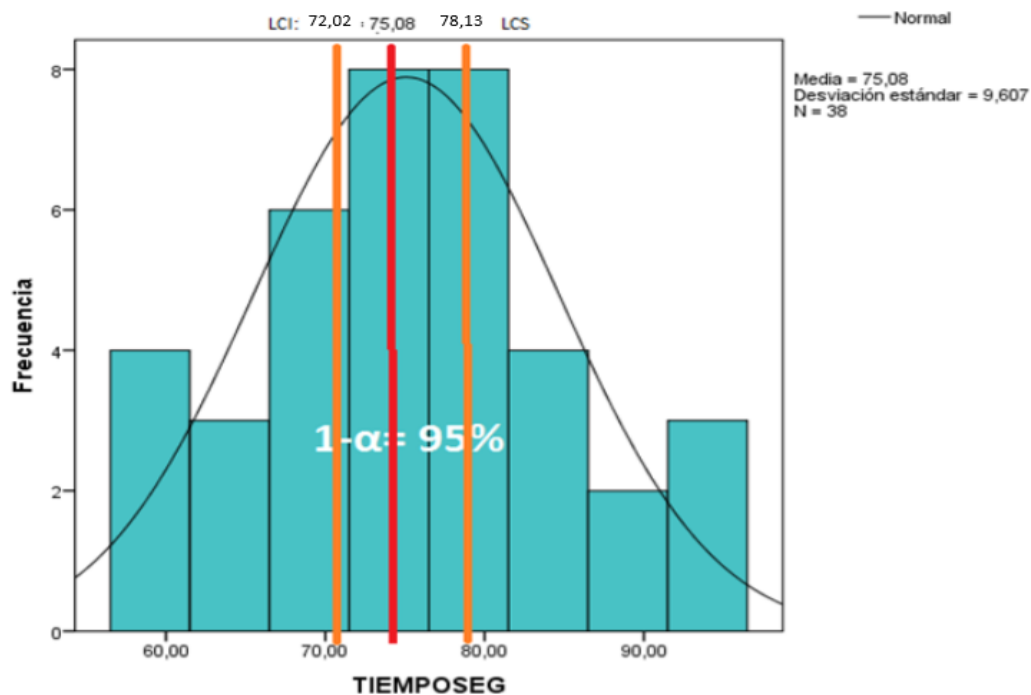


Figura 31. Curva normal, intervalo de confianza y límites superior e inferior del proceso actual de empaque.

4.2. Simulación actual del proceso

Para realizar la simulación actual del proceso de empaque de la planta de abonos se determinó dos escenarios distintos el primero tiene que ver con un operario el cual está fijo en planta, éste se encarga de envasar los sacos, si la demanda de ventas no es alta, es decir entre 50 a 150 sacos, él se encargará de empaquetar el material de abono.

El segundo escenario se presenta con dos operarios extra, es decir dos más aparte del que está en planta, esto ocurre por la necesidad de satisfacer la

demanda de pedidos que llegan a la planta que son a partir de 200 a 550 sacos o más, cabe mencionar que los pedidos actualmente se lo realizan sin una orden de empaque, únicamente con la indicación verbal de que se requiere un determinado número de sacos de abono, por lo cual esto retrasa el cumplimiento de las órdenes de pedidos que llegan a la empresa, generando cuellos de botella.

4.2.1. Simulación con un operador

El proceso de simulación se lo realizó en el programa Flexsim, mismo que permite analizar cada actividad y/u operación desde que llega los materiales hasta que sale el producto final.

El actual proceso de empaque con un trabajador, consta de las siguientes operaciones (Fig. 32):

- 1) Existe una fuente de materiales en la cual se encuentran los sacos de yute, contabilizados según la orden de pedidos a envasar y a una distancia entre tres a cuatro metros del área de envase; los sacos se encuentran doblados en cuatro partes y el filo no permite abrirse fácilmente lo cual retrasa la siguiente operación que es el llenado.
- 2) Envase, pesado y sellado dentro de esta operación se utilizará un combainer, el cual se usa para agrupar múltiples elementos de flujo a medida que viajan a través del modelo. Este combainer simula e interpreta el paleo manual, el pesado y el cosido del saco, según el modelo matemático ingresado, el cual tiene un tiempo de 118 segundos para un operario.
- 3) La apilación se encuentra entre dos a seis metros de distancia del área de llenado, básicamente este es lugar donde los sacos se van agrupando y forman una matriz de 10 x 5, diez filas por cinco columnas.

- 4) Finalmente la estibación, la cual tiene una distancia de cuatro a seis metros desde el área de apilación, justamente en esta operación es donde se cargan los sacos al transporte que los llevaran a su destino.

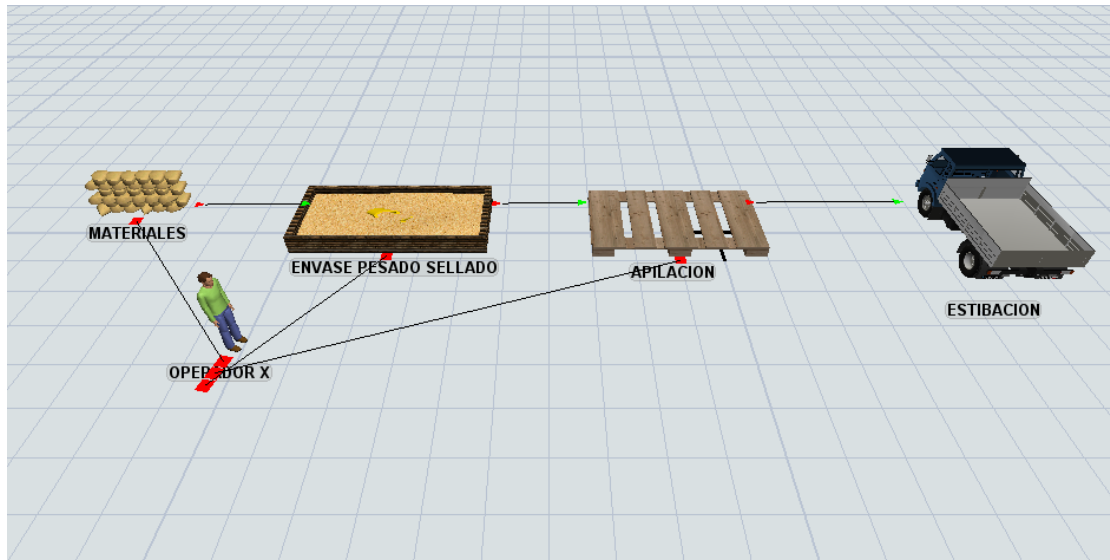


Figura 32. Simulación del proceso de empaque con un operario.

4.2.1.1. Análisis estadístico del proceso y operación

Para determinar este análisis estadístico se recurrió al programa Flexsim mediante la opción de los Dashboards, herramienta que permite analizar cuadros en porcentajes, distancias, tiempos, procesamiento del material, etc.

Cabe mencionar que este análisis se lo determinó en una hora y sin ejecutar la estibación del material, por el hecho de que la comparación con dos operarios extra se la realiza de la misma manera.

El cuadro estadístico que se muestra en el Anexo 8, hace referencia al combainer (envase, pesado y sellado), muestra que el porcentaje de procesamiento es de 89,9%, es decir que al envasar, pesar y sellar el operador está trabajando a ese ritmo, por tanto la balanza, cosedora y el paleo manual del trabajador apenas tiene un tiempo vago del 10,1%, lo que significa que las

máquinas y herramientas están a su mayor capacidad de trabajo al igual que el operario.

Por otra parte la apilación tiene un porcentaje de 95,2% de sacos puestos en esta área de agrupamiento, mientras que se tiene un tiempo vacío de 4,8%, en el cual no está siendo trabajada, ni el operario transportando sacos, lo que implica un mayor desgaste para la persona que ejecuta el proceso de empaque. Los gráficos estadísticos lo podemos visualizar en el Anexo 8.

Dentro de la operación de envase, pesado y sellado, se obtienen 27 sacos listos por una hora de trabajo, esta es la máxima capacidad de envase que se realiza con un trabajador de manera manual. Este gráfico estadístico se lo puede distinguir en el Anexo 9.

En la apilación la cantidad de sacos que entran es 0,4 por minuto, con un total de 27 por hora. Anexo 10.

Dentro del análisis estadístico del operador existen siete parámetros, incluida la distancia que recorre el trabajador, estos se muestran en la Tabla 10, lo cual es un resumen de su porcentaje trabajado.

Tabla 10.

Porcentajes equivalentes del trabajo realizado por el operario, así como su distancia recorrida.

Escenario 1	Ocupado (Utilize)	Ocioso (Idle)	Viaje con carga (Travel loaded)	Viaje Vacío (Travel empty)	Viaje compensado carga (offset travel loaded)	Viaje compensado vacío (offset travel empty)	Distancia recorrida (Km)
Operador X	89,15%	0,25%	4,59%	3,89%	1,15%	0,97%	0,5

Nota: Se recomienda visualizar el Anexo 11 para la explicación porcentual y el Anexo 12 donde se analiza la distancia recorrida.

4.2.2. Simulación de emergencia (dos operarios extra)

Para realizar la comparación entre las simulaciones y obtener conclusiones de la simulación con dos operarios extra, se efectuó en el mismo programa de simulación de procesos Flexsim 2015. Los tiempos ya fueron analizados antes mediante un modelo matemático, para ello se empleó la distribución normal, permitiendo tomar el promedio de tiempos y su desviación estándar $N(75; 9,6)$, tiempo global que se demora en empaquetar un saco, datos que son ingresados en el programa. De igual manera el proceso se simula en una hora de trabajo sin ejecutar la estibación.

El proceso de empaque actual consta de las siguientes operaciones (Fig. 33):

- 1) Existe una fuente de materiales con sacos de yute, éstos están contabilizados según la orden de pedidos a envasar y a una distancia entre tres a cuatro metros del envase, el operador B se encarga de ir por ellos, los sacos se encuentran doblados en cuatro partes y el filo no permite abrirse fácilmente lo cual retrasa la siguiente operación.
- 2) Envase, pesado y sellado, dentro de esta operación se utilizará un combainer. Este combainer simula e interpreta el paleo manual, el pesado y el cosido del saco, según el modelo matemático ingresado el cual tiene un tiempo de 61 segundos, en este proceso actúan los tres operarios dos se encargan de envasar (operador A y operador B), cuando ya está listo el saco, el trabajador que lo sostiene (operador C) se encarga de coserlo con la cosedora; una vez verificado el peso en la balanza que se realiza de forma simultánea al paleado, es decir el saco se lo coloca encima de la balanza para empezar el envasado.
- 3) Apilación, esta operación está entre dos a seis metros de distancia de la anterior, básicamente este es el lugar donde los sacos se van agrupando formando una matriz de 10 x 5, diez filas por cinco columnas, el operador que se encarga de apilarlos es el mismo que cose el saco (operador C).
- 4) La estibación tiene una distancia de cuatro a seis metros, a continuación de la apilación, justamente en esta operación es donde se

carga los sacos al transporte que los llevará a su destino, en esta operación actúan los tres operarios A, B, C.

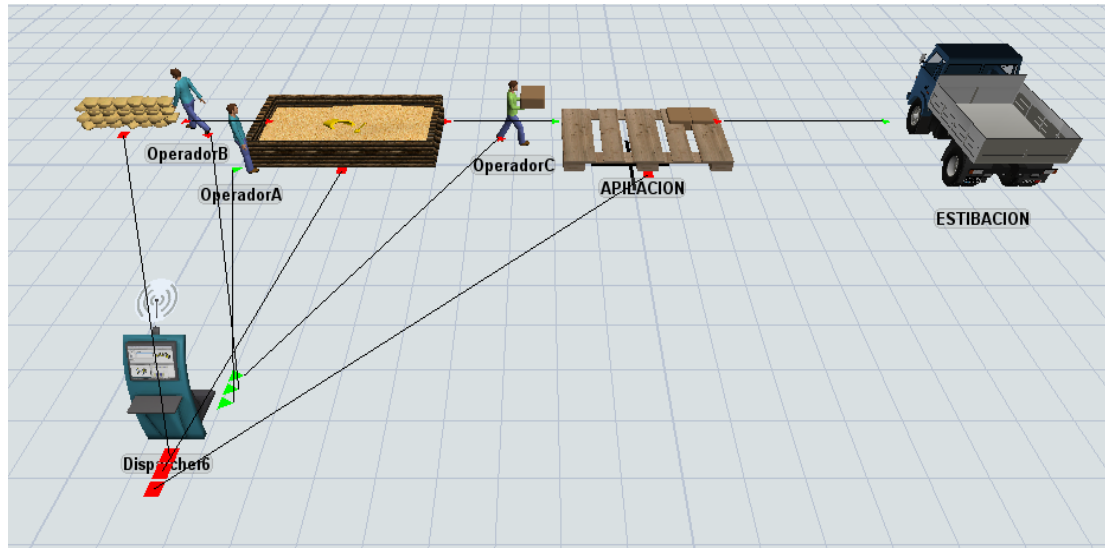


Figura 33. Simulación actual del proceso emergente con tres operarios.

4.2.2.1. Análisis estadístico del proceso y operación

El proceso lo ejecutan tres trabajadores, se recuerda que esto ocurre cuando la demanda de pedidos es alta entre 250 a 550 sacos, o en el caso de que exista un pedido más grande.

El cuadro estadístico mostrado en el Anexo 13 refleja el análisis del combainer (envase, pesado y sellado), muestran el porcentaje de procesamiento manual que es de 83,8%, es decir que al envasar, pesar y sellar los operadores A, B y C, se encuentran trabajando dentro de este porcentaje; el tiempo de preparación del material para ser envasado corresponde al 9,10%, y lo hace el operador A. El 3,7%, corresponde al retiro y apilado del saco envasado y lo ejecuta el operador C; y el 3,10%, tiempo en el que el trabajador B prepara el saco para ser envasado. La interpretación de este cuadro nos dice que el trabajo se distribuyó al tener tres hombres operando, más no hubo un balanceo, y las máquinas y herramientas se utilizaron en su mayor capacidad.

Por otra parte la apilación tiene un porcentaje de 97,4%, significa que en esta área se agruparon los sacos inmediatamente, se detecta un tiempo vacío de 2,6%.

El Anexo 14, muestra el resultado del análisis del combainer (envase, pesado y sellado), expresa que en una hora de trabajo las unidades envasadas manualmente son de 49 sacos por hora, cabe mencionar que este es el proceso de emergencia, el cual incluye dos operadores extras.

En el Anexo 15, se detalla la cantidad de sacos que están listos para apilar, es de 0,8 unidades por minuto, lo cual significa que dentro de una hora la cantidad total es de 49 unidades apiladas.

En el Anexo 16, se demuestra el análisis del trabajo de los operadores, manifestado en términos porcentuales reales, para simplificar estas estadísticas se presenta en la Tabla 11 con sus parámetros evaluados.

Tabla 11.

Trabajo porcentual de cada operador.

Operadores	Ocupado (Utilize)	Ocioso (Idle)	Viaje con carga (travel loaded)	Viaje Vacío (Travel empty)	Viaje compensado carga (offset travel loaded)	Viaje compensado vacío (offset travel empty)	Distancia recorrida (Km)
Operador A	87,47%	12,53%	-	-	-	-	0
Operador B	87,47%	3,87%	2,90%	3,72%	1,68%	-	0,4
Operador C	83,76%	5%	3,66%	3,82%	-	3,41%	0,4

Nota: Se presenta la distancia recorrida por cada uno de ellos la cual se puede detallar en el Anexo 17.

Para realizar la comparación se tomarón los porcentajes operativos de cada operador, en los dos escenarios que se presentan, es decir el empaque realizado con tres operadores y el segundo escenario con sólo uno (Tabla12), de esta manera se concluye que existe una gran demanda de esfuerzo para ejecutar el proceso final de empaque en la Planta.

Tabla 12.

Cuadro comparativo del proceso de empaque con diferentes escenarios.

Escenario	Operadores	Ocupado (Utilize)	Ocioso (Idle)	Viaje con carga (travel loaded)	Viaje Vacío (Travel empty)	Viaje compensado carga (offset travel loaded)	Viaje compensado vacío (offset travel empty)	Distancia recorrida (Km)
1	Operador A	87,47%	12,53%	-	-	-	-	0
	Operador B	87,47%	3,87%	2,90%	3,72%	1,68%	-	0,4
	Operador C	83,76%	5%	3,66%	3,82%	-	3,41%	0,4
2	Operador X	89,15%	0,25%	4,59%	3,89%	1,15%	0,97%	0,5

Nota: La tabla es referente al análisis de los operadores ante ambos escenarios.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez estudiado las deficiencias del proceso de empaque dentro de la planta, a través del diagrama Ishikawa e identificado en el diagrama de Pareto, se priorizaron las causas, y se concluye que al no tener un proceso de empaque óptimo, no sólo afectan internamente los procesos del mismo, más bien su problema principal es el retraso de entrega de las órdenes de pedido de los clientes y es una de las causas por la que la empresa todavía no extiende su mercado hacia los grandes productores agrícolas. Por tal razón es de suma urgencia diseñar una solución en la cual se propone simular dos propuestas de mejora con dos diferentes tipos de sistemas, estos mejorarían el proceso de empaque en cada aspecto, desde que inicia la carga de material hasta que salen listos los sacos para su distribución.

5.1. Comparación de Propuestas

Para decidir sobre la propuesta de mejora más idónea, se ha elegido de entre tres proformas, después de haber efectuado una ponderación de las mismas Tabla 13, definiendo los criterios y su peso basados en la necesidad de mejorar el proceso final, se tomó en cuenta también la capacidad de inversión

que al momento dispone la empresa y las características y facilidades que brinda el proveedor ASTIMEC S.A, en cuanto a que sus diseños son adaptados a las necesidades que presenta el producto orgánico, y a las exigencias reales de la planta, la misma que fue visitada por sus técnicos para el levantamiento de la información. Para tomar la decisión, se ha hecho el análisis y la prueba de simulación en dos alternativas, la propuesta 1 sistema de envasado con elevador de cangilones ver Anexo 20 y 21, no se la eligió debido a que su costo es más alto; por tanto, la que resulta ser la más idónea es la Tolva con dosificador de 2m³ por el costo y por su adaptabilidad a la infraestructura física de la empresa Anexo 22, debido a que sus instalaciones físicas y de suministro eléctrico son insuficientes para adaptar otra de más alta automatización.

Tabla 13.

Matriz ponderación de propuesta.

PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL PROCESO FINAL DE EMPAQUE							
VARIABLES	PONDERACIÓN	SILO CON ELEVADOR DE CANGILONES		TOLVA CON DOSIFICADOR DE TORNILLOS		TOLVA GENÉRICA	
		CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN PONDERADA	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN PONDERADA	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN PONDERADA
ECONÓMICO	0,3	2	0,6	4	1,2	4	1,2
AUMENTO DE OPERARIOS	0,2	3	0,6	3	0,6	3	0,6
CAPACIDAD (ENVASE POR HORA)	0,2	4	0,8	3	0,6	0	0
MEJORA DEL PROCESO	0,3	4	1,2	4	1,2	2	0,6
TOTAL	1	13	3,2	14	3,6	9	2,4

Nota: La ponderación y calificación para esta tabla se explica en el Anexo 18.

Las tres propuestas tienen ponderaciones similares, y tienden a mejorar el proceso de empaque de abonos. Se efectuó la simulación en la propuesta de elevador con cangilones con silo de mayor capacidad de almacenaje, como se ve en la Tabla 13, tiene una calificación baja referente al costo. La propuesta de la tolva con dosificador es la que tiene mejor calificación debido al costo y al

mejoramiento del proceso, no así la propuesta de tolva genérica, pues en su proforma Anexo 24, sólo cotizan la tolva que sirve para almacenamiento y es la de calificación menor por no cumplir con el proceso de envase a falta de componentes. De acuerdo a la simulación efectuada en las dos propuestas analizadas se ha elegido la que cumple con los requerimientos de la planta, tanto en costo, capacidad, demanda y funcionalidad es la propuesta 2, tolva con dosificador de 2m³.

Es importante tener en cuenta que la demanda mensual de la planta tiene un promedio de 231 sacos, o a su vez alrededor de 10 sacos por día, lo que equivale a 450 kg diarios de producto demandado, la propuesta 2, con tolva dosificadora de 2m³, no sólo abastece dicha demanda si no que permanece en stock en el caso de que la demanda aumente, ya que la diferencia de stock es de 750 kg de producto terminado.

La tolva dosificadora de 2 m³ satisfará la demanda de los clientes sean estos en invierno o verano, por ejemplo en las florícolas los meses donde existe mayor demanda por la preparación de la tierra es entre junio y septiembre y con poca demanda en los meses de marzo, abril y mayo, no así en el cultivo de papas ya que éstos se dan en invierno en los meses de octubre y noviembre dependiendo del clima, o en casos distintos como las hortalizas donde la aplicación de abono se da tres veces por año.

5.2. Sistema de envasado con tolva y dosificador propuesta # 2

El sistema de tolva con dosificador de 2m³ trabajaría al 90% de capacidad, y está compuesto de 3 elementos descritos a continuación:

5.2.1. Tolva y dosificador de tornillo

La tolva tendrá una capacidad de 2 m³ que su equivalente es de 1,2 Toneladas por la relación que existe con la densidad del material orgánico que es de 0,6

gr/cm³ o 600 kg/m³, y su estructura será en acero al carbono, patas de apoyo y el dosificador de tornillo acoplado a un motorreductor de velocidad variable, que permitirá la dosificación del material para envase de 45 Kg. Ver. (Fig. 34).

5.2.2. Estación de pesaje

La estación de pesaje se ubicará bajo la boca del dosificador que permitirá asegurar el peso requerido del producto permitiendo así optimizar el tiempo de pesado y la distancia que recorrería el saco envasado para mencionado fin. Estará diseñado en base al carbono con su respectiva celda de carga y el control será mediante un panel de mando.

5.2.3. Transportador de tornillos

El transportador de tornillos permitirá al saco transportarse adecuadamente después de su cosido. Este será de estructura en acero al carbono, patas de apoyo con un largo aproximado de 1200 mm.

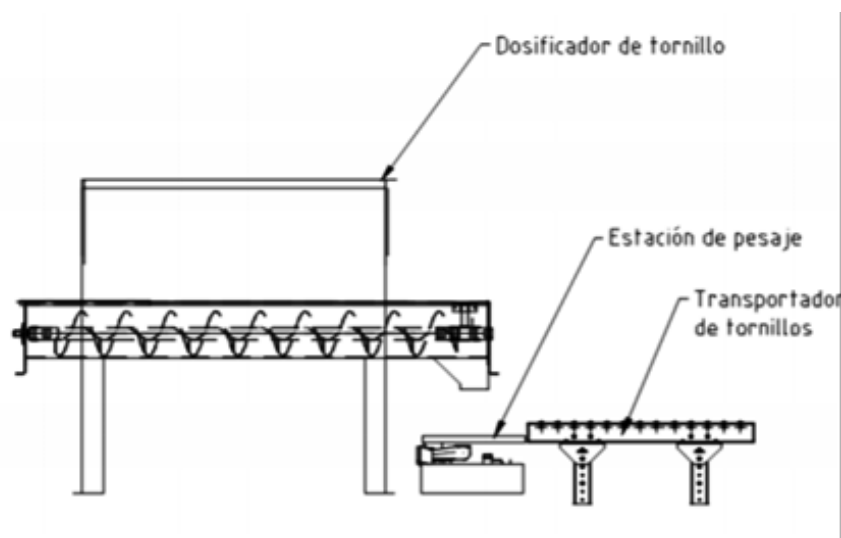


Figura 34. Bosquejo de la propuesta tolva dosificadora de 2m³.

Es importante mencionar que este diseño fue realizado por la empresa ASTIMEC S.A. como proforma la cual se puede visualizar en el Anexo 22.

5.3. Simulación de la propuesta # 2

Para la actual simulación se utilizará una pequeña excavadora (gallineta), la cual transporta el material listo desde la biopila hasta la estación fija de envase. Una vez realizado este procedimiento se detalla lo siguiente:

- 1) Será puesto el material orgánico dentro de la tolva de capacidad de 2m³, esto se realizará constantemente ya que al tener dicha capacidad, la tolva siempre dependerá de la llegada de material para abastecer.
- 2) Una vez que el material orgánico este dentro de la tolva, se procederá a envasar el abono en sacos de 45 kg, esto será regulado por medio del dosificador de tornillo trabajando a un 90% de su capacidad, dejando un 10% de trabajo más lento para el llenado con un margen de error del 2%, lo cual demoraría 8 segundos al envasar.
- 3) Debajo de esta operación se encuentra la estación de pesaje, el cual actúa como un control de calidad.
- 4) Se cose el saco con la máquina cosedora que esta junto a la transportadora de tornillos.
- 5) Y finalmente se procede a apilar los sacos.

Este proceso se lo puede visualizar en la imagen tomada del simulador (Fig.35) que se detallada a continuación:

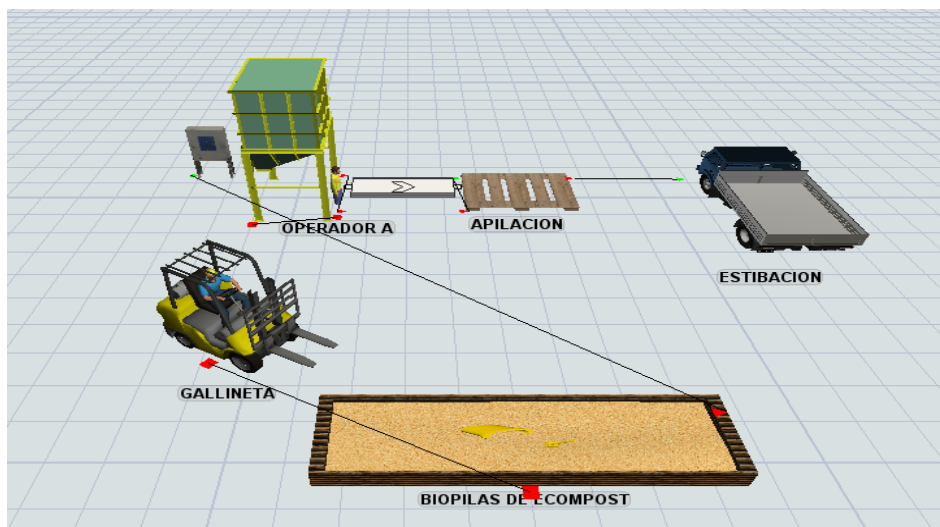


Figura 35. Diseño y simulación de la propuesta 2.

Realizada la simulación de la propuesta de mejora # 2 con los datos establecidos y con el sistema armado, se obtuvo los siguientes resultados, los cuales se evaluaron en el transcurso de una hora de trabajo.

En la Tabla 14, se muestra el porcentaje en la operación de envasado, pesado y sellado equivalente a un 47,4%, el 7,4% corresponde al tiempo de espera mientras llega la mini excavadora con producto, y el 45,2%, de tiempo en el cual no trabaja la tolva porque se calibra y se prepara la máquina para su óptimo funcionamiento, cabe recordar que estos porcentajes equivalen a una hora de trabajo.

Tabla 14.

Porcentaje de trabajo por cada operación respecto al envasado, pesado y sellado del saco.

ENVASADO PESADO Y SELLADO		
OPERACIÓN	PORCENTAJE	MINUTOS
Proceso semiautomático (envasado, pesado y sellado)	47,40%	28,44
Excavadora llegue con material	7,40%	4,44
Preparación y tiempo donde no trabaja la tolva	45,20%	27,12
Total	100%	60

Nota: Esta tabla es diseñada en base a los datos que arroja el simulador y comparada en una hora de trabajo respecto a cada operación.

El análisis respecto al envase de sacos de la Figura 36, con el sistema de propuesta # 2, indica que se estaría envasando 106 sacos en el lapso de una hora de trabajo, lo que equivale que por cada minuto se están apilando 1,8 sacos.

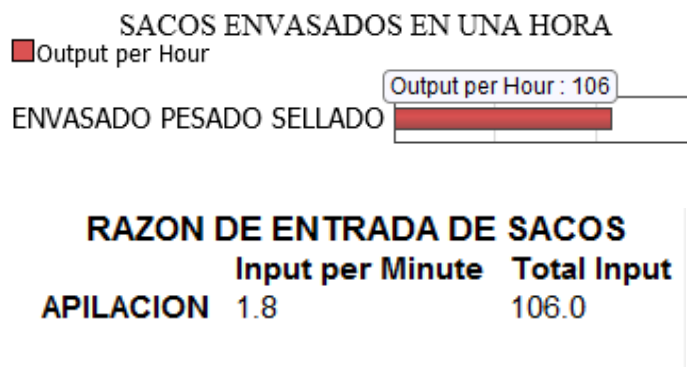


Figura 36. Cantidad de sacos envasados y razón de entrada de sacos a apilarse.

El trabajo que ejecuta el operario durante una hora, para el envase de sacos está descrito de la siguiente manera, su tiempo de ocupación es de 47,38%, el viaje con carga equivale a un 5,27%, el viaje compensado vacío de 7,45%, y finalmente el tiempo de espera para que la tolva este cargada con el abono orgánico para envasar es un 39,90%. La distancia que recorre dentro del proceso es de 0,3 km (Anexo 25). Los resultados detallados se pueden visualizar en la Tabla 15.

Tabla 15.

Porcentaje de trabajo por cada operación respecto al operario A.

OPERACIÓN	OPERADOR A	
	PORCENTAJE	MINUTOS
Trabajo utilizado	47,38%	28,42
Viaje con carga	5,27%	3,16
Viaje compensado vacío	7,45%	4,47
Espera en que la tolva este cargada.	39,90%	23,94
Total	100,00%	60

Nota: Tabla referente a la propuesta de tolva con dosificador de tornillos y diseñada en base a los resultados que arrojó el simulador.

5.4. Ubicación de la Tolva dosificadora

Para tener un análisis completo de la propuesta de mejora, se tomó en cuenta la ubicación de la tolva, la cual estaría ubicada entre las dos áreas de producción y terminados, para que de esta forma se optimice la distancia al momento de transportar el material a la misma para su envase y de igual manera cuando ya estén listos los sacos para su despacho. Este punto es un lugar estratégico para mejorar tiempos y distancias de traslado, por ejemplo la conformación de las biopilas es en pares con una separación entre ellas de 0,5 metros; y la separación con las siguientes pares es de 1,5 metros, así hasta las 62 biopilas.

Por otra parte, al momento que ingrese el camión al área de producción hasta donde se encuentra ubicada la tolva, para el despacho de sacos, recorrerá una distancia de 123,79 m.

Esto se puede visualizar en el Anexo 34, layout que detalla la ubicación de la tolva y la línea de recorrido que tendrá que realizar el transporte para la estibación del producto final. Solo se tomó en cuenta el área de producción de abono de la planta.

5.5. Diagrama de flujo de la propuesta de mejora

El diagrama de flujo de la propuesta de mejora es el resultado de la simulación con sus respectivos datos, en el que se realizará una comparación de ambos escenarios, la situación actual vs la propuesta de mejora # 2, lo cual se podrá ver en el siguiente capítulo.

El diagrama de flujo (Fig. 37), consta de 6 pasos los cuales se detallan a continuación:

1. Se calibrará y se preparará el sistema de empaque, a fin de que durante el proceso funcione en óptimas condiciones.

2. El operario B se encargará de abastecer a la tolva con material orgánico mediante la gallineta.
3. El operador A se encargará de envasar el abono orgánico en sacos de 45 kg.
4. El operador A, también realizará un control de calidad verificando su peso en la estación de pesaje que está a continuación de la boca de la tolva.
5. Se cosera el saco con la cosedora.
6. Finalmente se estibara o agrupara el saco en el lugar designado.

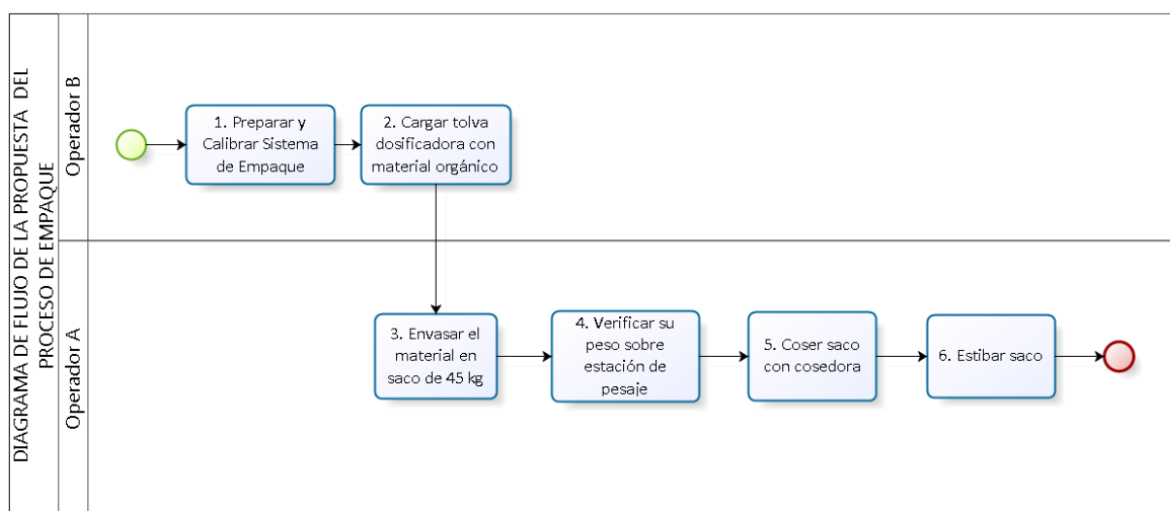


Figura 37. Diagrama de flujo de la propuesta – tolva dosificadora 2m³.

6. RESULTADOS: SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA # 2

Para analizar y evaluar los resultados, se comparan los datos de la situación actual, con los datos que arroja la Propuesta # 2 de mejora del proceso de empaque en la planta (tolva de 2 m³), los datos obtenidos en planta (Anexo 5) se utilizaron en el programa de simulación Flexsim.

La situación actual se presenta en la Tabla 16, se detalla el tiempo que dura el proceso manual de envasado que es de 83,80%, el tiempo de preparación del material para envasar es de 9,10%; el tiempo de retirar y apilar es de 3,70%; y para reiniciar el proceso nuevamente demora 3,40%, en la preparación del

saco; son cuatro procesos manuales medidos porcentualmente para envasar 49 sacos en sesenta minutos, en este proceso intervienen tres operadores uno de planta y dos extras.

Tabla 16.

Datos porcentuales del proceso actual de empaque.

Operación	Situación Actual	
	Cantidad de operarios 3	Cantidad de sacos 49 unidades
	Porcentaje	Minutos
Procesamiento Manual	83,80%	50,28
Tiempo de preparación de material para envasado de 49 sacos	9,10%	5,46
Operario retira y apila saco envasado	3,70%	2,22
Preparación del saco	3,40%	2,04
Total	100,00%	60

Nota: El porcentaje corresponde al tiempo evaluado en 60 minutos por cada operación en el envase manual.

Los mismos parámetros de la situación actual también son analizados en la propuesta, considerando los sesenta minutos en la operación de envasado, así:

El proceso semiautomático de la tolva dosificadora utiliza el 47,40%, del tiempo de envasado; el tiempo de espera para abastecimiento a la tolva por la excavadora es de 45,20%; la operación de retiro del saco envasado y sellado es de 7,40%; en el proceso semiautomático no es necesario la preparación del producto para ser envasado, la diferencia está en que la excavadora recoge y transporta directamente el abono, el dosificador de la tolva es el que prepara el material, con el proceso semiautomático se elimina una operación la de preparar el saco para envasar, estos tres procesos se midieron porcentualmente para envasar 106 sacos en sesenta minutos. En el proceso

semiautomático de mejora se recomienda trabajar con dos operarios. Ver tabla 17.

Tabla 17.

Datos porcentuales de la propuesta de mejora tolva dosificadora.

Operación	Propuesta de Mejora	
	Cantidad de operarios 2	cantidad de sacos 106 unidades
	Porcentaje	Minutos
Procesamiento semiautomático	47,40%	28,44
Tiempo de espera para abastecimiento de material por excavadora	45,20%	27,12
Operación de retiro de saco ya envasado y sellado	7,40%	4,44
Preparación de saco	0,00%	0
Total	100,00%	60

Nota: Se visualiza los datos que equivalen por cada porcentaje de operación sobre 60 minutos.

En la Tabla 18, se representa la situación actual versus la propuesta # 2, en la cual se ven los cambios que se dan en los parámetros evaluados, los cuales son: Tiempo de proceso de empaque, cantidad de sacos envasados, número de operarios, y tiempo de ciclo por cada unidad de 45 Kg. Están medidos en una hora de trabajo.

Tabla 18.

Comparación de parámetros de la situación actual vs propuesta de mejora.

Parámetros	Actual	Propuesta # 2	% De mejora
Tiempo de Proceso (min.)	50,28	28,49	43,33%
Cantidad de sacos	49	106	116%
Operarios	3	2	33,33%

Tiempo de Ciclo (seg.)	75	47	37,33%
------------------------	----	----	--------

En la figura 38, fácilmente se puede ver los cambios que se dan en los parámetros analizados, así: En la barra que corresponde a la propuesta de mejora, el número de sacos es 106, frente a la situación actual que es de 49; es decir se incrementan en 57 sacos. En el parámetro de tiempo de proceso se ve la disminución que hay en la barra de la propuesta de mejora que es de 28,49 minutos, frente a la situación actual que es de 50,28 minutos; en cuanto al parámetro de operarios también hay diferencia, en la situación actual son 3 operarios, y la propuesta son 2; como también en el tiempo de ciclo, la actual es de 75 segundos con respecto a la propuesta que es de 47 segundos. Se evidencia entonces que la empresa debe implementar la propuesta de mejora, ya que optimiza el proceso de empaque, ayuda al bienestar del personal y por ende al incremento de la rentabilidad de la empresa.

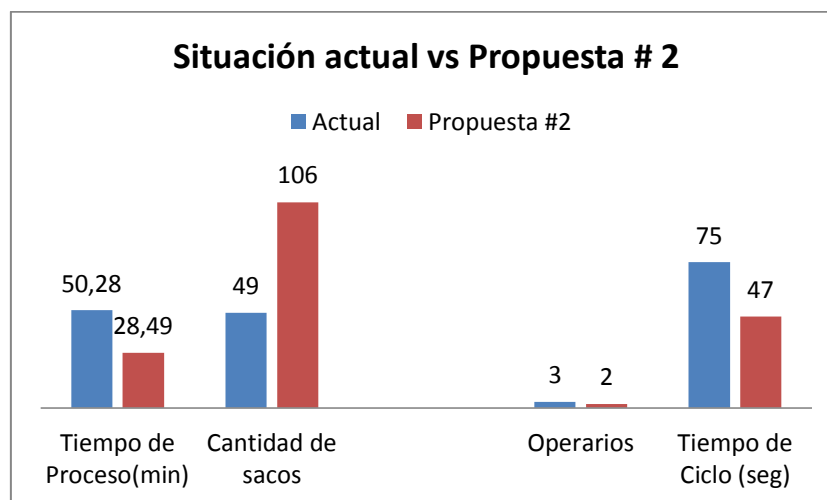


Figura 38. Comparación de la situación actual vs propuesta de mejora 2.

La Figura 39, refleja el porcentaje de mejoras por cada parámetro evaluado, se generan los siguientes datos: El tiempo de proceso presenta un porcentaje de disminución del 43,33%; la cantidad de sacos empacados presenta un aumento en 116%; el porcentaje de disminución de los operarios es de 33,33%; y, finalmente el tiempo de ciclo disminuye en 37,33%. Según estos resultados

se determina que la implementación de la tolva dosificadora de 2 m³ optimizará tiempos, unidades de sacos envasados, y número de operarios dentro del proceso de empaque.

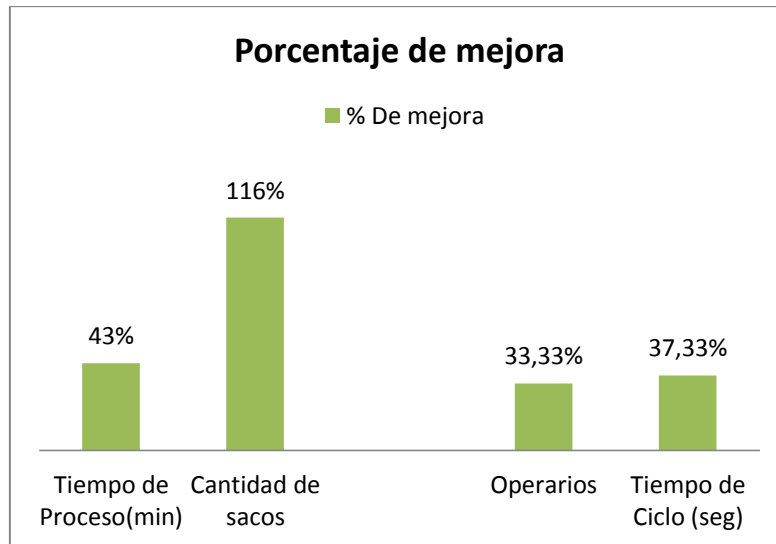


Figura 39. Porcentaje de mejora entre parámetros evaluados.

7. ANÁLISIS FINANCIERO

7.1. Costos de producción

Durante el año 2017, la Planta de Abono Chávez - Miño generó costos y gastos que se presentan en el Anexo 26, cabe indicar que la información fue tomada in situ por medio de los ingenieros de planta, gracias a estos datos se determinó el costo unitario de producción por saco, en el cual se involucran los costos de la materia prima, mano de obra, fabricación y gastos generales. Para determinar el costo unitario de producción de cada saco de abono, se tomó la información de la producción de dos biopilas de 16 Toneladas cada una (32000 Kg), siendo su costo total de \$1673,91 que equivalen a \$0,05234 por cada Kilogramo, lo cual representa que el costo de producción de un saco de 45kg, es de \$2,36.

7.2. Producción y ventas

El anexo 27 de ventas y producción, refleja el número de unidades vendidas mensualmente durante el año 2017; que en cantidad alcanza el número de 2770 sacos vendidos, la cuarta columna corresponde al costo unitario de producción por cada saco, arrojando un costo total de producción de \$ 6.524,18.

Estos sacos se vendieron al precio de venta unitario de \$4.50, lo cual da un monto de \$12.465,00 en el año.

Con esta información se ha calculado la venta total que alcanza la cantidad de 124650 kg, lo que corresponde en toneladas a 124,05 toneladas anuales, con un promedio mensual de 10, 39 toneladas de ventas.

7.3. Inversión y Presupuesto

Para mejorar el proceso de empaque del producto terminado, se propone una inversión de \$ 14 760 dólares americanos en la maquinaria y equipo indispensables, con este objeto se detalla la siguiente propuesta de inversión en la Tabla 19, de acuerdo a la Proforma No.2, Anexo 22.

Dentro de la proforma propuesta es importante aclarar que entre la mano de obra y la instalación de la maquinaria suman \$ 3000, para instalar el mencionado sistema, se lo hará en la parte media del área de las biopilas, para que de esta manera se optimice el tiempo y la distancia de traslado del abono a la tolva y también de los sacos, una vez listos y sellados para el despacho.

Tabla 19.

Proforma.

Tolva con capacidad de 1,2 toneladas	5 500
Dosificador - Bascula	3 200
Selladora Automática	0
Banda Transportadora de Rodillos	1 800

Suman Inversión en Maquinaria y Equipo	10 500
IVA 12%	1 260
Mano de Obra e Instalación	3 000
<hr/>	
Total Inversión	14 760

Nota: Los 2 m³ equivalen a 1,2 toneladas por la relación que existe con la densidad del producto orgánico.

La instalación de esta maquinaria, facilitará el envasado para el personal responsable de este proceso, puesto que disminuirá el tiempo de envasado de 75 segundos por saco a 47 segundos, en el proceso de mejora.

La inversión en maquinaria incrementa las ventas, así como sus gastos y costos como es el caso de mano de obra, número de sacos para el envase, depreciación de maquinaria, costo de amortización de la deuda, seguros de máquinas, mantenimiento y otros, sin embargo de dicho incremento, las utilidades también crecen ver Anexos 30 y 33.

7.4. Análisis costo beneficio

Se sugiere una inversión de \$14.760,00 de una tolva con dosificador de capacidad de 2 m³, la cual permitirá realizar las entregas del producto a tiempo, la inversión en el valor enunciado es relativamente baja. Se analizan los índices financieros VAN, TIR y C/B. Para dicho cálculo se ha tomado una tasa de descuento del 13,02% anual, el cual es el resultado de la TMAR (Tasa activa + Tasa de inflación + Riesgo País Ecuador) Tabla 20, el cálculo del flujo se lo hace para 12 meses, tomando como base el mes de inversión Anexo 33. Se aclara que el cálculo de estos indicadores se realizó teniendo como referencia la capacidad de pago de la planta. Dicho cálculo se lo efectuó para la propuesta elegida, puesto que en las otras propuestas, en el un caso por su costo muy elevado no fue seleccionada y el otro porque aunque su precio es

bajo, la misma no cumple con los componentes de diseño que requiere la planta para este proceso de empaquetamiento.

Tabla 20.

Cálculo de la TMAR (Tasa mínima activa de retorno) para la inversión del proyecto.

TMAR	%
Tasa Activa	7,63
Tasa de Inflación	-0,21
Riesgo País	5,6
Tasa Anual	13,02

Adaptado de (Banco Central del Ecuador, s.f.).

Respecto del VAN (Valor Actual Neto), el resultado es de \$8.566,87, consecuentemente la inversión de \$14.760,00 es factible hacerla, la misma que en los siguientes 7 meses es recuperable, como se demuestra en la tabla 21.

Respecto del TIR (Tasa Interna de Retorno), el resultado es de 14,35%, significa que la inversión de \$ 14.760 a una tasa anual del 13,02%, es recuperable por ser el TIR mayor a la tasa de inversión. Es necesario, aclarar que la planta percibe un ingreso de las empresas proveedoras de materia prima, por hacer la remediación ambiental de los subproductos de las mismas.

Respecto del C/B (Costo Beneficio), el resultado es 1,58, indica que por cada dólar que invierte la empresa se recuperan \$0,58, es decir el proyecto de mejora es rentable. Ver Tabla 21. El resultado de estos indicadores responden a la programación proyectada al alza, una vez implementada la propuesta de mejora del proceso de empaquetamiento. Actualmente hay el problema de que la empresa no puede vender el producto en existencia a pesar de tener clientes potenciales.

Tabla 21.

VAN, TIR y la relación costo beneficio de la inversión.

Tasa de Descuento	1,09%
VAN	8.566,87
TIR	14,35%
B/C	1,58

Nota: El 1,09% se obtiene a partir de dividir el 13,02% anual entre 12 meses, ya que la inversión está proyectada para recuperarla en 7 meses.

El incremento de la rentabilidad trae también beneficios como la conservación del bienestar del trabajador pues este se hace más eficiente y productivo Ver Anexo 29; las relaciones con los clientes crearan un nivel de confiabilidad en razón del cumplimiento de las entregas del producto a tiempo. La empresa se beneficia del respaldo de la comunidad con la creación de plazas de empleo y la consecución del desarrollo del área rural en donde se encuentra la planta.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Luego de haber realizado el estudio del sistema de producción de la planta abonos Chávez – Miño y efectuando la simulación de la propuesta de mejora para optimizar el proceso final de empaque, es necesario comparar los resultados de acuerdo a los objetivos planteados por tal razón se concluye que:

Para obtener el tiempo de empaque del proceso final de la planta de abonos se realizó la medición de tiempos de sus cinco operaciones tomando una muestra de 38 sacos de 45 kg. El tiempo promedio de empaque por cada saco es 75 segundos equivalentes a 1,25 minutos lo cual representa cuellos de botella para el proceso final, por tanto debe ser mejorado. Se estableció un intervalo de confianza entre 72,02 y 78,13 segundos a un nivel de confianza del 95%.

El rendimiento del proceso productivo de la planta de compostaje obtenido mediante el índice de productividad laboral corresponde a 265,15 kg/h, indica que el rendimiento de la planta es bajo debido a la falta de maquinaria en el proceso de empaque siendo una causa relevante que impide extender su mercado a los grandes productores agrícolas.

Para optimizar el proceso de empaque de la planta abonos Chávez – Miño se presentan dos propuestas. La primera propuesta que procura elevar la capacidad mediante una inversión cuantiosa y la segunda ampliando la capacidad pero a un menor costo. Dada la condición económica de la empresa, la propuesta 2 es adecuada a corto plazo obteniendo un incremento de 33,33% en productividad.

La implementación de una tolva con dosificador de tornillos de 2m³ planteada como segunda propuesta, según la simulación realizada en el lapso de una hora de trabajo, parámetro que fue tomado al realizar el proceso de empaque del producto final para compararlo con el proceso actual, mejorará el tiempo de proceso ahorrando el 43,33%, la cantidad de sacos envasados aumentaran en

116%, el número de empleados se incrementa en un 33,33% y finalmente el tiempo de ciclo, es decir el tiempo que se demora en empaquetar un solo saco de abono orgánico, disminuye en un 37,33%.

A fin de optimizar el tiempo y las distancias de traslado del abono a la tolva y a la zona de carga de los sacos listos, es indispensable que la tolva dosificadora de 2m³ se ubique en el área de producción y terminados de las biopilas, parte central del área de producción.

Finalmente se concluye con el análisis de la factibilidad económica de la propuesta de mejora.

Existe factibilidad económica por parte de la empresa para la implementación de la segunda propuesta con el uso de una Tolva dosificadora de tornillo, cuyo costo es de 11 760 dólares en la maquinaria y de 3 000 dólares en la instalación y mano de obra, estimando que las ventas programadas una vez instalado este sistema de envasado semiautomático cumplirán con el objetivo propuesto incrementando en un 348,92% el número de sacos producidos al mes, permitiendo a la empresa escalar a los grandes mercados.

Calculados los indicadores financieros VAN, TIR y C/B, reflejan que la inversión propuesta es recuperable porque el TIR (Tasa interna de retorno es del 14,35%, mayor a la tasa de interés anual que es del 13,02%). El proyecto es rentable porque el indicador costo beneficio es de \$1,58, lo cual significa que la empresa recupera 0,58 dólares por cada dólar de inversión.

8.2. Recomendaciones

De acuerdo a la investigación de las actividades desarrolladas en la Planta de Abonos Chávez – Miño, y con el estudio efectuado sobre el Proceso de Empaquetamiento, se plantean algunas recomendaciones para mejorar su proceso. Con el objetivo de incrementar sus ventas e implementar procedimientos adecuados en cuanto a la seguridad y salud ocupacional de los

trabajadores, y además para brindar facilidades tanto a los clientes como a los proveedores.

La principal recomendación es que se ponga en marcha la mejora propuesta al proceso de empaquetamiento, para esto se debe realizar la inversión con la instalación de una tolva con dosificador para que su proceso de empaque sea ágil y pueda la empresa en cualquier momento atender con n número de unidades empaquetadas a sus clientes.

En la investigación se detectó la falta de documentos impresos con información completa que respalden los procesos de producción, producto terminado y de la venta del producto al granel, datos que deben ser registrados y protegidos para el correcto control económico y financiero de la empresa.

El incremento de sus ingresos (ventas), permite hacer mejoras continuas en la infraestructura de la Planta de Abonos, especialmente en lo que compete al Medio Ambiente, y además mejorar la calidad del producto a través de la investigación; al propender a un mejoramiento de sus procesos desde la recepción, la producción y la venta de los productos; con la implementación de la tolva dosificadora de 2m³ se agiliza la salida del producto terminado dejando espacios vacíos, al optimizar las áreas de producción, para que puedan ser llenados de manera inmediata con los residuos orgánicos que se reciben de los proveedores.

Se sugiere también la inversión en servicios como la publicidad, para que el mercado conozca el producto y éste se venda fuera de la provincia. Es necesario que el empaque del producto detalle sus componentes orgánicos, químicos y las bondades de éste al ser usado.

Una vez implementada la tolva con dosificador de tornillos de 2m³, se recomienda realizar un estudio TPM (Mantenimiento Productivo Total), para así lograr cero averías, cero tiempos muertos, cero defectos y que de esta manera se pueda tener un procesamiento continuo del material orgánico cuando este sea envasado y evitar pérdidas económicas posibles al momento de despachar los pedidos a los clientes.

Así también es importante tener en cuenta hojas de trabajo estandarizado y hojas de descripción de operaciones no solo del proceso final de empaque sino de toda la línea de producción de abono orgánico ya que es sumamente trascendental tener controles necesarios para estandarizar la producción mediante métodos y tiempos.

Adicionalmente esta propuesta de mejora puede ser ampliada y profundizada en otros estudios como la implementación de un PLC industrial que se lo ejemplifica en el Anexo 19 de esta tesis.

REFERENCIAS

- Abonos Chávez – Miño SCA. (2016). Productos – Mas Información. Recuperado el 27 de Agosto de 2017 de: <http://www.abonoschm.com/cont%C3%A1ctenos.html>
- Banco Central del Ecuador. (s.f.). Inflación. Recuperado el 10 de Abril de 2018 de: https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion
- Bega Maquinaria. (s.f.). Envasado, Pesaje y costura de sacos. Recuperado de: <https://www.begamaquinaria.com/ensado-y-costura-de-sacos>
- Bojorquez, M. (2013). Diagrama Ishikawa. Recuperado de: https://prezi.com/adccw2gc_o6v/diagrama-de-ishikawa/
- Campitelli, P. (2014). Compostaje. Obtención de abonos de calidad para plantas (1. ° ed.). Córdoba, Argentina: Brujas.
- Campos, E., Elías, C. y Flotats, X. (2012). Procesos biológicos: la digestión anaerobia y el compostaje. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Campo, A. y Hervas, M. (2013). Operaciones de almacenaje (1ª. ed.). Madrid, España: McGraw – Hill.
- Castillo, A. (1980). Acondicionamientos de granos: secamiento, almacenamiento y costos. Colombia: Instituto Interamericano de ciencias agrícolas.
- Cuatrecasas, L. (2012). Procesos en flujo flexible Lean. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Daneri, P. (2008). PLC: Automatización y control Industrial (1ª. ed.). Buenos Aires, Argentina: Hispano Americana Hasa.
- Dario, O. (2009). Organización del sistema productivo. Recuperado de: <http://proindustrial-omar.blogspot.com/2009/06/estudio-de-tiempos.html>
- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. (4ª. ed.). Recuperado el 24 de Mayo de 2018 de: <https://books.google.com.ec/books?id=9HtOrqp5josC&printsec=front>

cover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Finck, A. (1988). Fertilizantes y Fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Recuperado el 24 de Mayo de 2018 de: <https://books.google.com.ec/books?id=IIL8KcUQAQ0C&printsec=frontcover&dq=Fertilizantes+y+Fertilizaci%C3%B3n:+fundamentos+y+m%C3%A9todos+para+la+fertilizaci%C3%B3n+de+los+cultivos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjhqpmk3pDdAhUF7VMKHZcMBGcQ6AEIJTAA#v=onepage&q=Fertilizantes%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%3A%20fundamentos%20y%20m%C3%A9todos%20para%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20los%20cultivos&f=false>
- FONAG. (s.f.). Abonos Orgánicos. Recuperado el 6 de Septiembre de 2017 de: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Galgano, A. (2004). Las Tres Revoluciones. España: Díaz de Santos.
- Gozálvez, J. y Santafé, A. (2015). Análisis y simulación de procesos con Mathcad (1ª. ed.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Guisande, C. y Vaamonde, A. (2013). Gráficos Estadísticos y Mapas con R. España: Diaz de Santos.
- Gutiérrez, P.H. (2014). Calidad y productividad. (4ª. ed.). México: McGraw-Hill.
- Jiménez, J. y Castro, A. (2009). Productividad. Córdoba, Argentina: El cid Editor.
- Junta de Andalucía. (s.f.). Los Residuos Urbanos y Asimilables a domésticos. Recuperado el 7 de Julio de 2017 de: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/EducamIV/publicaciones/rua04.pdf.
- Lefcovich, M. (2009). Productividad: su gestión y mejora continua: objetivo estratégico. Córdoba, Argentina: El Cid Editor.
- Lopez, P. (2016). Herramientas para la mejora de la calidad: métodos para la mejora continua y solución de problemas. España: FC Editorial.
- Mercader, J., Aragón, C., Barcelón, S., Carrero, C., Dubin, K., García, A., Díaz, P., Moreno, A., Morón, R., Nieto, P., Quintero, M. y Valdueza, M.

- (2008). Productividad y conciliación en la vida laboral y personal. Barcelona: Ariel, S.A.
- Meyers, F. (2000). Estudio de tiempos y movimientos. (2ª. ed.). México: Pearson Educación.
- Ministerio de la Protección Social Republica de Colombia. (s.f.). Diagrama de Pareto. Recuperado de: <http://mps1.minproteccionsocial.gov.co/evtmedica/linea%204/2.3diagrama.html>
- Miño, D., Rivadeneira, E., Artieda, C., y Casella, C. (s.f.). Tratamiento de los lodos residuales no peligrosos, su incorporación al ambiente y su efecto en la mitigación del cambio climático. Abonos Chávez – Miño S.C.A.
- Miño, D. (2017). Mejora de la capacidad del proceso productivo de abono orgánico de la planta de Abonos Chávez – Miño, mediante la implementación de la herramienta DMAIC Seis Sigma. (Tesis de Maestría). Universidad de las Américas.
- Mora, L. (2011). Gestión Logística en centros de distribución, bodegas y almacenes (1. ° ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Moreno, J. y Moral, R. (2008). *Compostaje*. Madrid: Mundi – Prensa.
- Muñoz, M. (2012). Envasado de conservas vegetales (1ª. ed.). Málaga, España: ic editorial.
- Muñoz, M (2014). Envasado de conservas vegetales. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017 de: <https://books.google.com.ec/books?id=ZMSfAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Envasado+de+conservas+vegetales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiqvI7L7bnYAhVHMd8KHUEpAcoQ6AEIJTAA#v=onepage&q=Envasado%20de%20conservas%20vegetales&f=false>
- Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizantes Química y Acción. Recuperado el 6 de Junio de 2017 de: https://books.google.com.ec/books?id=3McUBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Fertilizante+quimica+y+accion+pdf&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo (12. ° ed.). México: McGraw-Hill.
- Ortiz, R. (2010). El control eléctrico en los sistemas de edificios inteligentes (1. ° ed.). México: Instituto Politécnico Nacional.
- Palacios, L. (2016). Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos (2. ° ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Pardo, J. (2012). Configuración y usos de un mapa de procesos. España: Aenor Ediciones.
- Piera, M., Guasch, T., Casanovas, J. y Ramos, J. (2013). Como mejorar la logística de su empresa mediante la simulación. Madrid: Díaz de Santos.
- Rajadell, M. y Sanchez, J. (2009). Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Suñe, A., Gil, F. y Arcusa, I. (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Urquía, A. y Martín, C. (2016). Métodos de simulación y modelado. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

ANEXOS

ANEXO 1

Durante el desarrollo de esta tesis se levantó información in situ, por medio de preguntas que se realizaron a los ingenieros de planta, la visita fue realizada el 04 de Octubre de 2017, a continuación se detallan las preguntas y respuestas respectivas.

1. ¿Qué capacidad tiene una cama de materia prima?

Una cama puede tener 40 toneladas, pero el 60 % es humedad, se procede a secar dicha cama entre 2 a 3 semanas para que al final sólo quede materia, lo que corresponde al 40%.

2. ¿Cómo es la clasificación de la materia prima, la clasifican por camas?

La clasificación de la materia prima es secuencial según van llegando los lodos residuales, se colocan uno encima de otro, entonces después se coloca la gallinaza y finalmente la capa vegetal.

3. ¿En qué momento comienza a funcionar la volteadora?

Cuando está seca la biopila, se le mide la humedad y se arma la cama (biopila), entonces se coge el reporte de armado de cama, de ahí comienza el conteo de 12 semanas, donde la cama ya debería estar lista, y en las dos primeras semanas la temperatura es de 60 a 70 ° C, no se deja pasar de 75 ° C por que podrían morir las bacterias. Entonces 70°C pasa la máquina, se revuelve, ingresa agua, se va enfriando y se oxigena, no baja de 40-45°C que sigue en proceso, ya la tercera y cuarta semana la temperatura no sube de 30-40°C igual sigue en descomposición, pero ya no sube la temperatura, en esta etapa es donde comienzan a crecer insectos benéficos, se continua pasando la máquina, se revuelve algunas veces, es decir las que se necesite, para que ya en la décima y doceava semana la temperatura no pase de 20 – 25°C.

4. ¿En qué semana el material orgánico (abono) ya está listo para empacar?

Semana doce, trece con una temperatura de 20 máximo 25°C.

5. ¿En qué lugar se empaca?

El lugar que se escoge para empacar es donde está lista la cama (biopila de abono orgánico), como todo es manual, se procede a trasladar los sacos, la balanza, escogemos el saco, y se envasa en ese lugar de la cama. Cuando se hace con el tractor, escogemos una cama acumulada, para cargar al granel que es mucho más fácil, y conveniente. Entonces la volqueta se dirige en donde está la cama, utilizando el tractor se carga el abono.

6. ¿Cuántas veces pasa la volteadora?

Depende de la humedad, de la temperatura, pero en todo el ciclo por lo menos unas 4 a 5 veces o podría ser más si es que está húmedo (invierno), para que se distribuya la humedad y se evapore los lixiviados, en verano no se pasa mucho para que no se seque la cama por la humedad que debe mantenerse, inclusive se ingresa agua para que puedan vivir las bacterias.

En verano unas 2-3 veces, mientras que en invierno unas 6 veces por la humedad.

7. ¿En qué temporada tienen más demanda se sacos?

Depende el cultivo, por ejemplo en florícolas en el mes de marzo, abril y mayo, para entrar al verano. En producción de papas por ejemplo en octubre y noviembre donde comienzan a ingresar abono y en otros cultivos por ejemplo en hortalizas ellos hacen aplicaciones hasta tres veces por año.

8. ¿Cuál es la capacidad de la cama cuando esta proceso?

Estamos hablando de 60 toneladas pero se toma en cuenta que el 60% es humedad y solo el 40% es material es decir 24 toneladas. Y el material final es de unos 20 Tm, pero esto puede variar dependiendo como se vayan formando las camas.

9. ¿Cuáles son los tiempos del proceso?

Descarga del material residual

El material residual se demora unos 45 minutos en descargar, son 6 toneladas con dos trabajadores y lo realizan con palas.

Envasado del material orgánico de 45 kg.

Entre dos personas, se podría llenar 50 sacos, es decir 50 sacos de 45 kg en una hora, pero con gran esfuerzo.

10. ¿Cuántas camas (biopilas) tienen listas para envasar?

Un promedio mensual de 15 toneladas de venta, si es que no se vende las biopilas se van acumulando.

11. ¿Algún tipo de problema existente en el proceso de remediación?

Organización dentro de la planta, y de material desechable como fundas, tarros que son de la llegada de los proveedores.

12. ¿Qué tiempo se demora en voltear?

Unos 10 a 15 minutos se demora en voltear una cama (biopila), la capacidad de la máquina volteadora es de 200 toneladas en una jornada laboral.

El motor de la máquina es a combustión, tiene conexiones hidráulicas para poder dirigirla.

13. ¿Cómo mejoraría la tolva o la implementación?

Se optimizaría espacio para la producción de nuevas biopilas.

Se optimiza el tiempo de empaque, y gracias a esto no se alargarían los pedidos, por ejemplo, hoy día 4 de octubre si tengo un pedido de 500 sacos lo estaría entregando el día lunes o martes de la siguiente semana.

Se evita el desgaste, lesiones, cansancio que demanda el esfuerzo de envasar los sacos, se mejorara la salud ocupacional del trabajador

14. ¿Qué días se realiza el empaque?

Eso depende del pedido, no es determinado, por ejemplo si tengo un pedido que me llega hoy día, entre jueves y viernes se trabaja en llenar sacos. Y siempre los pedidos son por escritos, vía mail llega los datos de cantidades solicitadas.

15. ¿Qué día llegan los proveedores?

Todos los días llegan, a veces no llegan los lunes pero generalmente son diarias, de lunes a sábado. Y el camión que llega a dejar residuos tiene una capacidad de 6 Tm. Tenemos una hoja donde se registra la descarga de material en la cual está el día, el material, la fecha, hora y proveedor cada 15 días se realiza un reporte.

16. ¿Cómo es el abastecimiento de agua?

Tenemos una conexión interna de 700 tanques de 20 m³, donde se utiliza una bomba conectada a 15 mangueras para el goteo, pero también se utiliza el goteo por gravedad.

17. ¿Cómo realizan la estibación de los sacos?

La estibación de los sacos se la realiza de manera manual, entre 2 personas se los lanza al camión donde 2 personas más reciben y lo acomodan en filas.

18. ¿Cómo hacen los pedidos de compra de los sacos tomando en cuenta la orden de pedidos de producción?

Los pedidos de compra de sacos depende del pedido, normalmente cuando existe un pedido de producto en sacos nos stockeamos con unos 300 sacos, no todos los pedidos se los envía en sacos sino también al granel, es por esa razón, que sólo los adquirimos cuando nos realizan un pedido en sacos, los proveedores nos entregan de manera inmediata los sacos.

19. ¿Cómo es el etiquetado del saco? Y si llevan algún tipo de registro?

El saco no se lo etiqueta, nuestro proveedor tiene un modelo de nuestro saco con logos, ellos nos entregan impreso el saco con nuestros logos. En el correo adjunto el formato del saco con logos. Llevamos un registro de ingreso diario de materia prima y una orden de cosecha y despacho que se corrobora con la factura para la entrega del producto terminado.

21. ¿Cuántos sacos de gallinaza utilizan mensualmente o según la producción?

Depende de la producción pero aproximadamente nos abastecemos de 1000 sacos de 20kg de gallinaza cada 3 meses. Es decir que cada cama lleva aproximadamente un 20% de gallinaza.

22. ¿Cuál es la demanda de producto mensualmente?

La demanda de producto por el momento no logramos estabilizarla, se debería calcular un promedio de pedidos según los despachos, hay meses que nos piden 5 toneladas y hay otros meses que nos piden 10 toneladas o incluso 20 toneladas.

23. ¿Costo transporte de los insumos?


El costo de transporte lo asume directamente el cliente, no asumimos flete, nuestro precio mínimo es de 0.08 centavos por cada kilo en nuestra planta y ese precio es para pedidos de 10 toneladas en adelante y al granel, si solicitan 10 toneladas en adelante pero en sacos nuestro precio es de 0.10 centavos, con pedidos inferiores a las 10 toneladas nuestro precio de venta a granel es de 0.15 centavos y en saco es de 0.18 centavos.

24. ¿Cuál es el costo de la capa vegetal y cuanto utilizan mensualmente para la producción?

El costo de la capa vegetal es de 27 dólares el viaje de 5m³ aproximadamente y realizamos 10 pedidos de viaje al mes, es decir gastamos 270 dólares mensuales en material vegetal

ANEXO 2

Registros de ingreso de materia prima referente a 2016 y 2017, en donde están cuantificados en Kilos pertenecientes a las industrias de bebidas de consumo masivo y faenamamiento de aves.



PLANTA DE COMPOSTAJE
CHAVEZ-MIÑO
CONTROL DE PESAJE

MES Septiembre

HORA DE ENTRADA	FECHA	KILOS PRONACA	KILOS CERVECERIA	# DE CAMA	RESPONSABLE	HORA DE SALIDA
12:50	19-12-16		1.140	L3-C3	MARLOW	1:30
12:00	20-12-16		4.370	L3-C3	MARLOW	2:25
12:45	21-12-16		3.370	L3-C3	MARLOW	2:00
12:20	22-12-16		1.400	L3-C2	MARLOW	1:50
11:45	23-12-16		2.840	L3-C2	MARLOW	1:30
08:40	29-12-16		45.50	L3-C2	Lanader	09:30
01:00	30-12-16		3870	L3-C1	Lanader	10:45
09:00	01-01-17		6180	L3-C1	Lanader	10:00
08:50	03-01-17		3980	L3-C1	Lanader	09:45
08:40	04-01-17	1180		L3-C1	José Lanader	10:10
11:30	04-01-17		4.170	L3-C3	MARLOW	1:35
01:15	05-01-17	1800		L3-C3	Vicente	10:15
09:40	06-01-17		4.320	L3-C3	MARLOW	1:40
09:40	06-01-17	2210		L3-C3	Vicente	10:30
11:40	06-01-17		4.730	L3-C3	MARLOW	1:30
07-01-17	07-01-17		5460	L3-C2	Lanader	20:15
08:30	08-01-17		5800		Lanader	
11:20	08-01-17	2820		L3-C4	Vicente	15:10
09:10	11-01-17	1850		L3-C4	Vicente	
09:30	12-01-17	2.510		L3-C3	MARLOW	18:10
10:20	13-01-17	2.070		L3-C4	MARLOW	31:30
17:20	13-01-17		2140	L3-C2	Lanader	18:05
09:20	15-01-17		2630	L3-C2	Lanader	10:10
12:00	17-01-17		4.800	L3-C2	MARLOW	2:15
08:10	17-01-17	1860		L3-C3	José Lanader	12:25
08:45	18-01-17		730	L3-C3	MARLOW	10:00
10:00	19-01-17	2170		L3-C3	Lanader	11:05
08:30	20-01-17		3190	L3-C3	MARLOW	
08:45	20-01-17	1180			Lanader	
08:30	21-01-17		2430	L3-C3	Lanader	09:30
16:35	23-01-17		5.580	L3-C3	Lanader	17:30
10:20	24-01-17	2.190		L3-C3	MARLOW	16:30
10:20	25-01-17	2.560		L3-C3	MARLOW	12:50
08:20	26-01-17	1.710		L3-C1	MARLOW	10:30
09:15	26-01-17		6190	L3-C1	Lanader	10:30
09:30	28		4590	L3-C3	Lanader	09:30
10:15	01-02-17		2430		Lanader	
10:30	01-02-17	3.450		L3-C2	MARLOW	
10:15	02-02-17	2150		L3-C1	MARLOW	
08:50			4860		Lanader	10:20
10:00	03-02-17	1600		L3-C2	MARLOW	

ANEXO 3


Registro de ingreso de control de pesaje y disposición final del material residual sólido del mes de Agosto de 2017.

HORA DE ENTRADA	FECHA	CANTIDAD KILOS	LUGAR ORIGEN	# DE LOTE DEPOSITADO	# DE CAMA DEPOSITADO	Nombre Chofer	HORA DE SALIDA	OBSERVACIONES
↓ 5:55	01/08/2017	↓ 230	Promex Y			Nelson Ch		Gyoso
10:00	01/08/2017	7200	Promex P/1			José y Diego Marlon Ch		Gyoso
↓ 50	02/08/2017	820	Promex Y					
14:00	03/08/2017	1040	Promex Y					
14:00	04/08/2017	1075						
18:00	04/08/2017	7100	Promex P/1	2		Nelson Ch		
11:40	08-08-17	4.200	ISA/PY	#1-C1		MARLON		HILSEA/ISA x140 Fundos
11:40	08-08-17	7500	PPF	#1-C1		José Roberto Marlon - 8000		HILSEA
10:30	08-09-17	820	PY-ISA	L#1-0		José Roberto		
14:40	09-8-2017	7000	PPF	#1		José Roberto		
17:50	10-8-2017	7000	PPF	#6		José Diego		HILSEA
10:00	18-08-2017		P			José Diego		HILSEA
16:00	10-08-2017	1.420	PY	#1				HILSEA
14:18	15-08-2017	410	PY	#1				HILSEA
16:10	15-08-2017					José R.		HILSEA
10:00	16-08-2017	6800	PPF	#5		José Diego		HILSEA
15:00	17-08-2017	7000	PPF	#1 C3		Marlon		HILSEA
	18-08-2017							
15:40	19-08-2017	5400	PPF	#5 C5	C3	José R.		HILSEA
16:15	21-08-2017	(152)	HILSEA			MARLON		HILSEA
1:05	22-08-17	2300	PY	#1-0		MARLON		HILSEA
16:50	22-08-17	6150	PPF	#1-0		José R.		
16:25	23-08-17	3850	ISA	#1-C3		MARLON		HILSEA
9:00	24-08-17	5.500	PPF	#1-C3		MARLON		
9:45	25-08-17	4100	PPF	#1-C3		MARLON		
11:1	25-08-17	3.940	PY	#1-C3				
17:30	28-08-17	6430	PY/PPF	#1-C4		MARLON		HILSEA
28:11:30	28-08-17	7100	PPF	#1-C4		MARLON		HILSEA
12:30	29-08-17	7150	PPF	#1-C4		MARLON		
12:30	29-08-17	1140	PY	#1-C3		MARLON		
17:00	30-08-17	8550	PPF	2	C5	Nelson		
	31-08-17	2790	PY			Marlon		

45730

ANEXO 4

Control de ingreso de materia residual perteneciente al mes de Septiembre de 2017 y disposición final del mismo.


CENTRO DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL Y PLANTA DE COMPOSTAJE
ABONOS CHAVEZ-MIÑO

CONTROL DE PESAJE Y DISPOSICIÓN FINAL MATERIAL RESIDUAL SÓLIDO

MES

HORA DE ENTRADA	FECHA	CANTIDAD KILOS	LUGAR ORIGEN	# DE LOTE DEPOSITADO	# DE CAMA DEPOSITADO	Nombre Chofer	HORA DE SALIDA	OBSERVACIONES
07:00	30-08-2017	8550	PPF	L#10	C-5	MARLON		28570
9:50	01-09-17	7.600	PPF	L#1	C-6	MARLON		
8:50	04-09-17	7.500	PPF	L#1	C-6	Jose P.		
9:30	01-09-17	6680	PPF	L#1	C-5	MARLON		
15:40	01-09-17	3550	PY	L#1	C-5	MARLON		
20:32	01-09-17	67.200	PPF	L#1	C-6	MARLON		
18:17	05-09-17	2670	PY	L#	C	MARLON		
9:50	06-09-17	7.500	PPF	L#1	C-6	MARLON	HILSEA	
4:00	06-09-17	15M ³	HILSEA	L-3	-6	MARLON		
9:15	07-09-17	5.500	PPF	L#1	C-6	MARLON		
10:00	07-09-17	2060	PY	L#2	C-1	Jose P.		
9:10	08-09-17	5.000	PPF	L-2	C-1	MARLON		
3:35	08-09-17	3330	PY	L-2	C-1	MARLON		
1:20	11-09-17	6000	PPF	L-2	C-1	Jose P.		
19:00	08-09-17	6500	PPF					
9:20	12-09-17	7.500	PPF	L-2	C-3	MARLON		
4:50	12-09-17	3730	PY	L-2	C-3	MARLON	HILSEA	
	08-09-17	6500	PP.	L-2	C-0	MARLON		
12:15	13-09-17	2140	PY	L-2	C-	MARLON	HILSEA	
12:15	14-09-17	2290	PY	L-2	C	MARLON		
12:15	14-09-17	7000	PPF	L-2	C	MARLON		
	15-09-17	7.600	PPF			Jose P.		
5:30	15-09-17	7.500	PY-PPF	L-2	C-3	MARLON		

114.940

ANEXO 5

Tabla de toma de tiempos de 38 muestras, con su promedio y desviación estándar.
Medida en segundos.

Muestras	Tiempo (seg)
1	59
2	59
3	59
4	61
5	63
6	65
7	65
8	67
9	68
10	68
11	68
12	69
13	70
14	72
15	72
16	73
17	73
18	75
19	75

20	75
21	76
22	77
23	78
24	79
25	79
26	79
27	80
28	80
29	81
30	82
31	82
32	82
33	82
34	89
35	91
36	92
37	93
38	95
Promedio	75,07895
Desviación Estan.	9,606815

ANEXO 6

Análisis arrojados por la hoja de cálculo Excel, utilizando la función estadística Distribución normal de la muestra tomada respecto al proceso de Empaque realizado con tres operadores.

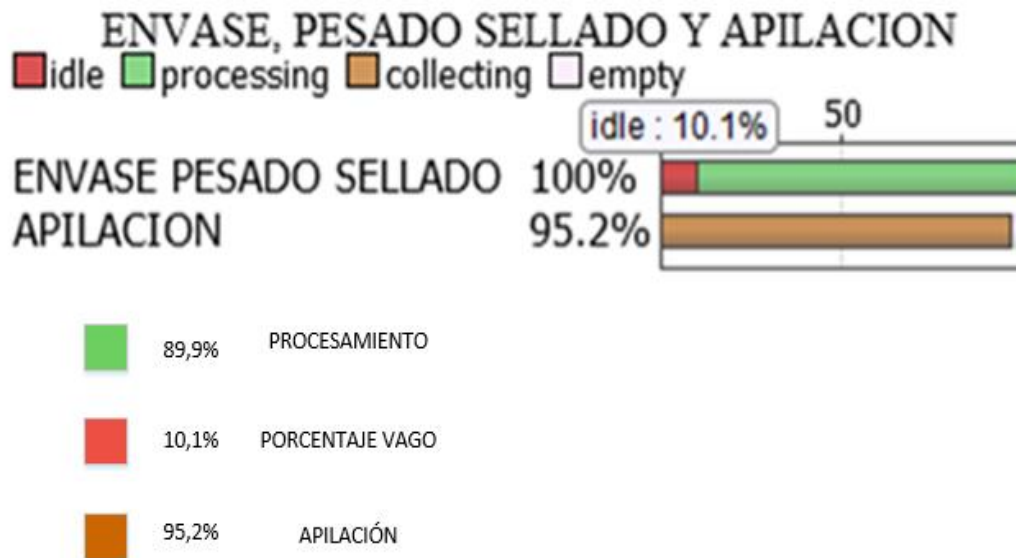
Muestras	Tiempo (seg)	Distribución Normal
1	59	0,010233887
2	59	0,010233887
3	59	0,010233887
4	61	0,014189106
5	63	0,018838511
6	65	0,023950538
7	65	0,023950538
8	67	0,029158228
9	68	0,031653772
10	68	0,031653772
11	68	0,031653772
12	69	0,033992579
13	70	0,036110794
14	72	0,039448069
15	72	0,039448069
16	73	0,040565939
17	73	0,040565939
18	75	0,041525605
19	75	0,041525605

20	75	0,041525605
21	76	0,041336587
22	77	0,04070498
23	78	0,039651057
24	79	0,038208174
25	79	0,038208174
26	79	0,038208174
27	80	0,036421017
28	80	0,036421017
29	81	0,03434331
30	82	0,032035132
31	82	0,032035132
32	82	0,032035132
33	82	0,032035132
34	89	0,014533062
35	91	0,010517893
36	92	0,008803512
37	93	0,00728916
38	95	0,004837304
Promedio de la muestra		75,07894737
Desviación Estándar		9,606815089

ANEXO 8

Gráfica en la cual se muestra el porcentaje de procesamiento del envase, pesado y sellado, también el porcentaje de apilación una vez cosido el saco y la equivalencia al tiempo vago. Se recalca que este análisis es con un solo operario.

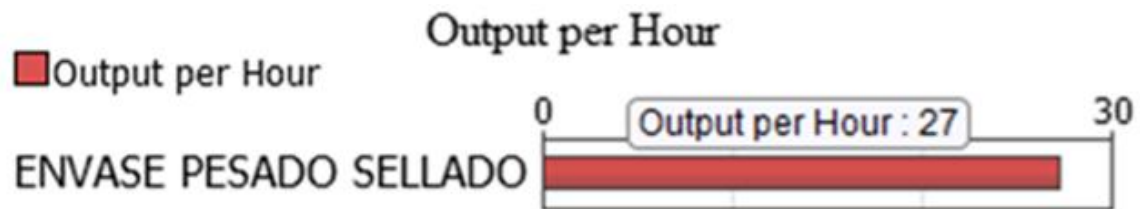
Este cuadro porcentual se extrajo de Flexsim 2015, programa de simulación de procesos.



ANEXO 9

Esta gráfica estadística arroja el número de sacos correspondientes que efectúa el operador, al realizar el envase, pesado y sellado, esta es de 27 sacos por una hora.

Este resultado se extrajo del programa Flexsim 2015 (programa de simulación).



ANEXO 10

Este cuadro muestra la cantidad de sacos que entran por minuto a la apilación (0,4 sacos/minuto), y el total de 27 sacos en una hora de trabajo, se recuerda que este análisis se realizó con un trabajador y se lo simulo en Flexsim 2015, ingresando todos los datos reales del proceso final de empaque.

	Output per Hour 1	
	Input per Minute	Total Input
APILACION	0.4	27.0

ANEXO 11

Dentro del proceso de simulación se analizó los porcentajes de operaciones del trabajador, que al simular arrojó los siguientes datos los cuales son evaluados en 60 minutos.

Utilize: significa que el operador gran parte de su tiempo está ocupado, con el 89,15%, es decir que de los 132 segundos 117 está totalmente operando.

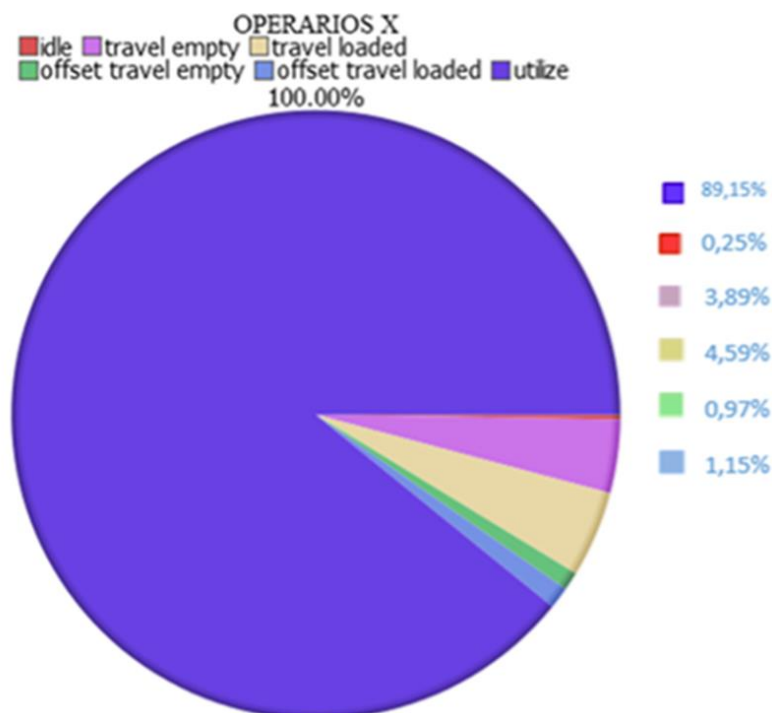
Travel loaded: significa que el operador utiliza el 4,59% de su tiempo al desplazarse con la carga, en otras palabras es cuando él se desplaza al seleccionar el saco y al momento de apilarlos cuando ya están envasados, pesados y sellados

Travel empty: este parámetro describe el viaje que el trabajador realiza sin ningún tipo de carga, es decir cuando el regresa para continuar envasando los sacos una vez que los ha apilado la equivalencia en porcentaje es de 3,89%.

Idle: este parámetro evalúa el porcentaje de tiempo sin realizar ninguna actividad es decir el tiempo ocioso de él que equivale a 0,25% de todo el proceso de empaque

Offset travel loaded: 1,15% es el viaje que se compensa cuando está cargado

Offset travel empty: 0,97% representa el viaje que se recompensa cuando el operario realiza sin carga.



ANEXO 12

Para el análisis de la distancia recorrida por el operador X se determinó las distancia existente entre cada operación es decir de los materiales al envase existe un rango de tres a cuatro metros, del envase a la apilación existe un rango de cuatro a seis metros, por el mismo hecho de que se van formando columnas al momento de agruparlos, el análisis se realizó en el lapso de una hora de trabajo, lo que nos muestra que el trabajador ha recorrido 0,5 km es decir 500 metros de distancia desde que recoge los sacos hasta que los transporta al lugar de apilación una vez ya pesados y sellados.

Kilometros Recorridos por Hora

Kilometers Traveled

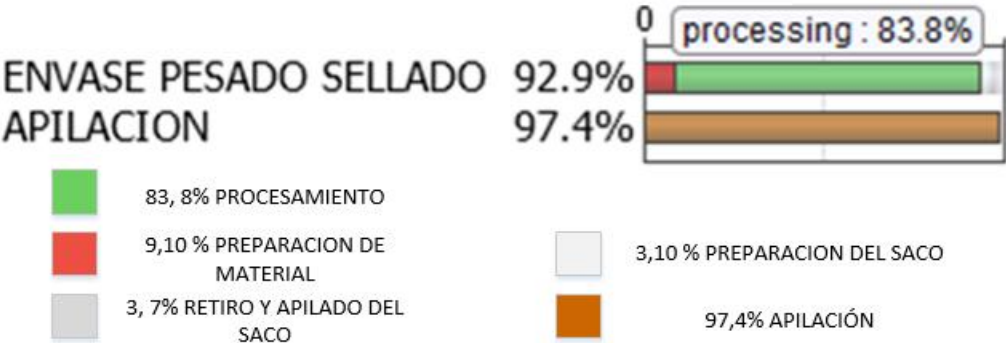
OPERADOR X 0.5

ANEXO 13

Este análisis se lo realiza con el escenario de emergencia en el cual se agregan dos operarios extra para realizar el proceso de envase, evaluados en el transcurso de una hora.

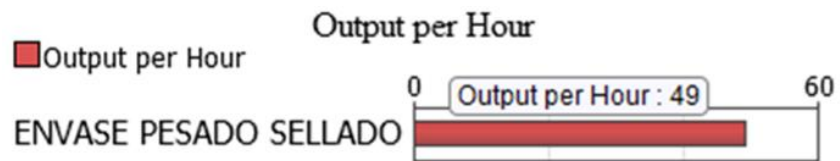
El cuadro que se muestra a continuación es el resultado de los datos reales ingresados a Flexsim, de porcentaje de procesamiento, preparación del material, preparación del saco para envase, retiro y apilado del saco una vez cosido y el porcentaje de apilación.

ENVASE PESADO SELLADO Y APILACION



ANEXO 14

Este cuadro corresponde a la cantidad de sacos que envasan, pesan y sellan los operarios (A, B y C), lo cual nos dice que en una hora de trabajo la cantidad de sacos listos son 49. De igual forma el cuadro es tomado de la simulación ejecutada de Flexsim.



ANEXO 15

Al realizar el análisis y la toma de tiempos que fueron realizados en situ (planta de Abonos), se pudo determinar el modelo estadístico $N(75:9,6)$, que pertenece a la distribución normal. Estos datos fueron ingresados en el simulador para que de esta manera se obtengan resultados reales, los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Los sacos a apilarse es de 0,8 por minuto, trabajados en una hora son 49 sacos.

	Output per Hour 1	
	Input per Minute	Total Input
APILACION	0.8	49.0

ANEXO 16

Dentro del proceso de simulación se analizó los porcentajes de operaciones de los trabajadores (A,B y C), que al simular arrojó los siguientes datos los cuales son evaluados en 60 minutos, de la misma manera estos son tomados de Flexsim.

Operador A

■ Utilize nos dice que el 87,47% es el tiempo utilizado por el trabajador realizando sus actividades.

■ Idle evalúa el porcentaje de tiempo sin realizar ninguna actividad es decir el tiempo ocioso del operador A, es del 12,53% de todo el proceso de empaque.

Operador B

■ Utilize nos dice que el 87,47% el operador B está realizando sus actividades, tiempo de ocupación es igual al porcentaje explicado, es decir 65 segundos.

■ Idle evalúa el porcentaje de tiempo sin realizar ninguna actividad es decir el tiempo ocioso del operador B, es igual a 3, 87% de todo el proceso de empaque.

■ Travel empty, parámetro que describe el viaje que el trabajador realiza sin ningún tipo de carga, es decir cuando él se dirige a seleccionar los sacos para continuar el envase de los mismos, una vez que se desplaza al lugar del material esto es igual a 3,72%.

■ Travel loaded significa el porcentaje de trabajo que realiza al desplazarse con carga es del 2,9% del proceso de empaque.

■ Offsed travel loaded es el 1,68% del viaje compensado de carga dentro del proceso final.

Operador C

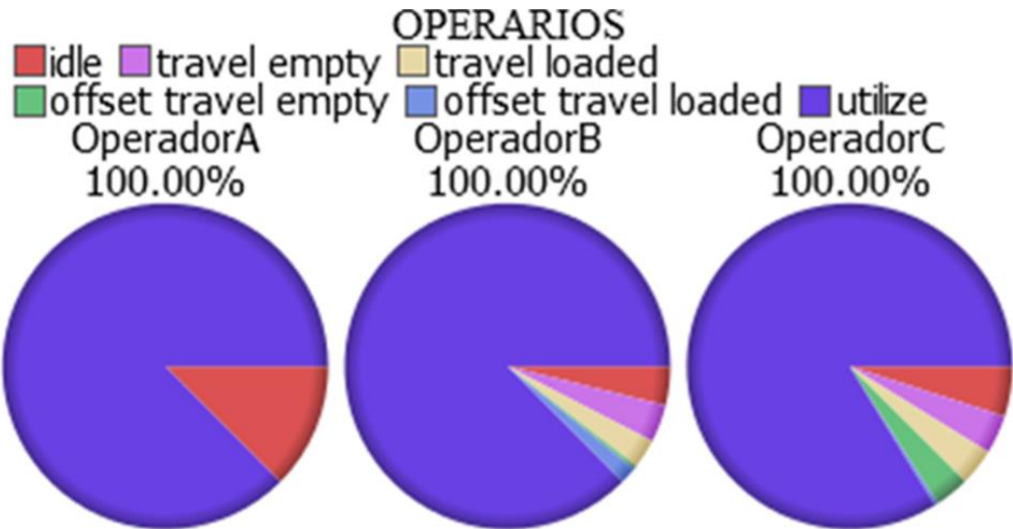
■ Utilize nos dice que el 83,76% el operador C está realizando sus actividades, entonces su tiempo de ocupación es igual al porcentaje explicado.

■ Idle evalúa el porcentaje de tiempo sin realizar ninguna actividad es decir el tiempo ocioso del operador C, que equivale al 4,99% de todo el proceso de empaque.

■ Travel empty parámetro que describe el viaje que el operador C realiza sin ningún tipo de carga, esto es igual a un porcentaje de 3,82%.

■ Travel loaded significa que el operador C utiliza un 3,66% al desplazarse con carga, en otras palabras es cuando él se desplaza con carga a apilar los sacos.

Offset travel empty es el viaje compensado vacío que da un porcentaje de 3,41%, lo cual significa que está dándole valor de descanso por cada tiempo de ciclo.



ANEXO 17

En el gráfico se muestra la distancia recorrida en una hora, de cada uno de los operarios sin que ellos se dirijan a la estibación, es decir sólo se llega hasta el apilamiento de los sacos, la distancia que recorre el operador A es de 0 km, ya que éste prácticamente se encuentra en las biopilas de Ecompost preparando y mezclando el material a envasar. El siguiente operario es el operador B este recorre una distancia de 0,4 km es decir 400 metros y es el que se encarga de seleccionar y llevar los sacos al lugar donde se los envasa.

Finalmente tenemos al operador C, él recorre 0,4 km, es decir 400 metros, operador que se encarga de sostener el saco mientras se envasa y una vez envasado los lleva a apilar.

Distancia recorrida en una hora	
Kilometers Traveled	
OperadorA	0.0
OperadorB	0.4
OperadorC	0.4

ANEXO 18

Información matriz de priorización.

Con esta matriz se busca encontrar la mejor propuesta para la mejora del proceso final de empaque en la planta Abonos Chávez – Miño SCA.

Se muestra la calificación y los pesos respectivamente. Cabe mencionar que tanto en el aspecto económico y mejora del proceso son los pesos más altos debido a que están adaptados a las necesidades y recursos de la empresa.

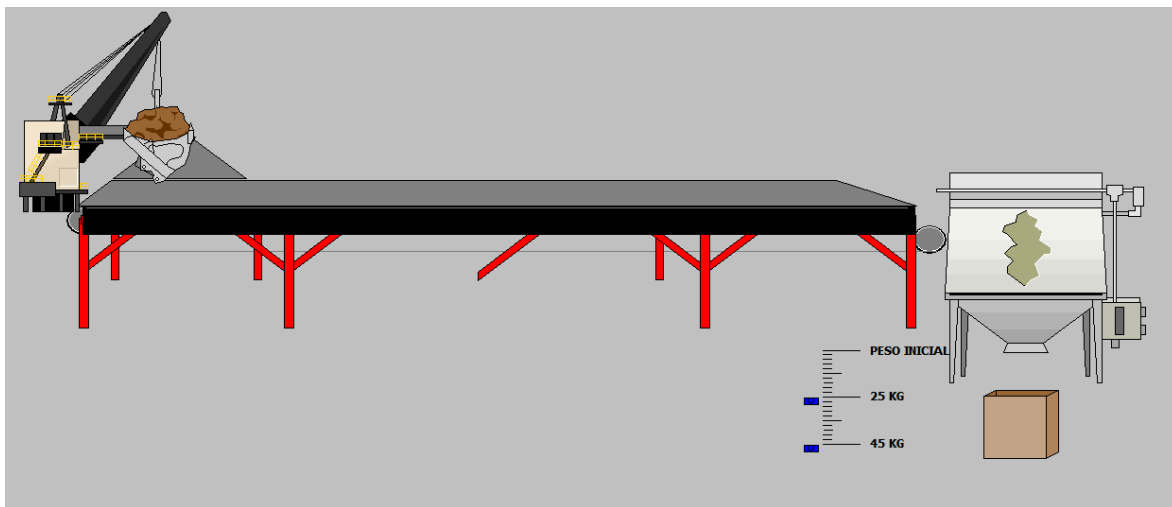
Calificación	
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto
Pesos	
30%	Económico
30%	Mejora del Proceso
20%	Envase por hora
20%	Aumenta Operarios

ANEXO 19

Información sobre una propuesta de mejora profundizada en un estudio de un PLC.

Proyecto de Futuro Alcance

En el presente documento se describe una propuesta de automatización del proceso de empaquetamiento del producto abonos Ecompost, que podría ser implementado a futuro en la Planta de abonos Chávez-Miño, a continuación se construye una representación del funcionamiento del Controlador Lógico Programable PLC. El mismo que es descrito a continuación.



Se plantea la automatización del sistema, mediante el uso de un Programable logic control PLC, y cambiando los lineamientos del sistema, se observó que se puede reemplazar, el llenado de la tolva mediante una banda transportadora la cual soportaría la cantidad de material llevada directamente por la gallineta inclusive se puede ampliar el sistema a que se realice el llenado con 2 distintos tipos de sacos, el uno para 25 kg y el otro para 45 kg.

Materiales para la Automatización

Banda Transportadora

Para que la gallineta entregue el material se necesitará un motor trifásico que mueva la banda transportadora, a su vez éste está sujeto a un variador de velocidad que será controlado desde el PLC.

Tolva de 50 Kg

Se busca que la tolva sea de menor tamaño de esta manera se llenaría el producto y por acción del peso esta bajaría con esto se tendría posiciones de peso inicial de la tolva, peso de la tolva a 25 Kg y peso de la tolva a 45 Kg, para llenar los distintos sacos, al abrirse la tolva se debe abrir con un servomotor que permita el paso del material de compostaje a los sacos.

Sensores

A su vez están sujetos sensores de posición del nivel de la tolva el cual, mediante el movimiento de la tolva por acción de la gravedad y el material de compostaje que tiene internamente avisa al PLC para que ésta a su vez envíe una señal de control y abra la compuerta del servomotor.

Motor Trifásico

Para este proyecto es necesario realizar los cálculos para el dimensionamiento del motor a razón del movimiento de la banda transportadora y del movimiento del material cuando éste se encuentre en la banda.

Servomotor

Mediante la apertura de una compuerta mecánica sujeta a un servomotor, se permitirá el paso del material, el mismo se debe dimensionar con respecto al peso del material máximo será de 45Kg, deberá soportar la presión que ejerza el material.

Sacos

Los Sacos de distinto peso serán puestos por operadores lo cuales decidirán el peso del material, mediante la programación.

PLC

Con un PLC pequeño LOGO de Siemens, bastará para el control de los distintos elementos que forman parte del sistema.

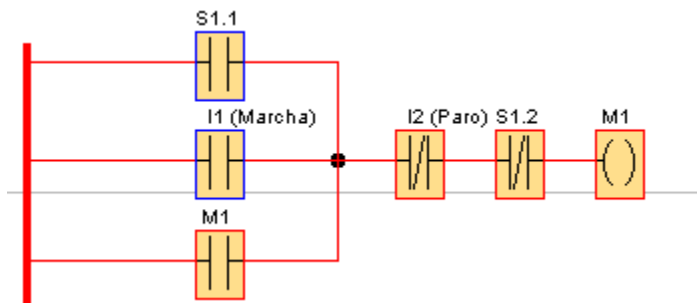
Entradas y Salidas del PLC

Diagrama de Entradas y Salidas

ENTRADAS	PLC	SALIDAS
Pulsante Marcha	L	Motor
Pulsante Paro	O	Servo Motor
Sensor 25Kg	G	
Sensor 45 Kg	O	
Sensor Peso Inicial		

Explicación de la programación

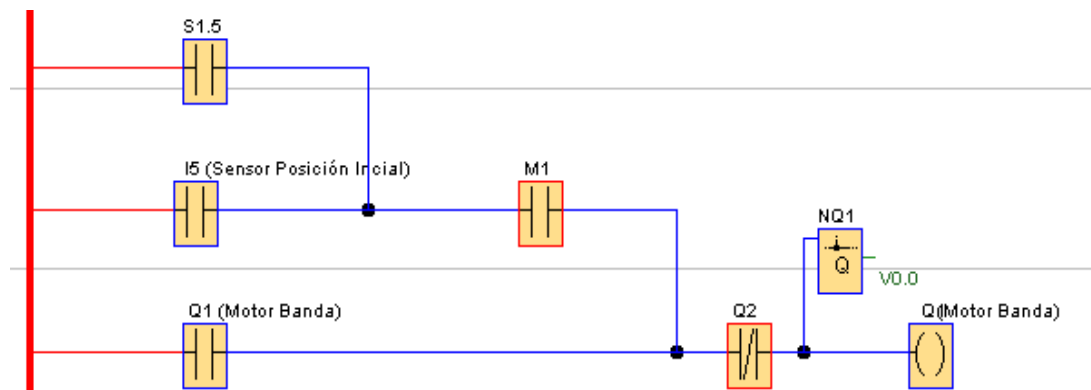
1. El Operador activa el pulsante de marcha que es una salida física del PLC, el cual permite que se lleve el compostaje por la banda transportadora.



Pulsante de marcha activado y enclavado con programación con una marca, se activa nuevamente desde un HMI, S1.1 señal de red.

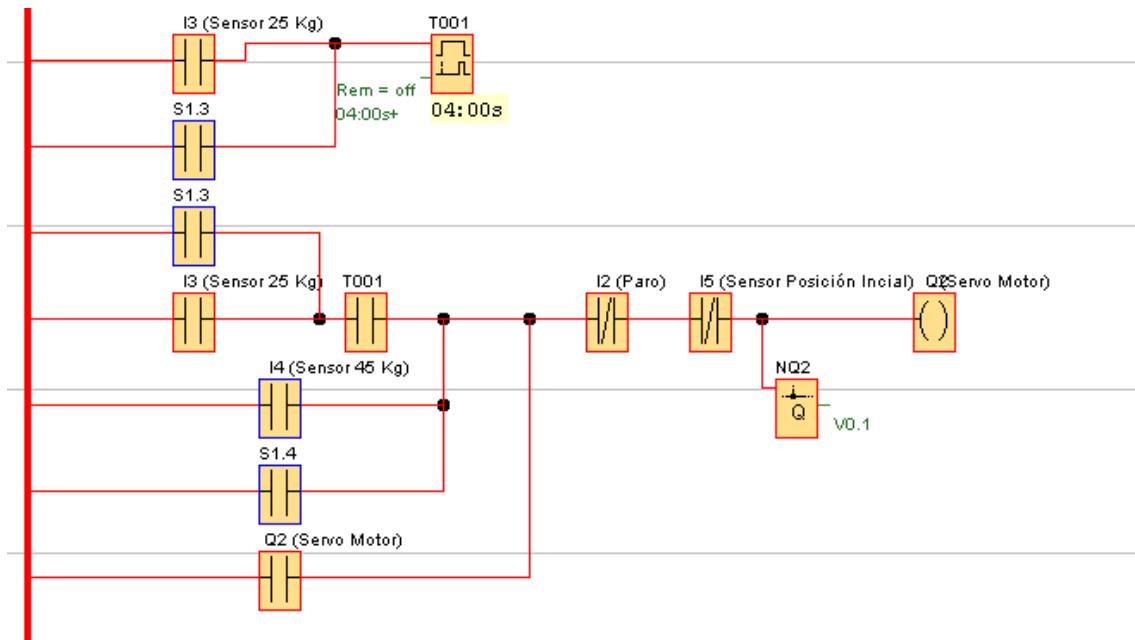
2. Para poder apagar en cualquier momento existe un pulsante de paro, el cual permite que la tolva llegue a su posición inicial y cierra el servo motor de la tolva y para la banda transportadora.

I2 es el pulsante de paro, desactiva inmediatamente la marca que permite el funcionamiento del motor de la banda, S1.2 señal de red de paro desde el HMI.



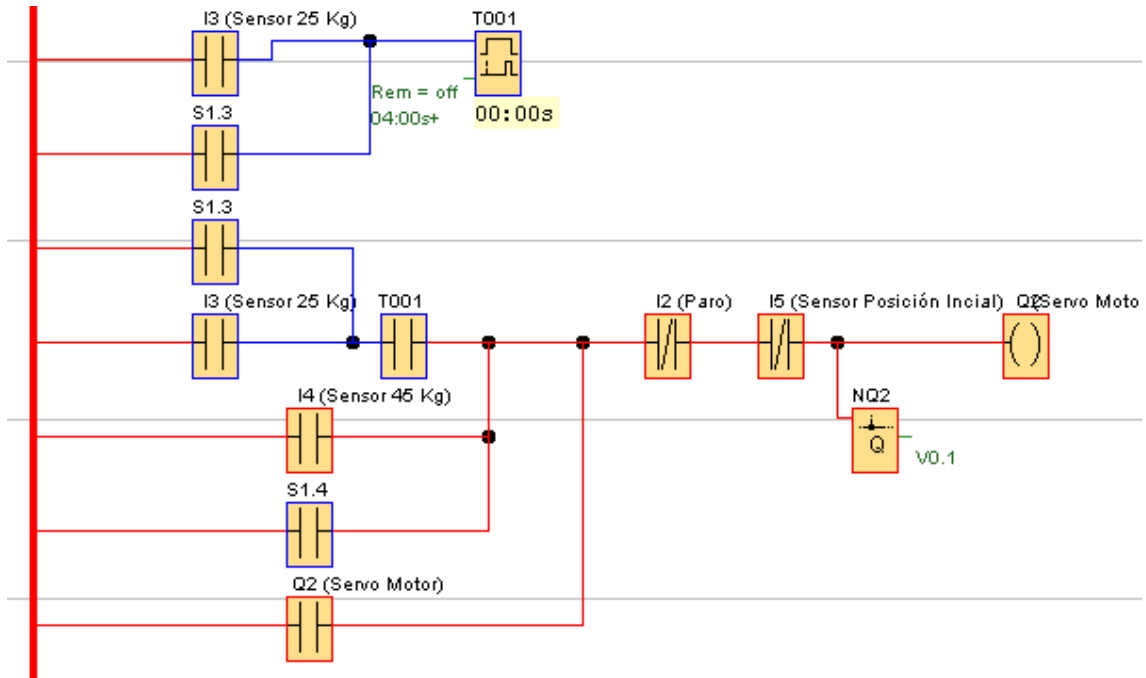
La banda comienza a funcionar una vez esté activado el sensor de posición inicial y el pulsante sea activa, como se observa M1 está en rojo activado por lo que sólo falta que el sensor este activado, y se enclava su funcionamiento con Q1, (lógica de programación), S1.5 señal de red de sensor de posición inicial.

3. Los sensores al ser detectados tienen un enclavamiento, el cual permite que siga llenándose de compostaje.
4. El sensor de 25 kg, espera un tiempo de sensado si éste cambia significa que el saco a usarse es de 45kg, sino llena el de 25kg.



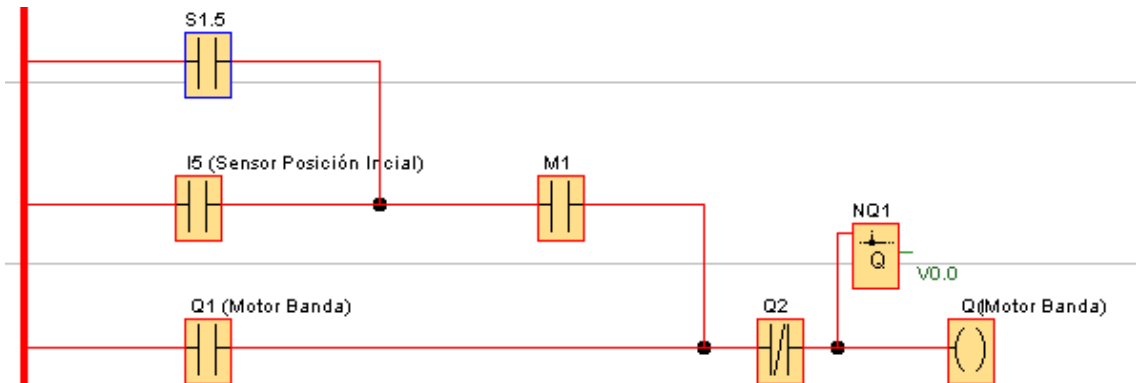
Sensor I4 no está activa en azul, debido a que no pesa 45kg, sin embargo el sensor de 25kg si lo detecta por lo que tras esperar el tiempo y por física desactivarse el sensor de posición inicial I5, el servomotor se activa con ello permite el paso del compostaje, una vez regresa a la posición inicial éste cierra la compuerta.

De la misma manera si es detectado el sensor de 45kg este se activa, las demás son señales de red que iluminan cuando han detectado los sensores activos en el HMI señales S1.3 y S1.4



Dado que pasó el tiempo y se continuó llenando el sensor I3 dejó de funcionar y se activó I4 (sensor de 45kg) con ello se activó la puerta, y permitió el llenado del saco.

- Una vez que se abre la compuerta por acción de gravedad vuelve a la posición inicial la tolva por lo que es posible que automáticamente, da paso a que la banda transportada siga llevando el material.



Sensor de posición inicial detectado por lo tanto se moviliza la banda.

ANEXO 20

Proforma de la propuesta # 1, del sistema de envasado con elevador de cangilones, esta proforma fue analizada por la empresa ASTIMEC S.A y presentada a los ingenieros de la planta de Abonos Chávez – Miño SCA.



- > FABRICACIÓN DE MAQUINARIA, PARTES Y REPUESTOS
- > PROYECTOS Y MONTAJES INDUSTRIALES
- > SERVICIOS DE MECANIZADO CON MAQUINARIA CNC
- > EQUIPOS INDUSTRIALES EN ACERO INOXIDABLE
- > ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Señores/as Defaz Hilda / Ana Defaz. Presente	PROFORMA		
	Teléfono / fax	Fecha	N° de Proforma
	2343763	20 de Diciembre de 2017	

CANT.	ESCRIPCION	C. UNIT. US \$	C. TOTAL US \$
1	Elevador de canguilones Descripción.- Estructura en acero al carbono, patas de apoyo, canastas plásticas, el sistema es desplazado por un motoreductor de velocidad variable y altura aproximada 6 m	8.500,00	8.500,00
1	Tanque (Silo) Descripción.- Estructura en acero al carbono, patas de apoyo, con sistema dosificador de tornillo capacidad del tanque aprox 8 m3	6.500,00	6.500,00
1	Elevador de tornillo Descripción.- Estructura en acero al carbono, patas de apoyo, el sistema de tornillo gira mediante un motorreductor de velocidad variable	4.200,00	4.200,00
1	Estación Pesaje Descripción.- Base al carbono con celda de carga, control de peso mediante el panel de mando	3.200,00	3.200,00
1	Transportador de rodillos Descripción.- Estructura en acero al carbono, patas de apoyo con largo aproximado de 1200 mm	1.800,00	1.800,00
		SUBTOTAL: US \$	24.200,00
SON: Veinte y siete mil cientocuatro , 00/100		12% LV.A.: US \$	2.904,00
		TOTAL : US \$	27104,00

ANEXO 21

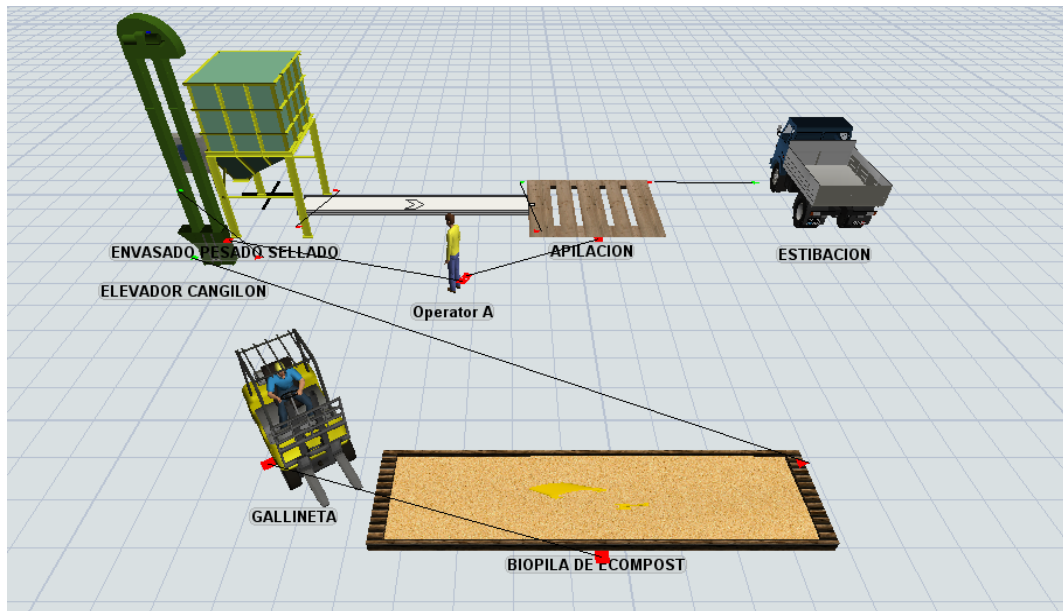
Simulación propuesta #1

Tras haber detallado los elementos del sistema, se procedió a realizar la simulación respectiva dentro del programa Flexsim, y así verificar los resultados de cada componente.

Para la actual simulación se utilizará una pequeña excavadora (gallineta), la cual transporta el material listo desde la biopila hasta la estación fija de envase. Una vez realizado este procedimiento se detalla lo siguiente: 1) Será puesto el material orgánico dentro de las canastas del elevador de cangilón, para que una vez accionado el elevador comiencen a desplazarse hasta el tope y vacíen el abono dentro del silo de 8 m³, así se lo realizará constantemente; 2) con el material orgánico dentro del silo, se procederá a envasar el abono en los sacos de 45 kg, el cual estará dosificado por medio del elevador de tornillo trabajando a un 90% de su capacidad, dejando un 10% de trabajo más lento para el llenado con un margen de error del 2%, lo cual demoraría 8 segundos al envasar, debajo de esta operación se encuentra la estación de pesaje la cual actúa como un control de calidad; 4) se cose el saco con la máquina cosedora que esta junto a la transportadora de tornillos y finalmente, 5) se procede a apilar los sacos.

Este proceso se lo puede visualizar en la imagen tomada del simulador que se detallada a continuación.

Simulación del sistema con elevador de cangilones propuesta # 1



Sistema envasadora con elevador de cangilones

Esta propuesta de mejora abarca en un 90% la eficacia del proceso de empaque, reduciendo los tiempos y optimizando recursos, el sistema se compone de seis partes y equipos plenamente armados y detallados a continuación:

Elevador de cangilones

El elevador de cangilones transportará el material (abono orgánico), el cual está diseñado con una tolva de 1 m³ de capacidad. La estructura del elevador estará hecha en acero al carbono, patas de apoyo, canastas plásticas. El sistema es desplazado por un motorreductor de velocidad variable y la altura máxima es de 6 metros. En este caso el operador será el que llene el material dentro de la pequeña tolva de 1 m³, para que éste automáticamente suba al silo y comience a llenarlo.

Silo

El silo será el lugar de almacenamiento del abono orgánico con una capacidad de 8 m³, la estructura de éste será de acero al carbono, patas de apoyo y un sistema dosificador de tornillo que permitirá el paso del material en la cantidad solicitada el silo tendrá una altura de 5 metros, en donde estará almacenándose el producto constantemente.

La capacidad del tanque está diseñada de acuerdo a la densidad del abono orgánico, ya que ésta permite obtener la capacidad real del silo, en este caso la densidad que corresponde al material es de 0,6 gr/cm³ o 600 kg/m³ con referencia a la del agua que equivale a 1 gr/cm³.

Elevador de tornillo

El elevador de tornillo o tornillo sin fin permitirá la elevación del abono orgánico por medio del ducto que estará conectado a la boca del silo, con su sistema helicoidal que girará mediante un motorreductor de velocidad variable y estructurada de acero al carbono.

Estación de pesaje

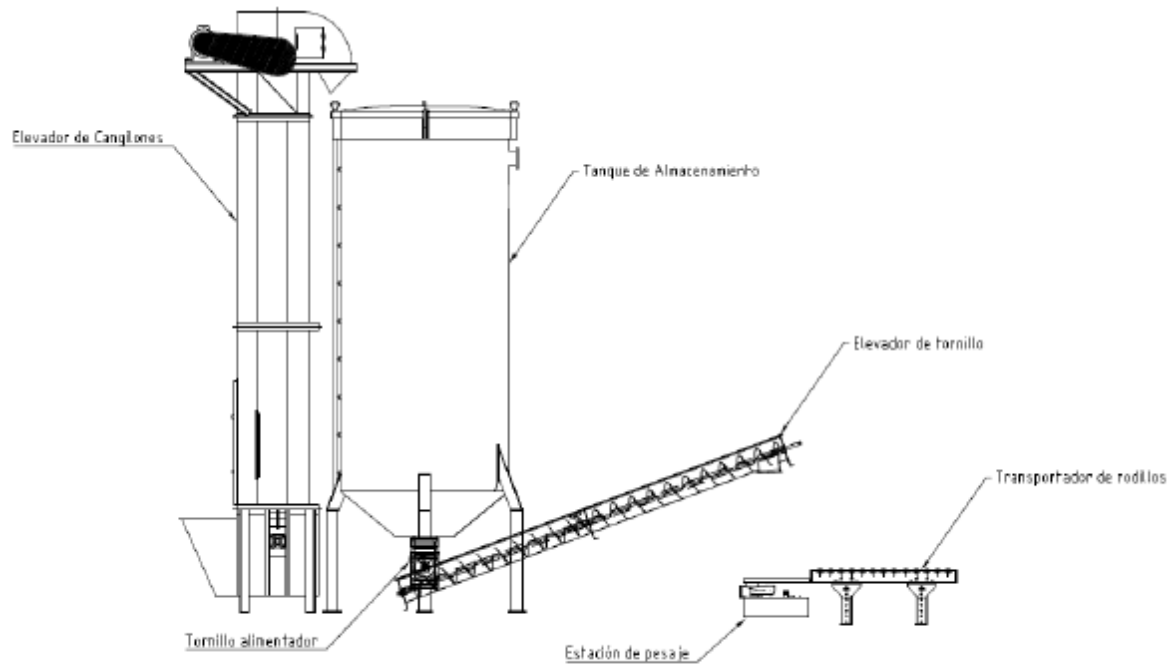
La estación de pesaje estará compuesta de una celda de carga que permite soportar pesos, ya que en cuyo interior se encuentran sensores que permiten detectar el peso, los cual verificaran el peso del saco con el material, así también un control de peso que estará en el panel de mando.

Transportador de rodillos

El transportador de rodillos permitirá transportar los sacos al encontrarse al mismo nivel de la estación de pesaje, reduciendo así cualquier tipo de carga para el operador y facilitando su manejo por medio de los rodillos metálicos, optimizando así la estibación de los mismos. Su diseño será a base de acero al carbono con patas de apoyo y un largo de 1200 mm.

Es importante mencionar que al momento del cosido de los sacos, la máquina cosedora estará junto a la estación de pesaje, permitiendo así la reducción de tiempos y movimientos.

En el bosquejo de la figura que se muestra a continuación, se visualiza como estaría armado el sistema.



Tomado de Astimec S.A.

Una vez simulado la propuesta de mejora con los datos establecidos y con el sistema de envasado analizado se obtuvo los siguientes resultados, los cuales se evaluaron en el transcurso de una hora de trabajo en el simulador.

En la siguiente Tabla se muestran los porcentajes de las operaciones realizadas para el envasado en una hora así: El envasado, pesado y sellado da 61,1%, el 10,7% es el tiempo de espera mientras llega la mini excavadora con el producto, y el 28,2% es el tiempo en el cual el silo no trabaja porque es donde se prepara y se calibra el equipo para que empiece a funcionar. Todo esto corresponde a una hora de trabajo.

Porcentaje de trabajo por cada operación respecto al envasado, pesado y sellado del saco.

ENVASE, PESADO Y SELLADO		
OPERACIÓN	PORCENTAJE	MINUTOS
Proceso se envasado semiautomático (envasado, pesado y sellado)	61,10%	36,66
Excavadora llegue con material	10,70%	6,42
Preparación y calibración, el silo no trabaja	28,20%	16,92
Total	100%	60

Nota: Tabla adaptada de Flexsim, (2017).

Para el análisis referente al envase de sacos, con el sistema de la propuesta #1, se estaría envasando 200 sacos en el lapso de una hora de trabajo, lo que equivale a que en cada minuto se están apilando 3,33 sacos.

SACOS LISTOS EN UNA HORA

Output per Hour

ENVASADO PESADO
SELLADO 200.0

RAZON DE ENTRADA DE SACOS

Input per Minute Total Input
APIALCION 3.3 199.0

El trabajo que ejecuta el operario durante una hora para el envase de sacos está descrito de la siguiente manera, su tiempo de ocupación es de 61,13%, el viaje con carga equivale a 7,52%, el viaje compensado vacío, (regreso del trabajador) es de 10,69% y finalmente el tiempo que se espera para que el silo esté listo para envasar es de 20,65%. La distancia que recorre dentro del proceso es de 0,4 km. Estos porcentajes se analizan en

una hora. Los resultados detallados se pueden visualizar en la Tabla y gráfico a continuación.

DISTANCIA RECORRIDA
Kilometers Traveled

Operator14 0.4

OPERADOR A		
OPERACIÓN	PORCENTAJE	Minutos
Tiempo ocupado del trabajador	61,13%	36,7
Viaje con carga	7,52%	4,5
Viaje compensado vacío regreso del trabajador	10,69%	6,4
Espera en que el silo esté listo	20,65%	12,4
Total	100,00%	60

Nota: Tabla adaptada de Flexsim, (2017).

ANEXO 22

Proforma propuesta # 2 de la empresa Astimec S.A.



- > FABRICACIÓN DE MAQUINARIA, PARTES Y REPUESTOS
- > PROYECTOS Y MONTAJES INDUSTRIALES
- > SERVICIOS DE MECANIZADO CON MAQUINARIA CNC
- > EQUIPOS INDUSTRIALES EN ACERO INOXIDABLE
- > ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Señores/as Defaz Hilda / Ana Defaz. Presente	PROFORMA		
	Teléfono / fax 2343783	Fecha 20 de Diciembre de 2017	N° de Proforma

CANT.	DESCRIPCION	C. UNIT. US \$	C. TOTAL US \$
1	Dosificador de tornillo Descripción.- Tolva con capacidad 2 m ³ en acero al carbono, patas de apoyo, y dosificador de tornillo acoplado a motoreductor de velocidad variable	5.500,00	5.500,00
1	Estación Peseaje Descripción.- Base al carbono con celda de carga, control de peso mediante el panel de mando	3.200,00	3.200,00
1	Transportador de rodillos Descripción.- Estructura en acero al carbono, patas de apoyo con largo aproximado de 1.200 mm	1.800,00	1.800,00
		SUBTOTAL: US \$	10.500,00
SON: Once mil seiscientos sesenta , 00/100		12% L.V.A.: US \$	1.260,00
		TOTAL : US \$	11760,00

SERVICIO Y GARANTIA : Doce meses
FORMA DE PAGO : 50% a la firma del contrato y 50% contra entrega.

ANEXO 23

Tolva de capacidad de 8 toneladas métricas y báscula electrónica de la empresa VICTOR.

VICTOR
Sistemas para Llenar,
Cerrar y Transportar Costales.

**TOLVA BÁSCULA
ELECTRÓNICA DE 8
TONELADAS**

M O D E L O

VTBEI-8

**Pese
Su Producto
Fácilmente**



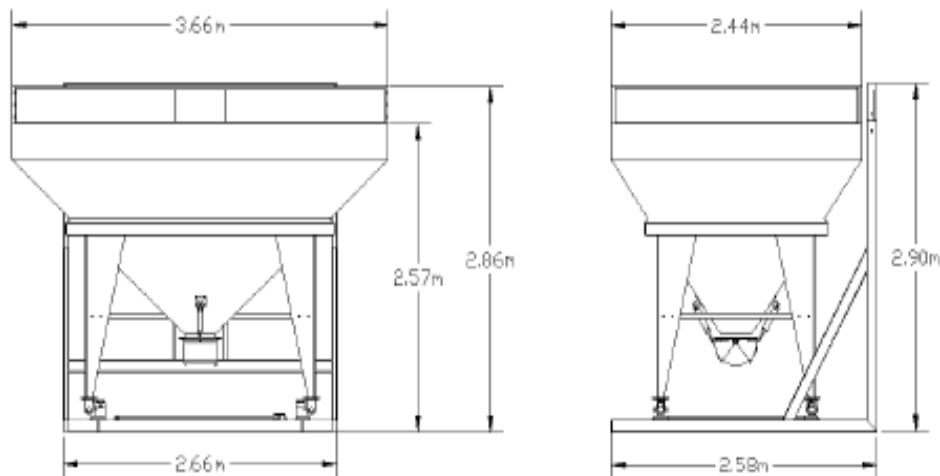
- Excelente precisión en cada pesada.
- Solida construcción.
- Fabricado en acero inoxidable calibre 12.
- Capacidad de 2, 5 y 8 toneladas métricas.
- Montado en chasis estructural reforzado.
- Sistema de pesaje electrónico.
- Inventario de partes de repuesto para entrega inmediata.
- Asistencia Técnica disponible.



Con la Tolva Báscula Electrónica marca **VICTOR** podrá pesar producto como fertilizantes a una capacidad de 8 toneladas métricas, sin ningún contratiempo gracias a su parrilla que evita los terrones grandes para su mezcla. Su fabricación es en acero inoxidable de calibre 12 o acero al carbón. Tiene 4 celdas de carga electrónica de 5,000 libras. Además de un sistema neumático de apertura y cierre de compuerta. Indicador de peso marca Rice Lake con gabinete a prueba de corrosión y números de 2" para visualización a distancia.

especificaciones del equipo

● Dimensiones:	Alto (max): 2.9m Largo: 3.66m Fondo: 2.66m
● Capacidad	8 toneladas métricas
● Indicador de Peso	Marca Rice Lake
● Compuerta de descarga	Tipo almeja operado neumáticamente por medio de electroválvula
● Celdas de Carga	4 celdas de 5,000 libras de Acero Inoxidable
● Alimentación	110 V 60 Hz
● Opciones	-Desterronador -Tolvas de 2, 5 y 8 toneladas métricas



www.grupovictor.com

ANEXO 24

Tolvas Genérico Silos de almacenamiento de capacidad 7,6 m3

MI FLOTA .COM 1800MIFLOTA(643568) 0992760357 - 0994466792



DATOS BÁSICOS DE MAQUINARIA EN VENTA

Tipo de máquina:

Tolvas

Marca:

Genérico

Modelo:

Silo de almacenamiento de capacidad
7,6 m3

Ciudad de ubicación de la máquina:

Quito

Año de fabricación:

2010

Uso:

Servicios adicionales:

No tiene

DATOS SOBRE CONTRATACIÓN

Forma de Pago:

CONTADO

Costo del equipo:

7500.00 / Negociable

Garantía del equipo:

Accesorios:

No incluye

ANEXO 25

El cuadro que se muestra a continuación es el análisis arrojado por Flexsim para la distancia que el operario A recorre durante una hora de trabajo, en la simulación de la propuesta de mejora # 2. Cabe mencionar que estos datos entre cada componente, es decir la distancia que existe entre la tolva de 2m³ y la apilación son aproximados a la realidad, lo cual nos da como resultado de 0,3 Km o 300 metros recorridos.

DISTANCIA RECORRIDA / HORA	Kilometers Traveled
OPERADOR A	0.3

ANEXO 26

Costo de producción mensual y costo unitario

CONCEPTO	COSTOS DE PRODUCCION	COSTO DE PRODUCCION MENSUAL DE DOS BIOPILAS DE 16 TM C/U EN USD
MATERIA PRIMA		
Proveedor 1	Lodo residual Industria de alimentos (No tiene costo ni paga transporte)	-
Proveedor 2	Lodo residual Producto de bebidas consumo masivo (No tiene costo ni paga transporte)	-
Proveedor 3	Gallinaza 20 KG 1 saco a costo de 1 USD (50 sacos por cada cama)	100,00
Proveedor 4	Capa Vegetal de Florícolas (10 viajes de 5m3 al mes a 27 USD cada viaje)	270,00
	Agua	20,00
	Energía Eléctrica	20,00
	Costo de transporte Gestor Ambiental MTE	-
MANO DE OBRA		
	Mano de Obra directa (permanente)	514,58
GASTOS FABRICACION		
	Mano de Obra indirecta (Obreros eventuales)	100,00
	Costo de sacos 0.30 ctv. por 444,44 sacos de 45kg.	133,33
	Costo de transporte entrega cercana	-
	Mantenimiento máquina volteadora, balanza	40,00
	Depreciación maquinaria	167,00
	Combustible 0,042 gls por cada volteo 10 volteos por día)	20,00
	Herramientas y otros	50,00
	Alquiler equipo - Gallineta (2 veces al mes)	100,00
	Seguridad	-
	Almacenamiento después de empaclado (Es entrega inmediata)	-
GASTOS GENERALES		
GASTOS DE AMINISTRACION		
	Supervisor Técnico	-
	Sueldo Honorarios (Contador Independiente)	100,00
	Suministros de limpieza	10,00
	Suministros de Oficina	30,00
COSTO PRODUCTO TERMINADO 32 TM		1.674,91
COSTO EN 32000 Kg		
COSTO UNITARIO 1 Kg		0,05234
COSTO SACOS DE 45 Kg		2,3553

Nota: Los datos fueron levantados in situ, es decir en el lugar, Planta de Abonos Chávez – Miño.

ANEXO 27

Producción y ventas 2017

MES	COMPROBANTE	CANTIDAD EN SACOS DE 45 Kg	COSTO UNITARIO EN USD	TOTAL COSTO EN USD	PRECIO VENTA UNITARIO EN USD	TOTAL VENTA EN USD
16/01/2017	F000103	280	2,3553	659,48	4,5	1.260,00
18/01/2017	F000105	20	2,3553	47,11	4,5	90,00
30/01/2017	F000107	250	2,3553	588,83	4,5	1.125,00
24/02/2017	F000108	20	2,3553	47,11	4,5	90,00
09/03/2017	F000109	1000	2,3553	2.355,30	4,5	4.500,00
11/04/2017	F000110	150	2,3553	353,30	4,5	675,00
11/04/2017	F000113	250	2,3553	588,83	4,5	1.125,00
18/04/2017	F000114	10	2,3553	23,55	4,5	45,00
05/05/2017	F000115	250	2,3553	588,83	4,5	1.125,00
10/05/2017	F000117	5	2,3553	11,78	4,5	22,50
15/05/2017	F000118	5	2,3553	11,78	4,5	22,50
22/05/2017	F000120	10	2,3553	23,55	4,5	45,00
23/05/2017	F000121	250	2,3553	588,83	4,5	1.125,00
21/07/2017	F000123	10	2,3553	23,55	4,5	45,00
15/09/2017	F000132	20	2,3553	47,11	4,5	90,00
15/09/2017	F000133	30	2,3553	70,66	4,5	135,00
25/09/2017	F000135	100	2,3553	235,53	4,5	450,00
02/03/2017	F000138	10	2,3553	23,55	4,5	45,00
13/11/2017	F000140	100	2,3553	235,53	4,5	450,00
SUMAN		2770		6.524,18		12.465,00
VENTA EN KILOGRAMOS		124650		VENTA EN TONELADAS		124,65
				VENTA MENSUAL EN TM		10,39

Nota: Tabla elaborada con el Anexo 26 Costos de producción mensual y costo unitario.

Adaptada de Kardex 2017 planta de abonos Chávez – Miño.

ANEXO 28

Pérdidas y ganancias proyectadas

Pérdidas y Ganancias proyectado		
INGRESOS MENSUALES		
	Ingreso gestor ambiental (sostenimiento 144000 Kg mensuales a 0,015 ctv. cada kg	25.920,00
	1037 SACOS MES A 4,50 USD en 5 meses a partir del 6to mes venta de 3111 sacos	121.335,00
	SUMAN INGRESOS	147.255,00
EGRESOS MENSUALES		
	COSTOS DE PRODUCCION	
MATERIA PRIMA		
Proveedor 1	Lodo residual industria de alimentos (No tiene costo ni paga transporte)	-
Proveedor 2	Loso residual producto en bebidas de consumo masivo (No tiene costo ni paga transporte)	-
Proveedor 3	Gallinaza costo de 50 sacos por cama - 8 camas por 50 sacos 1 USD cada saco	4.800,00
Proveedor 4	Capa vegetal (10 viajes casa mes a 27 cada viaje)	3.240,00
	Agua	240,00
	Energía eléctrica	240,00
MANO DE OBRA		
	Presupuesto dos obreros permanentes	10.291,60
GASTOS FABRICACION		
	Mano de Obra Indirecta (Obreros eventuales)	2.400,00
	Costo de sacos 0.30 ctv. por 444,44 sacos de 45kg.	8.145,00
	Mantenimiento máquina volteadora, balanza	480,00
	Depreciación maquinaria	2.690,00
	Combustible 0,042 gls. por cada volteo 10 volteos por día)	1.200,00
	Herramientas y otros	600,00
	Alquiler equipo - Gallineta (2 veces al mes)	2.400,00
	Seguros	500,00
	Inversión Tolva - Ensacadora (intereses)	1.291,50
	GASTOS GENERALES	
GASTOS DE AMINISTRACION		
	SUELDO U HONORARIOS	2.600,00
	SUMINISTROS LIMPIEZA	750,00
	SUMINISTROS OFICINA	360,00
	INVERSION EN PUBLICIDAD	3.000,00
	SUMAN EGRESOS	45.228,10
	UTILIDAD DESPUES DE COSTOS Y GASTOS	102.026,90

Nota: Para obtener el P y G proyectado se consolidaron los datos del Anexo 30 Flujo de ingresos y egresos para un año.

ANEXO 29

Análisis estimado de la productividad propuesta, se muestra la producción anual y el total de horas laborables.

Se procede al cálculo tomando en cuenta el número de horas incorporando un obrero a medio tiempo, es decir 8 horas de planta más 4 horas de medio tiempo del obrero extra son 12 horas por 22 días laborables que da 264 horas por mes y un total de 3 168 horas al año.

En la tabla siguiente se muestra la producción anual y el total de horas laborables, es importante mencionar que este análisis es un estimado de la productividad referente a la propuesta de mejora lo que se llega a concluir que gracias a la maquinaria de la tolva con dosificador de tornillos el rendimiento aumenta a 353,54 kg. / hora.

MESES	PRODUCCIÓN	HORAS MES
1		264
2		264
3		264
4	96 000	264
5	128 000	264
6	128 000	264
7	128 000	264
8	128 000	264
9	128 000	264
10	128 000	264
11	128 000	264
12	128 000	264
Total	1 120 000	3 168

Productividad Laboral	Cantidad Producida	1.120.000,00	353,54 Kg/hora
	Número de horas trabajadas	3168	

ANEXO 30.

Representación de los ingresos por la implementación de la Tolva dosificadora de 2 m³ y el total los costos y gastos de la misma.

	UNIDADES	VALOR UNITARIO	ACTUAL	PROPUESTA	MEJORA
INGRESOS					
Ingresos por Gestor Ambiental			2.160,00	2.160,00	
VENTA MENSUAL ACTUAL	231	4,5	1.039,50		
VENTA MENSUAL PROPUESTA	1037	4,5		4.666,50	3.627,00
MEJORA EN AHORRO TIEMPO	1037	1,4		1.451,80	1.451,80
			<u>1.039,50</u>	<u>8.278,30</u>	<u>5.078,80</u>

COSTOS Y GASTOS	UNIDADES	VALOR	ACTUAL	PROPUESTA	INCREMENTO
Energía eléctrica	231		20,00		
Energía eléctrica	1037			89,78	69,78
Mano de obra directa			514,58	1.029,16	514,58
Mano de obra indirecta			-	-	-
Depreciación (10%)			167,00	290,00	123,00
Mantenimiento			40,00	40,00	
Seguro Máquina				41,67	41,67
			<u>741,58</u>	<u>1.490,61</u>	<u>749,03</u>
OTROS COSTOS Y GASTOS, EMPAQUES, HONORARIOS, INSUMOS Y PRODUCCIÓN			<u>833,33</u>	<u>1.684,50</u>	<u>851,17</u>
TOTAL COSTOS Y GASTOS			<u>1.574,91</u>	<u>3.175,11</u>	<u>1.600,20</u>

ANEXO 31

Frecuencia de ventas de abono por cada mes, Kardex 2017, sacos de 45 Kg.

Pág. 1

KARDEX

EMPRESA: ABONOS CHAVEZ MINO SCA
 FECHA : 29/11/2017 05:33:30 PM

Unidad de medida:
 UNIDAD
 TODAS LAS BOLSAS
 Costo Promedio: 0.0000
 Cantidad Actual: -2,760.00

Código: PAC
 Descripción: FERTILIZANTE - ABONO SACO DE 45 KG
 De todas las fechas
 Cantidad Anterior: 0.000

Ord	Bod. Comprob.	Fecha	INGRESOS		EGRESOS		SALDOS		
			Cant.	P.Unit	Cant.	P.Unit	Cant.	P. Unit.	Saldo
1	100	16/01/2017	0.000	0.0000	-280.000	0.0000	-280.000	0.0000	0.00
2	100	18/01/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-280.000	0.0000	0.00
3	100	18/01/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-280.000	0.0000	0.00
4	100	18/01/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-280.000	0.0000	0.00
5	100	18/01/2017	0.000	0.0000	-20.000	0.0000	-300.000	0.0000	0.00
6	100	30/01/2017	0.000	0.0000	-230.000	0.0000	-530.000	0.0000	0.00
7	100	07/02/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-530.000	0.0000	0.00
8	100	24/02/2017	0.000	0.0000	-20.000	0.0000	-550.000	0.0000	0.00
9	100	09/03/2017	0.000	0.0000	-1,000.000	0.0000	-1,550.000	0.0000	0.00
10	100	11/04/2017	0.000	0.0000	-150.000	0.0000	-1,700.000	0.0000	0.00
11	100	11/04/2017	0.000	0.0000	-250.000	0.0000	-1,950.000	0.0000	0.00
12	100	18/04/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-1,950.000	0.0000	0.00
13	100	18/04/2017	0.000	0.0000	-10.000	0.0000	-1,960.000	0.0000	0.00
14	100	05/05/2017	0.000	0.0000	-250.000	0.0000	-2,210.000	0.0000	0.00
15	100	09/05/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-2,210.000	0.0000	0.00
16	100	10/05/2017	0.000	0.0000	-5.000	0.0000	-2,215.000	0.0000	0.00
17	100	15/05/2017	0.000	0.0000	-5.000	0.0000	-2,220.000	0.0000	0.00
18	100	18/05/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-2,220.000	0.0000	0.00
19	100	18/05/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-2,220.000	0.0000	0.00
20	100	22/05/2017	0.000	0.0000	-10.000	0.0000	-2,230.000	0.0000	0.00
21	100	23/05/2017	0.000	0.0000	-250.000	0.0000	-2,480.000	0.0000	0.00
22	100	21/07/2017	0.000	0.0000	0.000	0.0000	-2,480.000	0.0000	0.00
23	100	21/07/2017	0.000	0.0000	-10.000	0.0000	-2,490.000	0.0000	0.00
24	100	15/09/2017	0.000	0.0000	-20.000	0.0000	-2,510.000	0.0000	0.00
25	100	15/09/2017	0.000	0.0000	-30.000	0.0000	-2,540.000	0.0000	0.00
26	100	25/09/2017	0.000	0.0000	-100.000	0.0000	-2,640.000	0.0000	0.00
27	100	13/11/2017	0.000	0.0000	-100.000	0.0000	-2,740.000	0.0000	0.00

