

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Reducción del Tiempo de Cosecha de Mangos

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Angeely Adriana Adrián Narea

Daniel Moisés Henríquez Samaniego

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Telmo y Diana, que con esfuerzo han hecho posible que pueda estudiar, gracias a ellos logré ser lo que soy y eso es algo gratificante para mí.

A mi hermana, quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional cuando sentía que ya no podía más; a mis abuelos y a toda mi familia.

Angeely Adrián

DEDICATORIA

El presente trabajo y todos mis logros se los dedico a mi madre Margarita Samaniego que durante toda mi vida me ha estado brindando su apoyo incondicional sin importar el momento.

A mis hermanos Josué y Génesis, porque gracias a ellos pude formar mi carácter y darme cuenta que los objetivos de la vida se alcanzan si soñamos y luchamos por ellos.

Moisés Henríquez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios que me ha guiado por el camino del bien y me ha dado fortaleza para seguir adelante.

A toda mi familia que, con su apoyo incondicional me han formado para convertirme en la profesional que soy ahora. Siempre me han dado mucho amor y en todo momento han estado conmigo.

A mis profesores, quienes me han brindado todos sus conocimientos y me han dado su apoyo para formarme profesionalmente.

Angeely Adrián

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre por haberme ayudado durante todo el proceso universitario, ella siempre con sus palabras y acciones me guiaban para seguir adelante.

A mi familia que siempre estuvieron velando por mí, dándome amor y ánimo para culminar esta etapa de mi vida.

A mis amigos y profesores, ya que gracias a ellos aprendí mucho y formaron, en buena parte, el profesional que hoy soy.

Moisés Henríquez.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Angeely Adriana Adrián Narea* y *Daniel Moisés Henríquez Samaniego* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual".



Angeely Adriana

Adrián Narea.

AUTORA 1

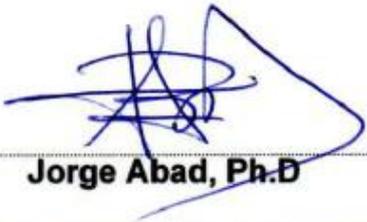


Daniel Moisés

Henríquez Samaniego

AUTOR 2

EVALUADORES

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Jorge Abad, Ph.D

PROFESOR DE LA MATERIA

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, sweeping loop on the right side and a more complex, scribbled structure on the left.

Kleber Barcia, Ph.D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto de titulación fue llevado a cabo en una hacienda de mangos ubicada en la ciudad de Pedro Carbo, perteneciente a la provincia del Guayas, la cual ha evidenciado problemas de baja productividad en la cosecha. El objetivo del proyecto es aumentar el número de cajas diarias que puede cosechar una persona, aumentando el gap en un 50%; es decir, aumentar a 27 cajas por día por persona, mediante la reducción del tiempo de cosecha. Se utiliza la metodología DMAIC, que consta de 5 fases, las cuales buscan implementar solución en base a un problema previamente definido. Las soluciones que fueron implementadas y simuladas en la hacienda son las siguientes: Diseño de centros de acopio para la extracción de látex, utilización de palos de aluminio con canasta y tijeras, encontrar una ruta exacta y lugar para dejar los materiales de cosecha y la elaboración de un plan de cosecha.

Para la elaboración de las soluciones se utilizaron modelos matemáticos de transporte y clústers, además las que no fueron implementadas se las simuló en Flexsim. El resultado que se obtuvo en base a las mejoras fue un aumento de 24.5 a 38.3 cajas por día por persona, en promedio, lo que supera el objetivo, obteniendo beneficios económicos de \$107 280 por año, lo que causa que el proyecto sea factible.

Palabras claves: Modelo matemático, Flexsim, DMAIC, simulación.

ABSTRACT

The present titling project was carried out in a mango farm located in Pedro Carbo city, belonging to the Guayas province, which has evidenced low productivity problems in the harvest. The objective of the project is to increase the number of daily boxes that a person can make, increasing the gap by 50%; that is, increase to 27 boxes per day per person, by reducing harvest time. The DMAIC methodology is used, which consists of 5 phases, which seek to implement solutions based on a previously defined problem, the solutions that were implemented and simulated in the farm, are the following: Design of collection centers for latex extraction, Use of aluminum sticks with basket and scissors, Find an exact route and place to leave the harvest materials and the elaboration of a harvest plan. For the elaboration of the solutions, mathematical models of transports and clusters were used, in addition to those that were not implemented, they were simulated in Flexsim. The result obtained based on the improvements was an increase of 24.5 to 38.3 boxes per day per person, in average, which exceeds the objective and economic benefits of \$ 107 280 per year are obtained, which causes the project to be feasible.

Keywords: Mathematical model, Flexsim, DMAIC, simulation.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Variable de Interés	3
1.1.2 Alcance del proyecto	4
1.1.3 Restricciones del proyecto	5
1.1.4 Entregables solicitados	5
1.1.5 Equipo de trabajo	5
1.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Resumen ejecutivo del proyecto.....	6
1.5 Marco teórico	9
1.5.1 Revisión literaria.....	12
CAPÍTULO 2.....	14
2. Metodología	14
2.1 Medición	14

2.1.1	Estratificación de datos	16
2.1.2	Plan de recolección de datos	18
2.1.3	Verificación de datos	19
2.1.4	Definición de problemas enfocados	22
2.2	Análisis	23
2.2.1	Análisis de causas.....	23
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	28
2.2.3	Verificación de causas	29
2.2.4	5 ¿Por qué?.....	36
2.2.5	Causas raíz	37
2.3	Mejora.....	37
2.3.1	Lluvia de idea de soluciones	38
2.3.2	Selección de soluciones.....	38
2.3.3	Plan de implementación	40
2.3.4	Descripción de las soluciones	41
2.4	Implementación	43
2.4.1	Consideraciones generales.....	43
2.4.2	Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.	43
2.4.3	Establecer una ruta óptima para los tractores y un lugar óptimo para dejar los materiales de cosecha.	44
2.4.4	Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex	45
2.4.5	Plan de cosecha.....	52
2.5	Control	53
CAPÍTULO 3.....		55
3.	Resultados y análisis	55
CAPÍTULO 4.....		56
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	56

4.1 Conclusiones	56
4.2 Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
APÉNDICE.....	59

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
DMAIC	Definición, medición, análisis, Implementación y control
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output y Customer
CTQ	Critical to Quality
VSM	Value Stream Mapping
AV	Agrega Valor
NAV	No Agrega Valor
VOC	Voz del cliente
QFD	Despliegue de la función de calidad
GPS	Global Positioning System
DOE	Design Of Experiments
Gav	Gavetas

SIMBOLOGÍA

min	Minuto
%	Porcentaje
M	Metros
H_0	Hipótesis nula
H_1	Hipótesis alternativa
\$	Dólares americanos
S	Segundo
R	Herramienta estadística
pH	Potencial de hidrógeno

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Canal de distribución [Fuente: Autores del Proyecto]	1
Figura 1.2. Cantidad de cajas promedio/persona/día [Fuente: Autores del Proyecto] .	3
Figura 1.3. Árbol de variables críticas (CTQ) [Fuente: Autores del Proyecto].....	4
Figura 1.4. Diagrama SIPOC [Fuente: Autores del Proyecto]	4
Figura 2.1. Value Stream Mapping [Fuente: Autores del Proyecto]	15
Figura 2.2. Diagrama de flujo de la hacienda [Fuente: Autores del Proyecto]	16
Figura 2.3. Pareto por actividades- variedad Ataulfo [Fuente: Autores del Proyecto]	17
Figura 2.4. Pareto por actividades- variedad Tommy [Fuente: Autores del Proyecto]	18
Figura 2.5. Datos tomados y datos históricos [Fuente: Autores del Proyecto]	20
Figura 2.6. Diferencia de datos tomados y datos históricos [Fuente: Autores del Proyecto].....	20
Figura 2.7. Reunión con el personal [Fuente: Autores del Proyecto]	23
Figura 2.8. Diagrama de elevados tiempos de transporte [Fuente: Autores del Proyecto].....	24
Figura 2.9. Diagrama de la cosecha de mangos [Fuente: Autores del Proyecto]	24
Figura 2.10. Diagrama de tiempo de la extracción del látex [Fuente: Autores del Proyecto].....	25
Figura 2.11. Diagrama de Pareto de causas [Fuente: Autores del Proyecto]	27
Figura 2.12. Matriz impacto-control [Fuente: Autores del Proyecto]	27
Figura 2.13. Prueba normal de tiempo de cosecha de Tommy [Fuente: Autores del Proyecto].....	29
Figura 2.14. Prueba normal de tiempo de cosecha de Ataulfo [Fuente: Autores del Proyecto].....	30
Figura 2.15. Prueba T para las variedades de mangos [Fuente: Autores del Proyecto]	31
Figura 2.16. Diagrama de cajas [Fuente: Autores del Proyecto].....	31
Figura 2.17. Prueba de normalidad del trabajador 1 [Fuente: Autores del Proyecto].	32
Figura 2.18. Prueba de normalidad del trabajador 2 [Fuente: Autores del Proyecto].	32
Figura 2.19. Prueba de normalidad del trabajador 3 [Fuente: Autores del Proyecto].	33
Figura 2.20. Prueba T para los cosechadores [Fuente: Autores del Proyecto].....	33

Figura 2.21. Cosechador fue a traer el material [Fuente: Autores del Proyecto]	34
Figura 2.22. Cosechador regresando al área de cosecha [Fuente: Autores del Proyecto].....	34
Figura 2.23. Cosechando con un palo de madera [Fuente: Autores del Proyecto]	35
Figura 2.24. Cosechador subido en un árbol [Fuente: Autores del Proyecto].....	35
Figura 2.25. Sacar el látex en el suelo [Fuente: Autores del Proyecto].....	35
Figura 2.26. Sacar el látex encima de las cajas [Fuente: Autores del Proyecto].....	35
Figura 2.27. Tiempo de cosecha de mango según la variedad [Fuente: Autores del Proyecto].....	36
Figura 2.28. Tiempo en ir a buscar los materiales [Fuente: Autores del Proyecto]	36
Figura 2.29. Método para cosechar y sacar látex [Fuente: Autores del Proyecto]	37
Figura 2.30. Matriz esfuerzo-impacto [Fuente: Autores del Proyecto]	39
Figura 2.31. Plan de implementación [Fuente: Autores del Proyecto]	41
Figura 2.32. Prototipo [Fuente: Autores del Proyecto]	43
Figura 2.33. Zonas seleccionadas [Fuente: Autores del Proyecto].....	44
Figura 2.34. Ruta actual [Fuente: Autores del Proyecto]	45
Figura 2.35. Ruta mejorada [Fuente: Autores del Proyecto]	45
Figura 2.36. Prueba de látex [Fuente: Autores del Proyecto]	46
Figura 2.37. Señalización [Fuente: Autores del Proyecto]	46
Figura 2.38. Medición del PH [Fuente: Autores del Proyecto].....	46
Figura 2.39. Ubicación de los centros de acopio [Fuente: Autores del Proyecto]	47
Figura 2.40. Ubicación de los centros de acopio [Fuente: Autores del Proyecto]	47
Figura 2.41. Simulación actual [Fuente: Autores del Proyecto]	48
Figura 2.42. Prueba T [Fuente: Autores del Proyecto].....	49
Figura 2.43. Simulación mejorada [Fuente: Autores del Proyecto]	49
Figura 2.44 Dimensiones de la piscina [Fuente: Autores del Proyecto].....	51
Figura 2.45 Proceso de colocación de gavetas en piscina [Fuente: Autores del Proyecto].....	52
Figura 2.46. Plantilla de Excel [Fuente: Autores del Proyecto]	53
Figura 2.47. Resultados del plan de cosecha [Fuente: Autores del Proyecto].....	53
Figura 3.1. Situación actual vs mejorada [Fuente: Autores del Proyecto].....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tiempo de las actividades [Fuente: Autores del Proyecto]	17
Tabla 2.2. Actividades estratificadas [Fuente: Autores del Proyecto]	18
Tabla 2.3. Plan de recolección de datos [Fuente: Autores del Proyecto].....	19
Tabla 2.4. Tiempo de cosechar una gaveta del árbol [Fuente: Autores del Proyecto]	21
Tabla 2.5. Tiempo de acomodar una gaveta en el árbol [Fuente: Autores del Proyecto]	22
Tabla 2.6. Ponderación de causas [Fuente: Autores del Proyecto]	25
Tabla 2.7. Matriz causa-efecto [Fuente: Autores del Proyecto]	26
Tabla 2.8. Plan de verificación de causas [Fuente: Autores del Proyecto]	28
Tabla 2.9. Causas raíz [Fuente: Autores del Proyecto].....	37
Tabla 2.10. Lluvia de idea de las soluciones [Fuente: Autores del Proyecto]	38
Tabla 2.11. Soluciones [Fuente: Autores del Proyecto]	39
Tabla 2.12 Costos estimados [Fuente: Autores del Proyecto]	40
Tabla 2.13. Análisis de soluciones [Fuente: Autores del Proyecto].....	40
Tabla 2.14. Cantidad de cajas por día por persona [Fuente: Autores del Proyecto]..	48
Tabla 2.15 Cantidad de cajas por día por persona [Fuente: Autores del Proyecto]...	50
Tabla 2.16 Plan de control [Fuente: Autores del Proyecto].....	54

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto es realizado en una hacienda, la cual tiene una magnitud de 496.79 hectáreas, de las cuales 238.87 hectáreas son utilizadas para la siembra y cosecha de mangos. Los mangos son enviados a una planta para ser tratados y exportados a: Estados Unidos, Canadá, Europa Occidental y Nueva Zelanda.

La hacienda contaba con 5 variedades de mangos en sus inicios, tres de ellos (Haden, Kent, Keitt) están en proceso de baja, mientras que los dos restantes (Ataulfo y Tommy) son los que se cosechan con mayor frecuencia.

El canal de distribución empieza en la fábrica, la cual se encarga de abastecer a la hacienda de cajas. Estas cajas vacías son enviadas a las diferentes zonas para comenzar la cosecha. Luego que se cosecha, regresan al centro de distribución y esta se embarca en camiones para ser enviadas nuevamente a la fábrica, una vez que se descargan los mangos, los propios camiones se encargan de transportar las cajas vacías al centro de distribución de la hacienda, repitiendo nuevamente el proceso. En la figura 1.1 se detalla el canal de distribución de la hacienda.

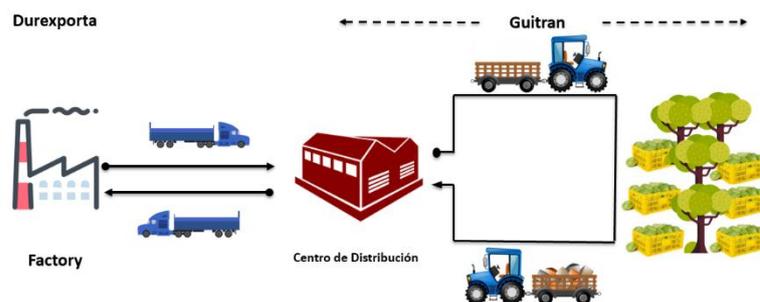


Figura 1.1. Canal de distribución [Fuente: Autores del Proyecto]

La hacienda está conformada por una fuerza laboral de 57 trabajadores en cargos administrativos y con variado número de trabajadores operacionales, puesto que depende de la fecha de cosecha. El horario de los trabajadores operacionales es desde

las 7 AM hasta las 4 PM, teniendo una hora de almuerzo desde las 12 PM hasta la 1 PM. Los trabajadores llegan a la hacienda a las 6:30 AM ya que tienen un proceso de selección de personal el cual no cuenta dentro del horario laboral.

La hacienda está dividida en 173 zonas, en las cuales están distribuidas las diferentes variedades de mangos, actualmente Ataulfo y Tommy, Haden en muy poca cantidad.

La hacienda está localizada en el cantón Pedro Carbo, perteneciente a la provincia del Guayas, y lo que se busca desarrollar con el proyecto es aumentar el número de cajas recolectadas por persona por día. Además, determinar la fuerza laboral adecuada para la cosecha de mangos por temporada a través de la metodología de resolución de problemas DMAIC, con esto se desea encontrar desperdicios y eliminarlos como también costos operativos.

Se debe tener en consideración que una de las principales restricciones de la hacienda es que la cosecha sólo se da por temporadas (Finales de septiembre-principios de enero) y es donde únicamente se obtienen ganancias.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la administración de la hacienda busca reducir el tiempo de cosecha aumentando el número de cajas/ día/ persona debido a que en la fábrica de procesamiento existe poca cantidad de cajas, lo que afecta a la exportación de los mangos. A su vez, la hacienda ha evidenciado problemas con respecto al número de trabajadores que se debe tener, ya que no existe un histórico que determine la cantidad de cajas máximas que puede cosechar, porque actualmente se trabaja con una meta diaria y es por lo que se les paga a los trabajadores.

En la figura 1.2 se puede observar el número promedio de cajas por día por persona que han podido cosechar en el mes, estos datos son recolectados desde septiembre del 2014 hasta diciembre del 2018.

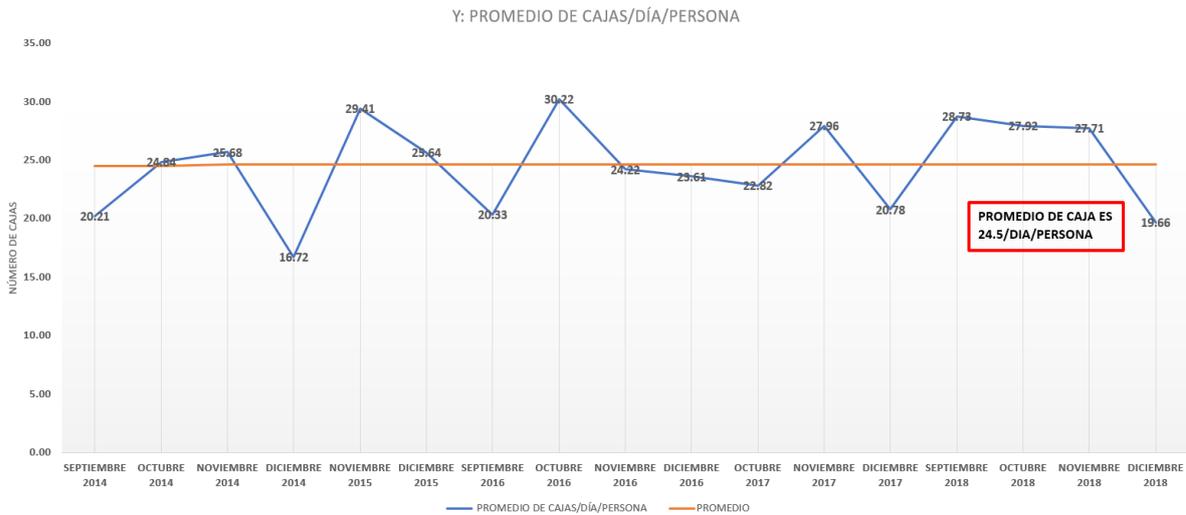


Figura 1.2. Cantidad de cajas promedio/persona/día [Fuente: Autores del Proyecto]

La declaración del problema se establece de la siguiente manera:

“Según datos históricos, un promedio de 24.5 cajas por día por persona es cosechado en la hacienda desde septiembre del 2014 hasta diciembre del 2018, mientras que el proceso ha llegado a 30 cajas por día por persona”.

1.1.1 Variable de Interés

Con la ayuda de la herramienta VOC se realizaron entrevistas al personal de la hacienda: Administrador, Coordinador de cosecha y Recursos Humanos, se conocieron los diferentes problemas que afectan a la cosecha. Se utilizó el árbol de variables críticas para la Calidad (CTQ) que permite traducir las necesidades del Cliente en variables que pueden medirse y finalmente en variables críticas del problema. En la figura 1.3 se muestra el árbol de variables CTQ del proyecto.

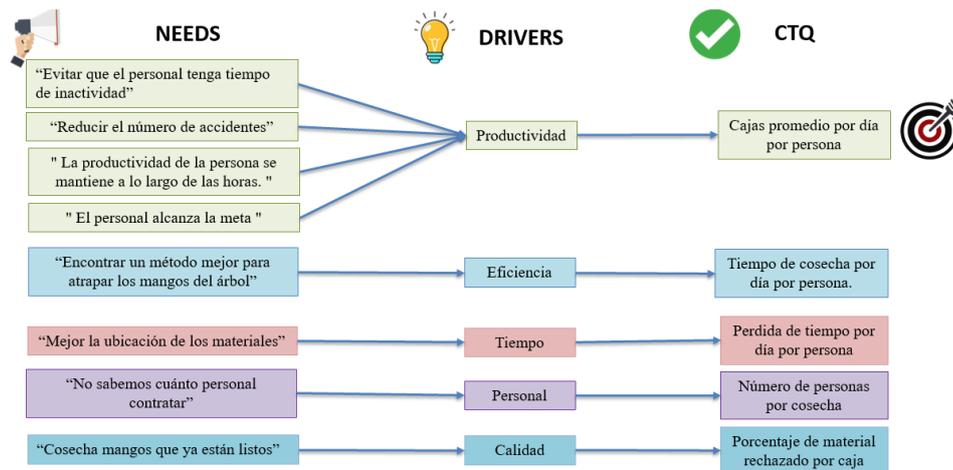


Figura 1.3. Árbol de variables críticas (CTQ) [Fuente: Autores del Proyecto]

Luego de encontrar las variables críticas que afectan a la hacienda, se escoge la variable de respuesta, aquella que medirá el éxito del proyecto. En este caso, se escogió la cantidad de cajas/ día/ persona.

1.1.2 Alcance del proyecto

Para poder tener delimitado el proyecto y asegurar el éxito del mismo, se detalló el proceso de las operaciones en la hacienda, por lo que se utiliza la herramienta SIPOC. Esta herramienta muestra la entrada y salida del proceso, así como quien es el que abastece cada entrada y el cliente que espera después de cada salida del proceso.

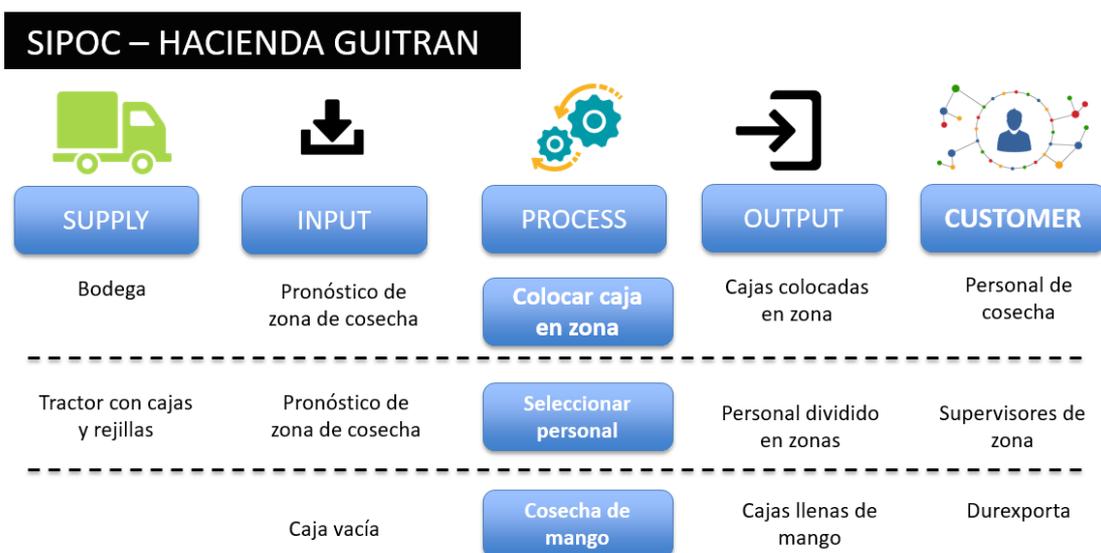


Figura 1.4. Diagrama SIPOC [Fuente: Autores del Proyecto]

En la Figura 1.4 se puede observar el SIPOC que establece el enfoque específico del proyecto, en este caso incluye el transporte para colocar las cajas en la zona, luego la selección del personal y por último el proceso de cosecha del mango.

1.1.3 Restricciones del Proyecto

Entre las principales restricciones del proyecto, se tiene lo siguiente:

- La cosecha de mangos solo ocurre en ciertos meses. - Dada la naturaleza del producto, el mango solo se puede cosechar desde el mes de septiembre hasta primeras semanas de enero.
- La hacienda es muy grande para poder hacer un estudio en todo su terreno. - La hacienda cuenta con 238.87 hectáreas con sembrío de mangos, por lo que es difícil tomar datos de todas las hectáreas en el tiempo establecido.
- No se tiene días específicos de cosecha. – En un principio la cosecha se daba sólo los fines de semana y con el pasar del tiempo se comenzó a cosechar todos los días.

1.1.4 Entregables Solicitados

Los entregables que requiere la hacienda, son los siguientes:

- Levantar la línea base del tiempo de cosecha.
- Determinar el impacto financiero.
- Levantamiento del proceso.
- Simulación en Flexsim del proceso de cosecha y escenarios con las mejoras propuestas.
- Determinar el número óptimo de colaboradores por temporada.
- Establecer un plan de control.

1.1.5 Equipo de Trabajo

Para que el proyecto se pueda ejecutar, se cuenta con el apoyo de diferentes áreas administrativas de la hacienda. El gerente de la hacienda es el que vela para que las operaciones se desarrollen con normalidad, el supervisor planifica la cosecha para que las personas lleguen al objetivo determinado, la coordinadora se ocupa de cuánto

personal se necesita; da indicaciones de en qué zonas se debe cosechar y cuál es el calibre del mango que se debe cosechar y la jefa de recursos humanos se encarga de los pagos, cumplimiento de normas, funcionamiento de la hacienda y temas administrativos para ser tratados con el cliente y proveedores.

1.2 Justificación del Problema

Actualmente, la hacienda no cuenta con un estudio que indique cuánto es la cantidad de gavetas por día que puede cosechar una persona, ni el tiempo que tardan las diferentes actividades, por ende, se genera mayores costos operativos debido a una mayor contratación de personal, ya sea para la cosecha o para el transporte.

Es muy importante que se tenga esta información para saber medir y mejorar esta cantidad de gavetas con un método que haga que reduzca el tiempo de cosecha de los mangos y aumente la cantidad de cajas por día que se envíe a la fábrica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Incrementar el número de cajas por día por persona a través del análisis de variables que involucran el proceso de cosecha de mangos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el movimiento de los trabajadores reduciendo los desperdicios y el tiempo de cosecha.
- Reducir lesiones de los trabajadores durante la cosecha.
- Desarrollar un plan de cosecha de mangos de acuerdo a la zona en que se realizará la cosecha.

1.4 Resumen Ejecutivo del Proyecto

PROJECT CHARTER

Nombre del Proyecto: Reducción del Tiempo de Cosecha de Mangos		
Fecha de inicio: Septiembre, 30 del 2019	Fecha de Finalización: Enero, 31 del 2020	Empresa: Hacienda de mangos
Gestores del proyecto: Angeely Adrián y Moisés Henríquez		

Objetivos del Proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el número de cajas por día por persona a 30, a través del análisis de variables que involucran el proceso de cosecha de mangos. • Analizar el movimiento de los trabajadores reduciendo los desperdicios y el tiempo de cosecha. • Reducir las lesiones de los trabajadores durante la cosecha. • Desarrollar un plan de cosecha de mangos de acuerdo con la zona en que se realizará la cosecha.
Alcance del Proyecto:	Incluye el transporte para colocar las cajas en la zona, la selección del personal y por último el proceso de cosecha del mango.
Interesados del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Sub Gerente General de la fábrica. • Administrador de la Hacienda. • Jefe de Recursos Humanos de la Hacienda. • Coordinador de Cosecha.
Patrocinador	Subgerente General de la fábrica.

Requerimientos y Entregables del Proyecto	
Nombre del Entregable	Cantidad
Levantar la línea base del tiempo de cosecha.	1
Determinar el impacto financiero.	1
Levantamiento del proceso.	1

Simulación en Flexsim del proceso de cosecha y escenarios con las mejoras propuestas.	1
Determinar el número óptimo de colaboradores por temporada.	1
Establecer un plan de control.	1

Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> • La cosecha de mangos sólo ocurre en ciertos meses. - Dada la naturaleza del producto, el mango sólo se puede cosechar desde el mes de septiembre hasta primeras semanas de enero. • La hacienda es muy grande para poder hacer un estudio en todo su terreno. - La hacienda cuenta con 238.87 hectáreas con sembrío de mangos, por lo que es difícil tomar datos de todas las hectáreas en el tiempo establecido. • No se tiene días específicos de cosecha. – En un principio la cosecha se daba sólo los fines de semana y con el pasar del tiempo se comenzó a cosechar todos los días.
----------------------	--

CRONOGRAMA DE PRESENTACIONES	
# Presentación	Fecha Programada
Presentación Ejecutiva # 1	Octubre, 25 del 2019
Presentación Ejecutiva # 2	Noviembre, 15 del 2019
Presentación Ejecutiva # 3	Diciembre, 06 del 2019

Presentación Ejecutiva # 4	Enero, 03 del 2019
Presentación Ejecutiva # 5	Enero, 31 del 2019

1.5 Marco teórico

Six Sigma

Six Sigma es una filosofía orientada a la mejora continua de los procesos, con el objetivo de reducir la mayor cantidad de desperdicios posibles, defectos e irregularidades presentes en el proyecto (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 280). Para el caso del presente proyecto se utilizó la metodología DMAIC que es parte de Six Sigma para lograr la satisfacción del Cliente.

DMAIC

DMAIC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar) es una metodología que es utilizada en proyectos para mejorar o solucionar problemas. Este ciclo debe realizarse hasta que se encuentren los resultados deseados, en caso de no encontrar mejora o solución en el proyecto, se deben repetir los pasos (Minetto Napoleao, 2019).

Definir

Es la primera etapa de la metodología, aquí se busca establecer el problema; cuáles son las oportunidades de mejora, el alcance y la variable con que se va a medir el éxito del proyecto. Algunas de las herramientas utilizadas en esta fase son el Diagrama SIPOC, la voz del cliente (VOC) y el árbol crítico de variables (CTQ) (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 291).

Diagrama SIPOC

Herramienta utilizada para (a partir del proceso) encontrar proveedores involucrados en el proceso, las salidas que da el proceso, y a qué cliente va dirigido el resultado de ese proceso (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 200).

Sus siglas significan lo siguiente:

- Supplier (Proveedor)
- Input (Entrada)
- Process (Proceso)
- Output (Salida)

- Customer (Cliente)

La Voz del Cliente VOC

Es una herramienta que se utiliza para conocer cuáles son los principales problemas que posee la empresa, se establecen las necesidades del cliente a través de entrevistas, cuestionarios, investigaciones, entre otras (Grotz, 2016). Ayuda a tener un enfoque claro de los problemas que se están suscitando en la hacienda.

Árbol Crítico de Variables CTQ

Esta herramienta ayuda a transformar las necesidades del cliente en variables cuantificables.

Lead Time

Tiempo que transcurre desde que inicia el proceso hasta que finaliza.

Medir

En esta etapa se procede a buscar toda la información relevante del problema con el propósito de que ésta sea analizada para encontrar las causas potenciales de la variable de respuesta. En esta etapa se utilizan las siguientes herramientas: Diagrama de Pareto, Mapeo de la Cadena de Valor VSM y Diagrama de Flujo del Proceso (Tenera & Carneiro Pinto, 2014)

Diagrama de Pareto

Herramienta utilizada para priorizar tareas o actividades. Se ejemplifica gráficamente mediante un diagrama de barras ordenado de mayor a menor. El diagrama da como respuesta que el 20% de las causas originan el 80% de los efectos.

Mapeo de la Cadena de Valor

Herramienta utilizada para ver el flujo de materiales e información a través de un proceso. Es importante porque indica las actividades que agregan valor y las que no agregan valor en la empresa, así como también el tiempo de espera (Lead Time) (Antonelli & Stadnicka, 2018).

Diagrama de Flujo del Proceso

Representa de forma secuencial las actividades que se realiza para el cumplimiento de actividades cotidianas en el lugar de trabajo.

Valor p

El valor p de una prueba estadística determina el rechazo o no de una prueba o experimento (Zurita Herrera, Probabilidad y Estadística, 2010).

Analizar

El objetivo de esta etapa es utilizar los datos de medición para determinar las relaciones de causa- efecto en el proceso. Es decir, ayuda a determinar las causas potenciales del problema para validar si éstas son significativamente influyentes o no. Las herramientas utilizadas son las siguientes: Brainstorming, Diagrama Ishikawa, Pareto de Causas, Matriz Esfuerzo – Impacto, y la Herramienta 5 ¿Por qué? (Srinivasan, Muthu, Prasad, & Satheesh, 2014)

Brainstorming

Es una herramienta grupal que generalmente se la realiza con una reunión con el personal involucrado en el proyecto, obteniendo información de las causas que intervienen en el problema detallado en la etapa de medición. Es importante realizar esta actividad debido a que se puede obtener diferentes puntos de vista del personal.

Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa se utiliza para encontrar las causas que afectan un determinado problema, por medio de entrevistas, observaciones, etc.

Pareto de Causas

Es una herramienta que se utiliza para filtrar las causas, obtener la menor cantidad de causas que causan un mayor impacto en el problema.

Matriz Esfuerzo-Impacto

Es una herramienta que se utiliza para medir las causas que afectan al problema para enfocarse en las que tienen un menor esfuerzo y un mayor impacto.

5 ¿Por qué?

Luego de analizar estadísticamente las variables potenciales y encontrar las críticas que afectan al problema, la herramienta del 5 ¿Por qué? ayuda a analizar la causa a profundidad para encontrar cual es la raíz del problema, en no más 5 etapas de verificación.

GEMBA

Herramienta que consiste en ver lo que está pasando día a día en el proceso de la empresa. (Ahuja Sánchez, 2016)

Mejorar

Luego de haber encontrado las causas raíz del problema, se plantean diferentes soluciones para atacarlas, que, mediante análisis y mediciones se verifica cuáles de ellas son las más convenientes para atacar el problema. Para verificar los resultados se realizan pruebas piloto; y simulaciones para obtener resultados favorables en el proyecto.

Diseño de experimento

Conjunto de técnicas utilizadas con el fin de cambiar un proceso o resultado mediante el cambio de interacciones entre variables y factores (Montgomery, 2001).

Controlar

Luego de haber implementado las soluciones, se plantean métodos para medir o monitorear los diferentes procesos y garantizar la confiabilidad y viabilidad del proyecto.

1.5.1 Revisión Literaria

Con la finalidad de entender el problema, se revisaron artículos científicos en donde se revisan temas relacionados con la productividad en las haciendas de mangos.

Un artículo de ABC Regional News menciona que el tiempo de la extracción de látex influye principalmente en la cosecha, debido a que si no se lo deja reposar el tiempo debido, el mango sufre quemaduras graves. Es decir, cuando se arranca el pedúnculo del mango, no debe caer el látex en el mango (News, 2016).

Otro artículo relacionado con la producción de mangos se lo encontró en EFE News Service, el cual dice que existe una baja producción de mangos en las haciendas debido a las bajas temporadas; por lo tanto, el negocio de empresas relacionadas a la exportación de mangos va en decadencia (PARAGUAY MANGOS (Crónica), 2017).

Según un artículo realizado por Tom Volling, la cosecha de mangos ha disminuido considerablemente, la Asociación Australiana de la Industria de Mango cosechó 700 000 mangos menos que lo previsto, y esto afectó a la exportación (Tom, 2017).

En la revista Katherine Times, se describe como algunas variedades de los mangos ya no son cosechados como antes, esto debido a que no se exportan como anteriormente se lo hacía. (Times, 2016)

The Financial Express habla acerca de cómo la producción en el 2016 disminuyó con respecto a los años anteriores, esto debido a factores ambientales y que no podían cosechar de la misma forma como antes (Express, 2016).

Con la información que se obtiene de los artículos se puede comprobar que en el mundo, la productividad de mangos va en decadencia.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de resolver el problema que se planteó en el capítulo 1, se emplea la metodología DMAIC durante todo el proyecto, la cual está conformada por las siguientes etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En el capítulo 1 se definió el problema, por lo que a partir de este capítulo el enfoque abarca desde la segunda etapa de la metodología. En la etapa de Medición, se levanta toda la información necesaria con respecto al alcance del proyecto; además, se analiza el comportamiento de los datos de las variables dependientes e independientes. En la etapa de análisis, se establecen las causas potenciales que afectan al problema y se plantea soluciones que pueden ser medidas en la etapa de mejora. En la siguiente etapa se evalúan todas las soluciones establecidas para ver cuáles son las más beneficiosas para el proyecto. Finalmente, en la etapa de Control se monitorea el proceso y garantiza la viabilidad de las soluciones.

2.1 Medición

Una vez declarado el problema, con su respectivo alcance, restricciones, variable de respuesta y objetivos se procede a levantar toda la información de la cosecha de mangos.

Para saber que productos, o familia de productos se deben de tomar, es necesario hacer la estratificación de los datos y poder segmentar más el enfoque del proyecto. También se necesitó hacer un mapeo de la cadena de valor para visualizar las actividades de valor y no valor, un diagrama de flujo indicando los diferentes procesos y hacer un plan de recolección de datos, así como la validación de los datos recolectados para demostrar su veracidad.

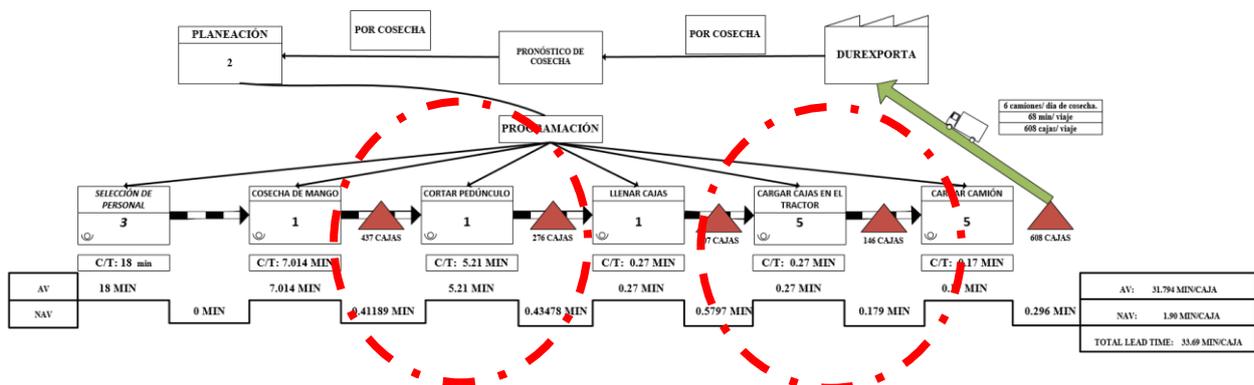


Figura 2.1. Value Stream Mapping [Fuente: Autores del Proyecto]

En el Value Stream Mapping (VSM) de la Figura 2.1 se puede visualizar las actividades que agregan y las que no agregan valor, el Lead Time Total del proceso es de 33.69 minutos/caja y el cuello de botella se encuentra en las actividades de cortar pedúnculo y cargar cajas en el tractor, estas actividades son las que tienen el mayor tiempo en el proceso de cosecha.

En el VSM se puede observar que existe inventario entre actividades de cosecha, lo que hace que exista un tiempo que no agrega valor al proceso.

Existen fábricas ocultas en el proceso de cosecha, entre las cuales están:

- Uso del cortador en lugar de tijeras.
- Apoyo entre socios para alcanzar la meta.
- Usa las cajas como escaleras para la cosecha.

El proceso que sigue la hacienda durante la cosecha, en un día normal, se ve representado en la figura 2.2:

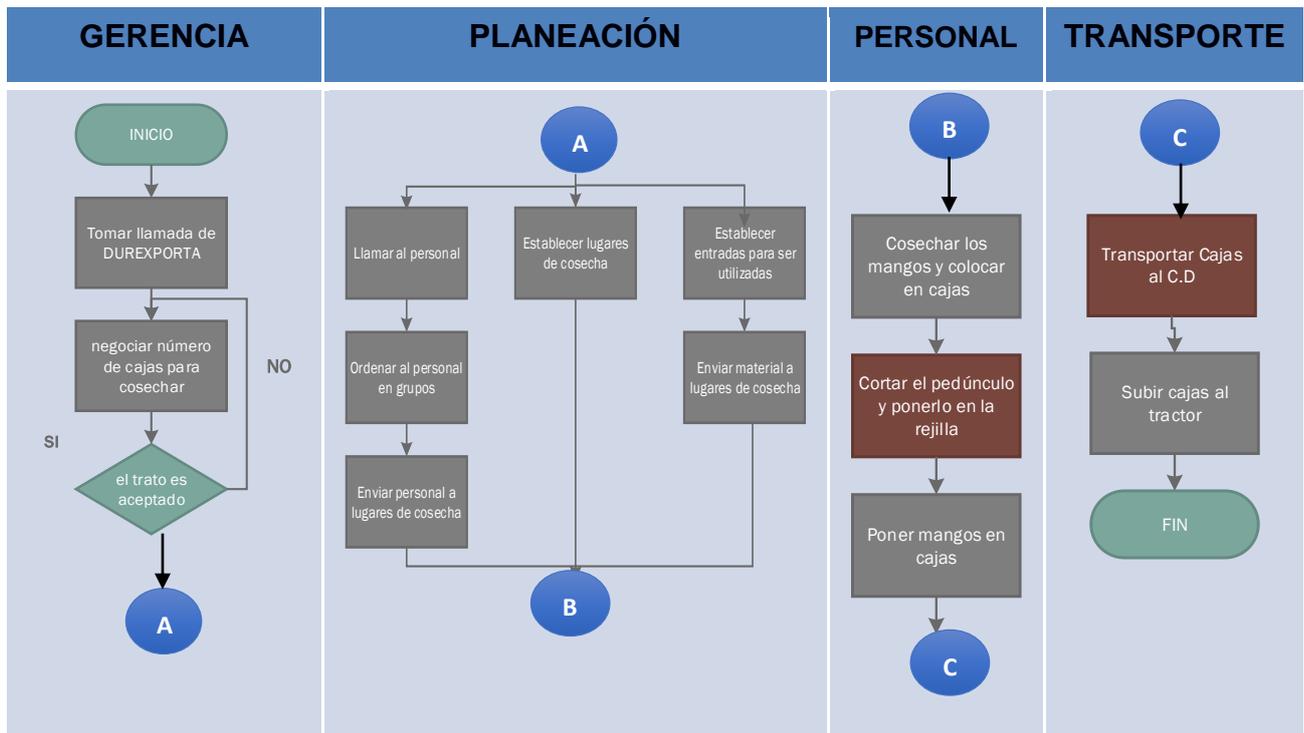


Figura 2.2. Diagrama de flujo de la hacienda [Fuente: Autores del Proyecto]

En el diagrama de flujo de la figura 2.2 se puede visualizar en color rojo las actividades que llevan más tiempo y no generan valor en el proceso. La actividad de *cortar pedúnculo y ponerlo en la rejilla* influye directamente en la variable respuesta, mientras que la actividad de *transportar cajas al Centro de Distribución* influye en la fuerza laboral.

2.1.1 Estratificación de datos

En el proyecto, la estratificación se la realizó por actividades. Se procedió a tomar datos de todas las actividades de la hacienda para ver en cuál de ellas se realiza el enfoque. Las actividades se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Tiempo de las actividades [Fuente: Autores del Proyecto]

Actividades	Ataulfo (min en un día)	Tommy (min en un día)
Selección del personal.	17.77	17.77
Transporte del personal.	47.03	47.03
Cargar material al tractor.	59.15	59.15
Transporte de materiales al área de cosecha.	325.94	325.94
Colocar gavetas en zona.	15.73	16.25
Colocar periódico en gavetas.	12.09	12.49
Cosechar mangos.	250.54 (21 gav)	122.45 (35 gav)
Colocar parihuela.	22.81	15.20
Repartir tijeras.	7.23	0
Cortar pedúnculo.	184.55	97.27
Espera en el escurrimiento del látex.	243.24	161.44
Llenar gavetas.	40.71	39.94
Transporte de gavetas a la zona de embarque.	588.54	588.54
Cargar camión.	180.00	180.00

Luego, se procedió a estratificar esas actividades por medio de un diagrama de Pareto, el cual se muestra en la figura 2.3 y la figura 2.4:

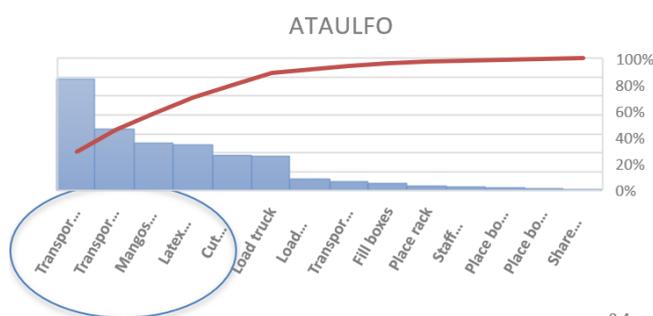


Figura 2.3. Pareto por actividades- variedad Ataulfo [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.4. Pareto por actividades- variedad Tommy [Fuente: Autores del Proyecto]

Finalmente, quedaron 5 actividades estratificadas en el Pareto que se las agrupó en la tabla 2.2, la cual se muestra a continuación:

Tabla 2.2. Actividades estratificadas [Fuente: Autores del Proyecto]

Actividades	Actividades Agrupadas
Transportar materiales al área de cosecha	Uso de transporte
Transportar cajas al centro de distribución	
Cosechar mangos	Cosecha de mangos
Espera en la extracción de látex	Extracción de látex
Cortar pedúnculo	

2.1.2 Plan de recolección de Datos

Se estableció un plan de recolección de datos para las variables que afectan al problema de la baja cantidad de cajas, los datos serán con toma de tiempos y con herramientas como GEMBA. El plan de recolección se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Plan de recolección de datos [Fuente: Autores del Proyecto]

<i>Variable a ser medida</i>	<i>Unidades</i>	<i>¿Por qué medir esta variable?</i>	<i>¿Cómo medir esta variable?</i>
Tiempo de llevar el material a la zona.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por el transporte de materiales al área. Esto ayudará a incrementar el número de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Cantidad de viajes diarios realizados por el tractor para dejar materiales.	Número de viajes	Permite determinar los viajes realizados por el camión para dejar el material.	Conteo de viajes
Número de cajas vacías que son enviadas a cada zona.	Número de cajas	Permite determinar la cantidad de cajas vacías que se envían a cada zona. Ayuda a aumentar la cantidad de cajas/día/persona.	Conteo de cajas
Transporte del tractor con cajas al centro de distribución.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por el transporte del tractor con cajas al centro de distribución. Esto ayudará a incrementar el número de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Distancia recorrida por el tractor por viaje.	Metros	Permite medir la duración de cada viaje en el tractor. Reducir el desperdicio en esta variable.	Estudio de tiempos / Distancia medida
Tiempo de cosecha manual en árbol.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por la cosecha de mangos. Esto ayudará a incrementar el número de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Tiempo de acomodar una caja en el árbol.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por acomodar las cajas en el árbol al cosechar los mangos. Reducir esto ayuda a aumentar la cantidad de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Tiempo de salida del látex.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por la espera de la extracción del látex. Reducir esto ayuda a aumentar la cantidad de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Tiempo en cargar el camión.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por cargar un camión. Reducir esto ayuda a aumentar la cantidad de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos
Tiempo en preparar una rejilla.	Minutos	Permite determinar el tiempo de este proceso causado por preparar rejilla. Reducir esto ayuda a aumentar la cantidad de cajas/día/persona.	Estudio de tiempos

2.1.3 Verificación de Datos

Para la verificación de datos, se procedió a ir a la hacienda para verificar cuantas cajas promedio era capaz de cosechar una persona, luego de eso se realizó un análisis estadístico comparando los datos tomados con los datos históricos. En el diagrama de cajas, de la figura 2.5, se puede observar que no existió una diferencia significativa entre los datos, por ende, se puede seguir utilizando los datos de la hacienda para el análisis.

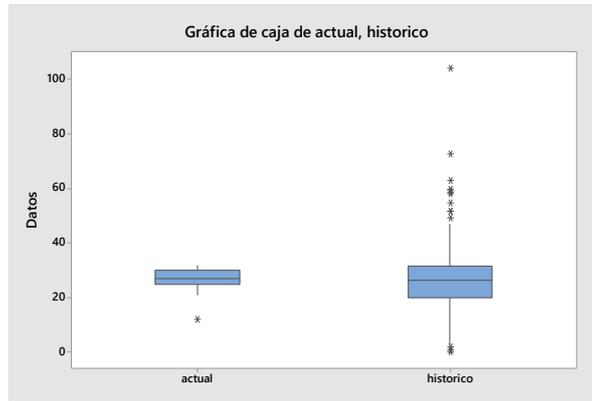


Figura 2.5. Datos tomados y datos históricos [Fuente: Autores del Proyecto]

H ₀	Datos Tomados = Datos Históricos.
H ₁	Datos Tomados ≠ Datos Históricos.

Luego, se realizó una prueba T, figura 2.6, para hacer una diferencia de medias, donde sale un valor p mayor que 0.05 por lo que no se rechaza la hipótesis de que no existe una diferencia significativa entre los datos.

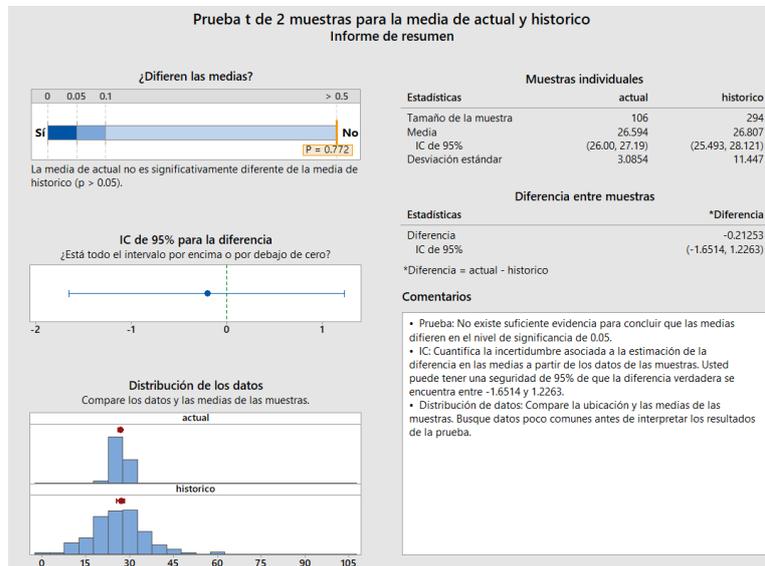


Figura 2.6. Diferencia de datos tomados y datos históricos [Fuente: Autores del Proyecto]

Tiempo de cosecha manual en el árbol

Para la validación de esta variable se tomaron datos ya que no se tuvo datos históricos con los que se pueda trabajar.

Los datos tomados fueron los que se presentan en la tabla 2.4:

Tabla 2.4. Tiempo de cosechar una gaveta del árbol [Fuente: Autores del Proyecto]

Tiempo de Cosecha manual en el árbol (minutos)	
9.93	9.98
4.94	5.41
6.19	8.39
5.99	7.47
6.22	8.47
2.39	4.24
3.83	6.57
9.10	6.26
6.87	6.47
9.04	7.10
10.08	7.05
11.01	10.97
9.80	8.02
7.08	4.28
9.77	5.13
10.56	7.08

Tiempo de acomodar una gaveta en el árbol

Para el caso de esta variable se realizó también un estudio de tiempos, los datos fueron los que se presentan en la tabla 2.5:

Tabla 2.5. Tiempo de acomodar una gaveta en el árbol [Fuente: Autores del Proyecto]

Tiempo de acomodar una gaveta en el árbol (minutos)	
0.32	0.24
0.47	0.11
0.61	0.47
0.62	0.40
0.81	1.14
0.64	1.06
0.58	0.13

Los únicos datos históricos que se tuvieron de la empresa fueron las cajas por persona por día que realizan los cosechadores; por lo que el resto de las variables se validaron con estudio de tiempos, tal y como se mostró anteriormente.

2.1.4 Definición de Problemas Enfocados

Finalmente, se realiza la definición de los tres problemas enfocados con respecto a cada una de las actividades que dieron como resultado en la estratificación, quedando de la siguiente manera:

Problema Enfocado 1

“Según datos históricos, se cosecha un promedio de 24.5 cajas / día / persona en la hacienda desde septiembre de 2014 hasta diciembre de 2018 con altos tiempos de ciclo en el transporte”.

Problema Enfocado 2

“Según datos históricos, se cosecha un promedio de 24.5 cajas / día / persona en la hacienda desde septiembre de 2014 hasta diciembre de 2018 con altos tiempos de ciclo en la cosecha de mangos”.

Problema Enfocado 3

“Según datos históricos, se cosecha un promedio de 24.5 cajas / día / persona en la hacienda desde septiembre de 2014 hasta diciembre de 2018 con altos tiempos de ciclo en la extracción de látex”.

2.2 Análisis

Una vez que se obtuvieron los problemas enfocados en la fase de medición, se procedió a realizar el análisis de las causas del problema. En un principio, se utilizó la “lluvia de ideas” con el personal de la hacienda para encontrar las posibles causas que están afectando a la cantidad de cajas/ día/persona, para luego verificar las causas que son influyentes y determinar las causas raíz a través de la herramienta 5 por qué.

2.2.1 Análisis de causas

Para obtener las diferentes causas que afectan al problema se realizó reuniones con el personal de la hacienda; además, en la cosecha se obtuvo información del personal que estaba laborando y que ayudan al análisis. En la figura 2.7 se puede observar una de las reuniones realizadas con el personal de la hacienda.



Figura 2.7. Reunión con el personal [Fuente: Autores del Proyecto]

A partir de la información recolectada, se procedió a realizar un Diagrama Ishikawa con respecto a cada problema enfocado. Los problemas enfocados se representan en las figuras 2.8, 2.9 y 2.10.

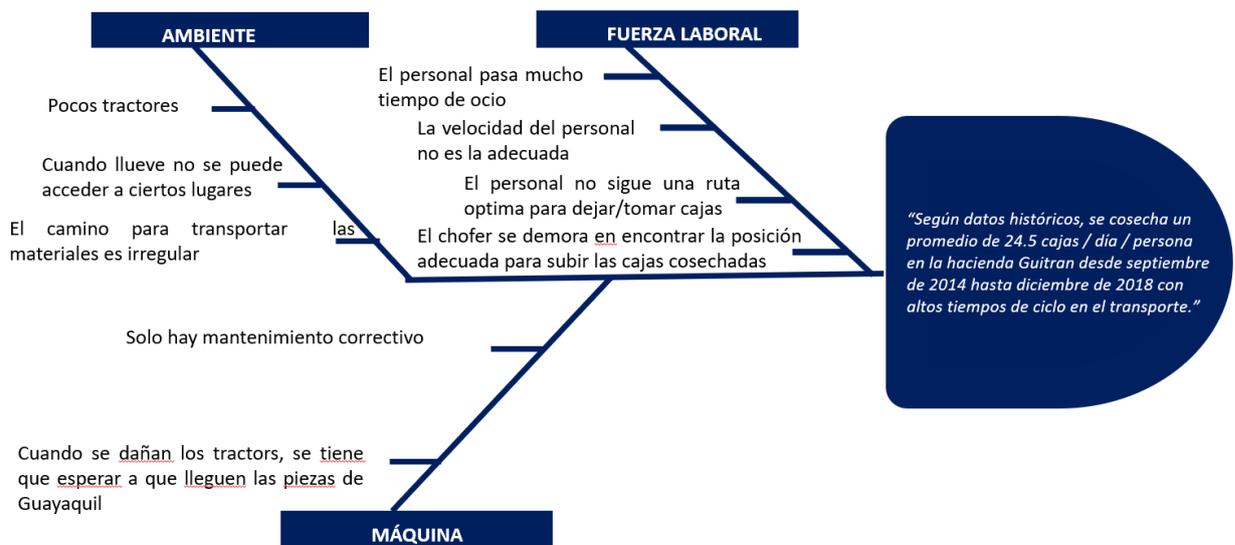


Figura 2.8. Diagrama de elevados tiempos de transporte [Fuente: Autores del Proyecto]

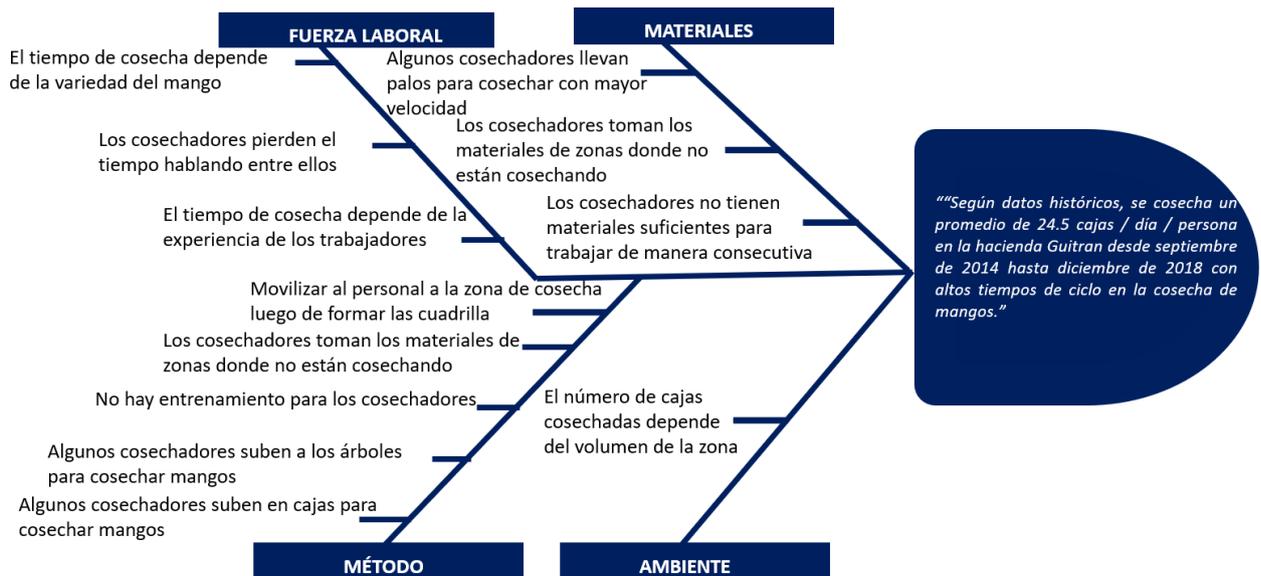


Figura 2.9. Diagrama de la cosecha de mangos [Fuente: Autores del Proyecto]

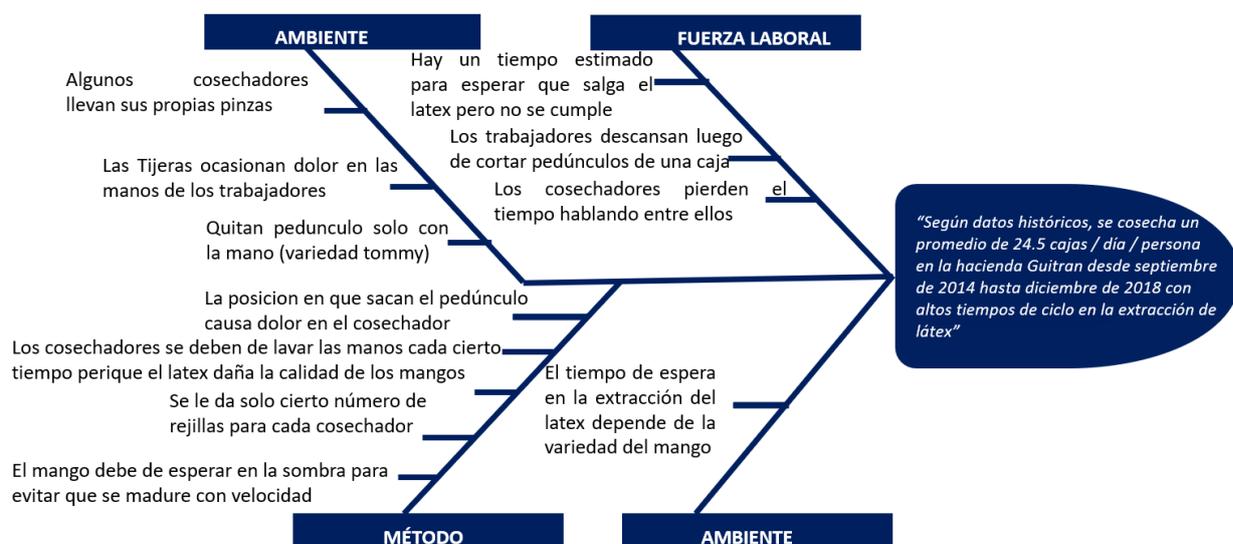


Figura 2.10. Diagrama de tiempo de la extracción del látex [Fuente: Autores del Proyecto]

Se realizó una priorización de las causas con respecto a la cantidad de cajas/ día/ persona, para ello el personal calificó con niveles de relación, cada una de las causas que salieron en el Diagrama Ishikawa, se ponderaron según la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Ponderación de causas [Fuente: Autores del Proyecto]

Ponderación	
Menor impacto	1
Medio impacto	3
Alto impacto	9

De las 33 causas que se obtuvieron en el diagrama Ishikawa, se agruparon las repetidas y quedaron 23 causas con las que se trabajó.

Luego de calificar, se procedió a escoger cuales son las causas potenciales, se realizó un Diagrama de Pareto para priorizar las causas, éstas se reflejan en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Matriz causa-efecto [Fuente: Autores del Proyecto]

#	CAUSAS	1	2	3	4	Moda
1	El tiempo de salida de látex del mango depende de su variedad	1	3	3	9	3
2	El volumen de mango depende de la zona de cosecha	9	9	9	9	9
3	El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad	3	6	9	9	9
4	Los cosechadores pierden tiempo hablando	1	1	1	3	1
5	Los cosechadores pierden tiempo en acceder al punto de cosecha	1	3	1	1	1
6	Los tractores se demoran en encontrar la posición correcta para la carga de cajas	1	3	1	1	1
7	El tiempo de cosecha depende de la experiencia de los cosechadores.	9	9	9	9	9
8	Hay pocos tractores en la hacienda	1	3	3	9	3
9	La cosecha disminuye cuando los tractores se dañan	1	3	1	1	1
10	Algunos trabajadores se suben a los árboles para cosechar	3	9	9	9	9
11	Los trabajadores cosechan cajas de mango según la meta diaria	3	1	1	3	3
12	Los cosechadores pierden el tiempo en ir a buscar los materiales	1	3	3	9	3
13	Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex	1	3	9	9	9
14	No hay entrenamiento para los cosechadores	9	3	3	9	9
15	Los cosechadores no tienen suficientes materiales (cajas, rejillas, papel)	3	1	1	9	1
16	Hacen retrabajos cuando los cosechan en cajas que están en mal estado	1	1	1	3	1
17	La velocidad con la que trabajan las personas en el tractor no es la adecuada	1	1	1	1	1
18	El personal no sigue una ruta óptima para dejar/tomar cajas	1	3	1	1	1
19	Solo hay mantenimiento correctivo en los tractores	3	1	3	1	3
20	Las piezas de reparación tienen un día de tiempo de entrega	1	1	3	3	3
21	Cuando llueve no se puede acceder a ciertos lugares	3	9	9	9	9
22	La ruta para transportar materiales es irregular	9	9	1	3	9
23	Los trabajadores cambian de posición continuamente al sacar pedúnculos	9	9	9	9	9

A partir de esta matriz, se realizó el Diagrama de Pareto con las causas, como se muestra en la figura 2.11.

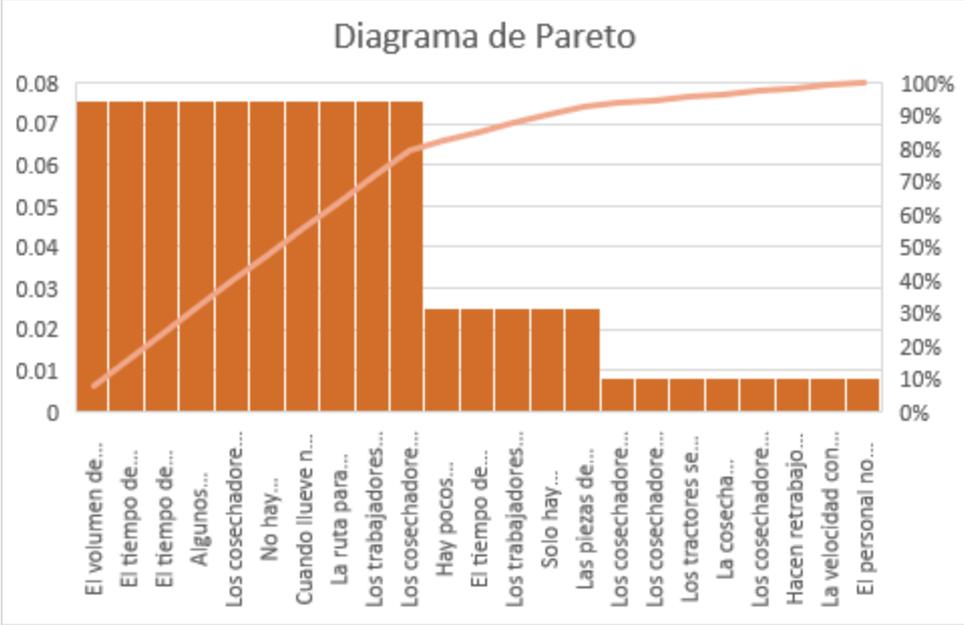


Figura 2.11. Diagrama de Pareto de causas [Fuente: Autores del Proyecto]

Luego de priorizar las causas en el diagrama Pareto, se utilizó la Matriz Impacto Control para priorizar más las posibles causas, tal como se muestra en la figura 2.12.

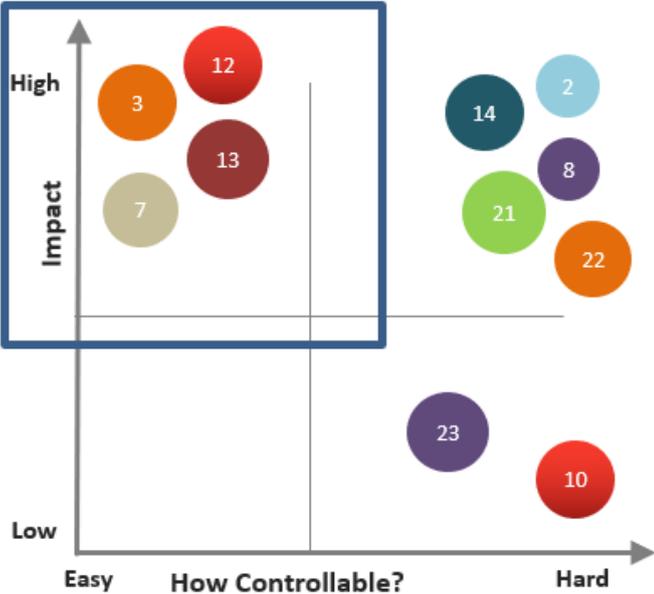


Figura 2.12. Matriz impacto-control [Fuente: Autores del Proyecto]

Las causas que fueron escogidas como posibles potenciales, de acuerdo con la matriz Impacto-Control de la figura 2.12, son las siguientes:

- 1) El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.
- 2) El tiempo de cosecha depende de la experiencia de los cosechadores.
- 3) Los cosechadores pierden el tiempo en ir a buscar los materiales.
- 4) Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.

Luego de haber encontrado las posibles causas potenciales, se procedió a analizar cada una de ellas con respecto a herramientas como GEMBA, Estudio de Tiempos, etc.

2.2.2 Plan de Verificación de causas

A partir de la priorización de causas, se procedió a realizar el Plan de Verificación, el cual se detalla en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Plan de verificación de causas [Fuente: Autores del Proyecto]

	CAUSAS	IMPACTO	¿Cómo verificar?
3	El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.	Dependiendo la variedad de mangos el número de cajas por día por persona cambia.	Verificación Estadística
7	El tiempo de cosecha depende de la experiencia de los cosechadores.	La experiencia del cosechador permite cosechar más cajas en menos tiempo por consecuente más cajas en el día.	Verificación Estadística
12	Los cosechadores pierden el tiempo en ir a buscar los materiales.	Los trabajadores pierden tiempo en ir a buscar el material y hacen menos cajas por día.	GO-SEE
13	Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.	El uso de diferentes métodos tiene como resultado un diferente número de cajas.	GO-SEE

2.2.3 Verificación de Causas

Luego de tener el Plan de Verificación de Causas, se procede a realizar la Verificación de cada una; es decir, si es influyente o no lo es.

Causa 1: El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.

Para realizar el análisis, la herramienta que se utilizó fue la toma de tiempos con respecto a cada una de las dos variedades de mangos.

Se realizaron pruebas de normalidad en el programa Minitab para comprobar la distribución de los datos, esto se representa en las figuras 2.13 y 2.14.

H ₀	Los datos tienen una distribución normal.
H ₁	Los datos no siguen una distribución normal.

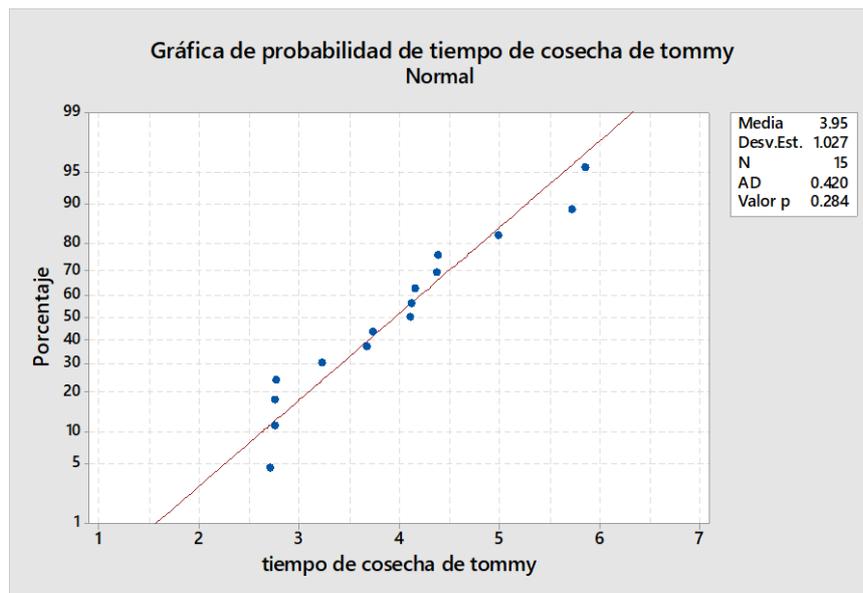


Figura 2.13. Prueba normal de tiempo de cosecha de Tommy [Fuente: Autores del Proyecto]

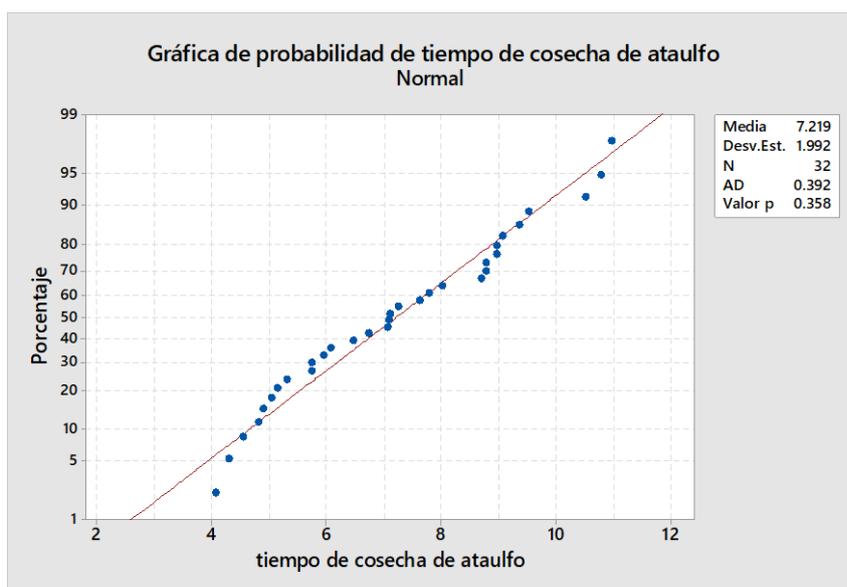


Figura 2.14. Prueba normal de tiempo de cosecha de Ataulfo [Fuente: Autores del Proyecto]

En ambos casos, el valor p fue mayor que 0.05 por lo que se pudo concluir que los datos de la cosecha de mangos siguen una distribución normal.

Luego de comprobar la normalidad de los datos se procede a realizar una Prueba T, tal como se muestra en la figura 2.15, las hipótesis.

H ₀	El tiempo de cosecha de la variedad Tommy es igual que la variedad Ataulfo.
H ₁	El tiempo de cosecha de la variedad Tommy es diferente que la variedad Ataulfo.

Prueba T e IC de dos muestras: ATAULFO, TOMMY

Método

μ_1 : media de ATAULFO
 μ_2 : media de TOMMY
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
ATAULFO	31	7.10	1.91	0.34
TOMMY	15	3.95	1.03	0.27

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
3.154	(2.278, 4.029)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
7.27	43	0.000

Figura 2.15. Prueba T para las variedades de mangos [Fuente: Autores del Proyecto]

El valor p es menor que 0.05, por lo que se puede concluir que la variedad de mangos sí es influyente en el tiempo de cosecha.

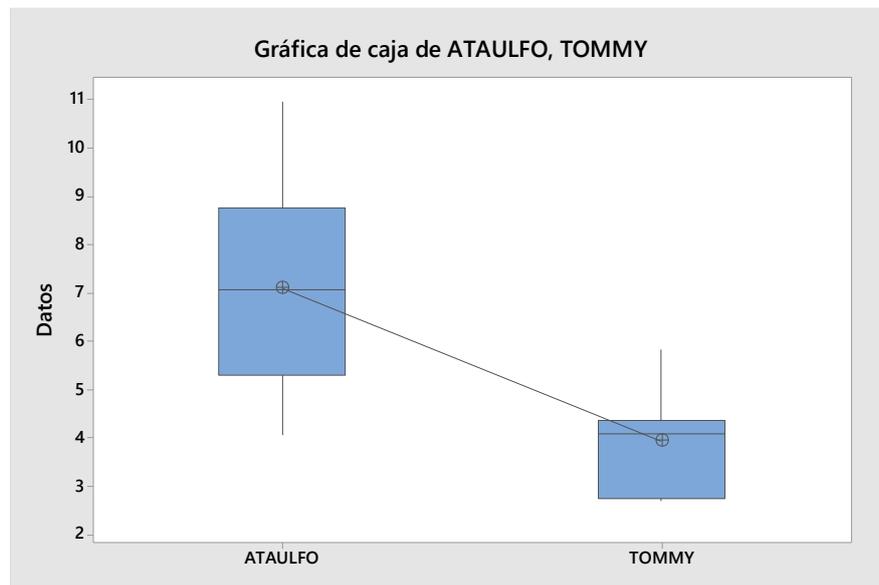


Figura 2.16. Diagrama de cajas [Fuente: Autores del Proyecto]

En el diagrama de cajas de la figura 2.16 se puede observar que Variedad Ataulfo se demora más en cosechar que la variedad Tommy.

Causa 2: El tiempo de cosecha depende de la experiencia de los cosechadores.

Para realizar el análisis, la herramienta que se utilizó fue la toma de tiempos con respecto a tres trabajadores.

Para realizar este análisis se tuvo que preguntar cuántos años de experiencia tiene cada trabajador; se obtuvieron las siguientes respuestas:

Trabajador 1 - 5 años de experiencia.

Trabajador 2 - No tiene experiencia.

Trabajador 3 - 8 años de experiencia.

En primer lugar, se realizó una prueba para comprobar la distribución de los datos para el tiempo de cosecha de cada uno de los trabajadores.

H ₀	Los datos tienen una distribución normal.
H ₁	Los datos no siguen una distribución normal.

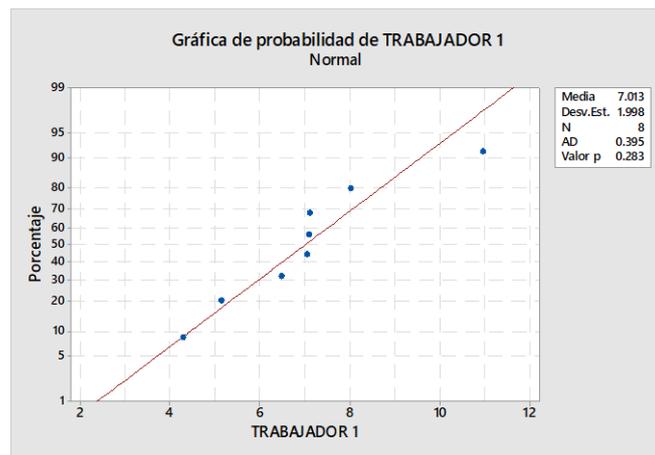


Figura 2.17. Prueba de normalidad del trabajador 1 [Fuente: Autores del Proyecto]

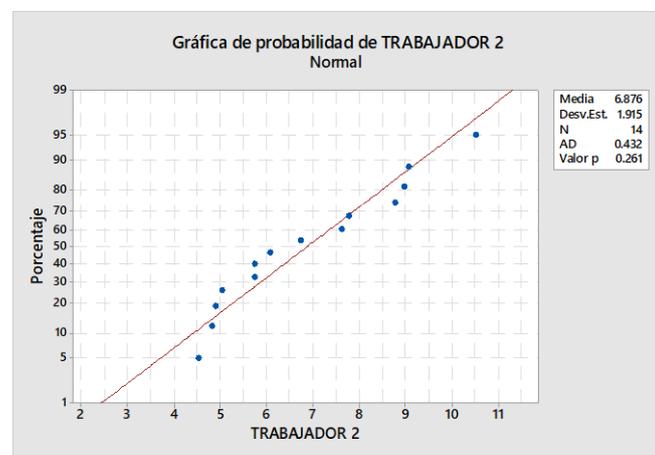


Figura 2.18. Prueba de normalidad del trabajador 2 [Fuente: Autores del Proyecto]

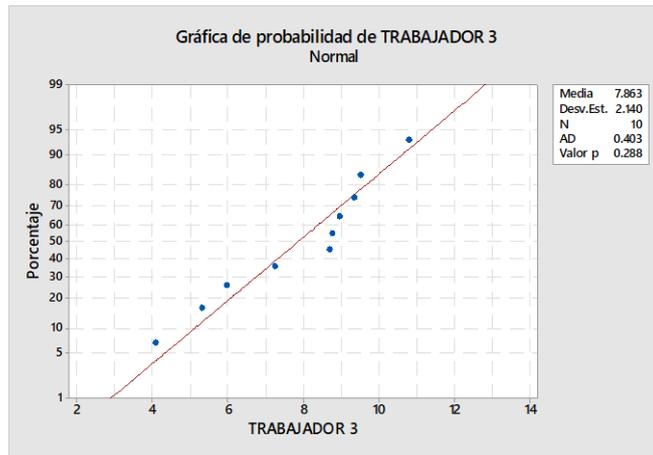


Figura 2.19. Prueba de normalidad del trabajador 3 [Fuente: Autores del Proyecto]

Como se observa en las figuras 2.17, 2.18, y 2.19 el valor p es mayor que 0.05 por lo que se puede concluir que los datos siguen una distribución normal.

Las hipótesis para ver si la experiencia de los trabajadores afecta en el tiempo de cosecha son las siguientes:

H ₀	Tiempo del trabajador1 = Tiempo del trabajador2 = Tiempo del trabajador3
H ₁	Tiempo del trabajador1 ≠ Tiempo del trabajador2 ≠ Tiempo del trabajador3

ANOVA de un solo factor: TRABAJADOR 1, TRABAJADOR ... AJADOR 3

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	TRABAJADOR 1, TRABAJADOR 2, TRABAJADOR 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	6.138	3.069	0.76	0.476
Error	29	116.820	4.028		
Total	31	122.958			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.00706	4.99%	0.00%	0.00%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
TRABAJADOR 1	8	7.013	1.998	(5.561, 8.464)
TRABAJADOR 2	14	6.876	1.915	(5.779, 7.973)
TRABAJADOR 3	10	7.863	2.140	(6.565, 9.161)

Desv.Est. agrupada = 2.00706

Gráfica de intervalos de TRABAJADOR 1, TRABAJADOR 2, ...

Figura 2.20. Prueba T para los cosechadores [Fuente: Autores del Proyecto]

Luego de comprobar la normalidad de los datos se procede a realizar una Prueba T, tal como se muestra en la figura 2.20.

Observación

Se tomó en cuenta lo siguiente para realizar la prueba:

- Misma zona.
- Misma variedad.

Como se muestra en la figura 2.20, el valor p es mayor que 0.05 por lo que se puede decir que no existe una diferencia significativa entre los trabajadores; es decir, el tiempo de cosecha no depende de la experiencia de los cosechadores.

Causa 3: Los cosechadores pierden tiempo en ir a buscar los materiales.

Para la verificación de la causa, figuras 2.21 y 2.22, se utilizó la herramienta GEMBA.



Figura 2.21. Cosechador fue a traer el material [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.22. Cosechador regresando al área de cosecha [Fuente: Autores del Proyecto]

El tiempo perdido en el proceso de recolección del material de cosecha afecta directamente a la cantidad de cajas por día por persona. El tiempo promedio que el cosechador realiza el recorrido para ver el material es de 7.01 minutos.

Causa 4: Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.

Para la verificación de la causa, se utilizó la herramienta GEMBA para la cosecha del árbol, figura 2.23 y 2.24, y para la extracción de látex, figura 2.25 y 2.26.

Cosechar del árbol



Figura 2.23. Cosechando con un palo de madera [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.24. Cosechador subido en un árbol [Fuente: Autores del Proyecto]

Extracción de látex



Figura 2.25. Sacar el látex en el suelo [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.26. Sacar el látex encima de las cajas [Fuente: Autores del Proyecto]

El utilizar diferentes métodos para la cosecha afecta directamente al tiempo de cosecha de las personas; por ende, a la cantidad de cajas que cosecha cada persona, esto debido a que existen actividades adicionales que realizan algunos de los trabajadores para su mayor comodidad.

2.2.4 5 ¿Por qué?

Las causas potenciales que fueron verificadas son las siguientes:

- El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.
- Los cosechadores pierden tiempo en ir a buscar los materiales.
- Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.

Luego de la verificación de las causas, se utiliza la herramienta del 5 Por qué para cada una de las potenciales, las cuales se muestran en la figura 2.27, 2.28 y 2.29, con el fin de obtener las causas raíz del problema.

El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.

Why-1		Why-2		Why-3		Why-4		Why-5	Acción
¿Por qué la variedad de mangos influye en la cantidad de gavetas/día/persona?	YES	¿Por qué algunas actividades se demoran más en la variedad de Ataulfo?	YES	¿Por qué el tiempo de cosecha es diferente?	YES	¿Por qué se les hace más complicado cosechar Ataulfo a las personas?	YES	¿Por qué cosechan del mango incorrectamente y se mancha el mango?	Capacitar al personal con respecto al cómo deben recolectar los mangos en el árbol.
Porque algunas actividades se demoran más en la variedad de Ataulfo.		Porque el tiempo de cosecha es diferente.		Porque se les hace más complicado cosechar Ataulfo a las personas.		Porque cosechan del árbol incorrectamente y se mancha el mango.		Porque no tienen la forma correcta de recolectar los mangos del árbol.	
		Porque el tiempo que se da para el reposo al mango para deslatarlo es diferente.		NO					
		Porque la variedad Ataulfo es más pequeña que la Tommy.	NO						

Causa Raíz

Figura 2.27. Tiempo de cosecha de mango según la variedad [Fuente: Autores del Proyecto]

Los cosechadores pierden tiempo en ir a buscar los materiales

Why-1		Why-2	Acción
¿Por qué buscar material para la cosecha afecta a la cantidad de gavetas/día/persona?	YES	¿Por qué las personas pierden tiempo en ir a buscar el material?	Establecer un lugar en el área de cosecha donde sea factible dejar el material y reducir la caminata de las personas.
Porque las personas pierden tiempo en ir a buscar el material.		Porque los canguros dejan los materiales lejos de la zona de cosecha.	

Causa Raíz

Figura 2.28. Tiempo en ir a buscar los materiales [Fuente: Autores del Proyecto]

Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.

Why-1		Why-2		Why-3		Why-4		Why-5	Acción
¿Por qué el que los cosechadores no tengan un método fijo para cosechar y sacar el látex afecta a la cantidad de gavetas/día/persona?	YES	¿Por qué cada persona utiliza diferentes implementos que tienen a la mano para cosechar más gavetas?	YES	¿Por qué quieren que sea más ergonómico cosechar?					Utilizar herramientas (según la zona) para que la cosecha de mangos sea lo más ergonómica posible.
Porque cada persona utiliza diferentes implementos que tienen a la mano para cosechar más gavetas.		Porque quieren que sea más ergonómico cosechar.		Porque no quieren sufrir caídas o dolores de espalda.					
		Porque quieren cosechar más rápido.	YES	¿Por qué quieren cosechar más rápido?		¿Por qué quieren cosechar más gavetas?		¿Por qué la hacienda les coloca una meta diaria?	Plan de cosecha según la zona.
				Porque quieren cosechar más gavetas.	YES	Porque la hacienda les coloca una meta diaria y deben cumplirla.	YES	Porque la meta diaria depende del volumen de la zona.	

Figura 2.29. Método para cosechar y sacar látex [Fuente: Autores del Proyecto]

2.2.5 Causas raíz

Finalmente, de la herramienta del 5 Por qué, se encontraron las causas raíz, tal y como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Causas raíz [Fuente: Autores del Proyecto]

Causas Potenciales	Causas Raíz
El tiempo de cosecha de mango depende de su variedad.	Los cosechadores no recolectan los mangos de la manera correcta.
Los cosechadores pierden tiempo en ir a buscar los materiales.	Los tractores dejan los materiales lejos de la zona de cosecha.
Los cosechadores no tienen un método fijo para cosechar y sacar látex.	Los cosechadores no quieren sufrir caídas o dolores de espalda.
	La meta diaria depende del volumen de la zona.

2.3 Mejora

Luego de identificadas las causas raíz del problema, se procedió con la siguiente fase de la metodología DMAIC, la etapa de mejora, la cual propone alternativas con soluciones que pueden llegar a ser implementadas, luego de utilizar herramientas, como: lluvia de soluciones, matriz esfuerzo-impacto, análisis de costos y el plan de implementación.

2.3.1 Lluvia de idea de soluciones

Se realiza la lluvia de soluciones, tabla 2.10, la cual con ayuda del personal de la hacienda se obtuvo las siguientes ideas:

Tabla 2.10. Lluvia de idea de las soluciones [Fuente: Autores del Proyecto]

CAUSAS RAÍZ	SOLUCIONES	NÚMERO DE SOLUCIÓN
Los cosechadores no recolectan los mangos de la manera correcta.	Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.	1
	Capacitar al personal.	2
Los tractores dejan los materiales lejos de la zona de cosecha.	Establecer una ruta óptima para los tractores.	3
	Establecer un lugar óptimo para dejar los materiales para la cosecha.	4
	Establecer horarios exactos para dejar los materiales.	5
Los cosechadores no quieren sufrir caídas o dolores de espalda.	Utilizar palos de aluminio con canasta y tijeras.	1
	Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex.	6
La meta diaria depende del volumen de la zona.	Realizar un plan de cosecha.	7

2.3.2 Selección de Soluciones

Luego de que se haya realizado la lluvia de soluciones, cada una con su respectiva causa raíz, se procedió a evaluarlas en una matriz esfuerzo-impacto de acuerdo al criterio del grupo que participa en este proyecto, considerando los aspectos técnicos para su implementación. La tabla 2.11 muestra las posibles soluciones a ser implementadas y la figura 2.30 la matriz esfuerzo impacto.

Tabla 2.11. Soluciones [Fuente: Autores del Proyecto]

	Soluciones
1	Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.
2	Capacitar al personal.
3	Establecer una ruta óptima para los tractores.
4	Establecer un lugar óptimo para dejar los materiales para la cosecha.
5	Establecer horarios exactos para dejar los materiales.
6	Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex.
7	Realizar un plan de cosecha.

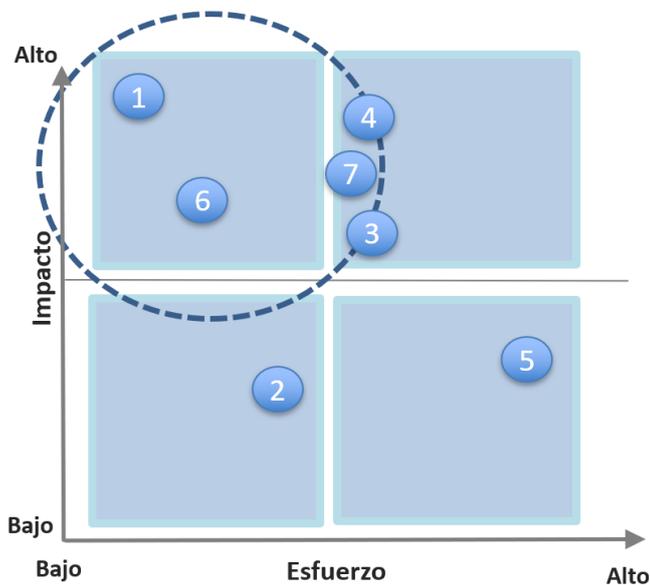


Figura 2.30. Matriz esfuerzo-impacto [Fuente: Autores del Proyecto]

Luego de realizar la matriz esfuerzo-impacto se seleccionaron cinco soluciones que tienen menor esfuerzo y un mayor impacto; las cuales son las siguientes:

- Prototipar y simular el uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.
- Establecer una ruta óptima para los tractores.
- Establecer un lugar óptimo para dejar los materiales para la cosecha.
- Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex.
- Realizar un plan de cosecha.

Luego, se realiza un análisis de costos con respecto a cada una de las soluciones, tal como se muestra en la tabla 2.12.

Tabla 2.12 Costos estimados [Fuente: Autores del Proyecto]

	Costos iniciales estimados - Soluciones						
	1	2	3	4	5	6	7
Activos	\$ 25.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5 000.00	\$ -
Fuerza Laboral	\$ 80.00	\$ 45.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ -	\$ -	\$ -
Capacitación	\$ -	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ -	\$ -	\$ -
Adicionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1 000.00	\$ -
Costo total	\$ 105.00	\$ 145.00	\$ 60.00	\$ 60.00	\$ -	\$ 6 000.00	\$ -

Se realiza una ponderación a cada una de las soluciones con el fin de seleccionar las soluciones que se implementarán, como se muestra en la tabla 2.13.

Tabla 2.13. Análisis de soluciones [Fuente: Autores del Proyecto]

Análisis Final								
Menor Costo	30%	3	2	4	5	6	1	7
Menor Esfuerzo	30%	7	5	2	3	1	6	4
Mayor Impacto	40%	7	1	3	6	2	4	5
Valor Final		5.8	2.5	3	4.8	2.9	3.7	5.3

Luego de realizado el análisis de costos, este coincidió con las soluciones elegidas en la matriz de impacto-control.

Las soluciones que serán implementadas, son las siguientes:

- Prototipar y simular el uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.
- Establecer una ruta óptima para los tractores.
- Establecer un lugar óptimo para dejar los materiales para la cosecha.
- Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex.
- Realizar un plan de cosecha.

2.3.3 Plan de implementación

Se realiza el plan de implementación, figura 2.31, para cada una de las soluciones seleccionadas anteriormente.

Causa Raiz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	Costo	¿Cuándo?	Estado
Los cosechadores no recolectan los mangos de la manera correcta.	Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras	Disminuye el tiempo de cosecha y reduce lesiones en los trabajadores	Prototipar y simular el uso de palo de madera con canasta y tijeras	Campo-Hacienda Guitran	Lider del proyecto	\$ 105.00	ene-20	Completado
Los tractores dejan los materiales lejos de la zona de cosecha.	Establecer una ruta óptima para los tractores	Porque ayuda a encontrar una ruta óptima del recorrido del transporte	Realizando un modelo matemático del transporte	Campo-Hacienda Guitran	Lider del proyecto	\$ 60.00	ene-20	Completado
	Establecer un lugar óptimo para dejar los materiales para la cosecha	Porque los trabajadores necesitan un lugar específico por zona para recoger los materiales	Realizando un modelo matemático del transporte	Campo-Hacienda Guitran	Lider del proyecto	\$ 60.00	ene-20	Completado
Los cosechadores no quieren sufrir caídas o dolores de espalda.	Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex	Para estandarizar el proceso de cosecha disminuyendo las lesiones y el tiempo de extracción de látex	Realizando pruebas para la extracción de látex en un centro de acopio	Campo-Hacienda Guitran	Lider del proyecto	\$ 6,000.00	ene-20	Completado
La meta diaria depende del volumen de la zona.	Realizar un plan de cosecha	Para saber cuanto personal contratar por zona de cosecha	Realizando un excel con respecto al volumen de cada zona	Hacienda Guitran	Lider del proyecto	-	ene-20	Completado

Figura 2.31. Plan de implementación [Fuente: Autores del Proyecto]

2.3.4 Descripción de las soluciones

A continuación, se detalla las soluciones que fueron implementadas en el proyecto:

Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.

Prototipar el instrumento que se utilizará en la cosecha con la ayuda de inventor; se realizará una simulación estimando el tiempo que se va a ahorrar en coger los mangos del árbol. Los tiempos que no serán necesarios con la utilización de esta herramienta, son: Acomodar gaveta en el árbol, subirse al árbol y bajarse del árbol. Además, se estima que se reduce el tiempo de buscar el mango en el árbol ya que con el uso de esta herramienta es más visible el proceso.

A continuación, se detalla las entradas, soportes y salidas de la solución:

Entradas

- Tiempo de las diferentes actividades.
- Materia prima.
- Cantidad de personas contratadas.

Restricción

- Diferencia diaria de jornaleros.

Salidas

- Tiempo de cosecha.
- Cantidad de cajas por día cosechadas.

Establecer una ruta óptima para los tractores y un lugar óptimo para dejar los materiales de cosecha

Se realiza un modelo matemático en R, el cual mostrará para cada zona la ruta óptima que el camión deberá recorrer para dejar el material de cosecha. La distancia recorrida va a disminuir, por lo tanto, disminuye el tiempo de cosecha y aumenta la cantidad de cajas por día que puede cosechar una persona. Las entradas y salidas para esta solución son las siguientes:

Entradas

- Recorrido actual del tractor.
- Distancia en metros.

Restricciones

- Cantidad de zonas de cosecha.

Salidas

- Recorrido óptimo para dejar el material.
- Distancia recorrida en metros.

Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex

Se realizará una prueba para la extracción de látex, disminuyendo el tiempo de extracción con la implementación de diferentes pruebas. Estas pruebas se las realizará en el centro de acopio piloto, ya que ayuda a que el proceso se vuelva estandarizado y disminuyan las lesiones de los trabajadores. Las entradas y salidas para esta solución son las siguientes:

Entradas

- Materia prima.
- Cajas cosechadas del árbol.

Restricciones

- Impacto ambiental.

Salidas

- Diseño óptimo para la extracción de látex.

Realizar un plan de cosecha

Encontrar la cantidad de trabajadores necesarios para contratar por zona basándose en el volumen de cada una. Con la ayuda de Excel se obtendrá esta información y un aproximado de cajas que pueden ser cosechadas en cada una de las zonas.

Entradas

- Volumen de cada zona.
- Duración de las actividades.

Salidas

- Cantidad de personal requerido.

2.4 Implementación

2.4.1 Consideraciones generales.

Como se mencionó anteriormente, el presente proyecto se enfocó en: el transporte interno en la hacienda, la extracción de látex y la cosecha manual de mangos en el árbol. La restricción en la fase de implementación de las soluciones fue principalmente la duración de cosecha.

2.4.2 Uso de palos de aluminio con canasta y tijeras.

Con respecto a esta solución, se redujo el tiempo de cosecha y a su vez se aumentó la cantidad de cajas/ día / persona que fue la variable de respuesta en el proyecto. Se simuló en Flexsim, para ello se estimó el tiempo de las actividades, esta estimación se la realizó eliminando actividades como subirse al árbol, bajarse del árbol y acomodar gaveta en el árbol. Además, con esta herramienta se tiene que el tiempo de buscar el mango se reduce en un 30%, esto debido a que con el instrumento se tiene una mayor visualización en donde recolectar mangos. La simulación de este instrumento se la realizó junto a las otras soluciones y el prototipo del instrumento se muestra en la figura 2.32:

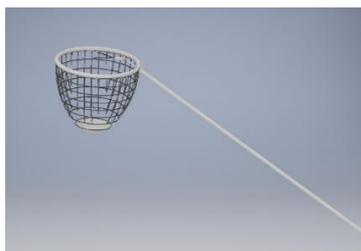


Figura 2.32. Prototipo [Fuente: Autores del Proyecto]

El instrumento tiene una canasta que se puede recolectar hasta 5 mangos a la vez y no se hará pesado para el trabajador. Además, en la parte inferior tendrá un botón, que al presionarlo automáticamente corta el pedúnculo del mango.

2.4.3 Establecer una ruta óptima para los tractores y un lugar óptimo para dejar los materiales de cosecha.

Con respecto a esta simulación, se realizó una sola prueba, debido a que en un día se pudo observar todo el recorrido del tractor en una de las zonas; además, se tomó el tiempo que tardaba hasta dejar el material y se observó el lugar exacto donde lo dejaba. Con respecto a esa zona, se elaboró un modelo matemático en R, el cual estableció la ruta óptima que debía seguir el tractor en base al acceso que este puede tener en el campo (ver apéndice a).

Las zonas seleccionadas para el análisis son las que se muestran a continuación en la figura 2.33:

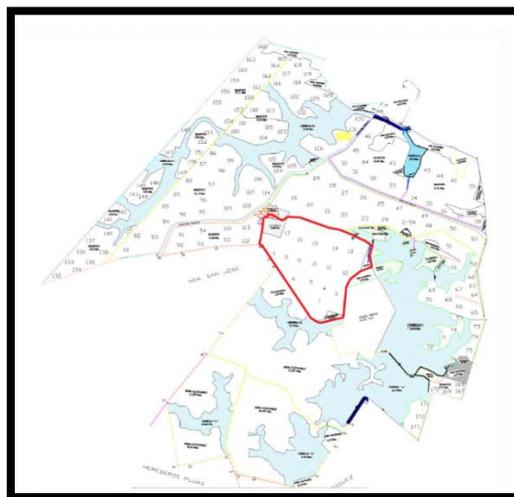
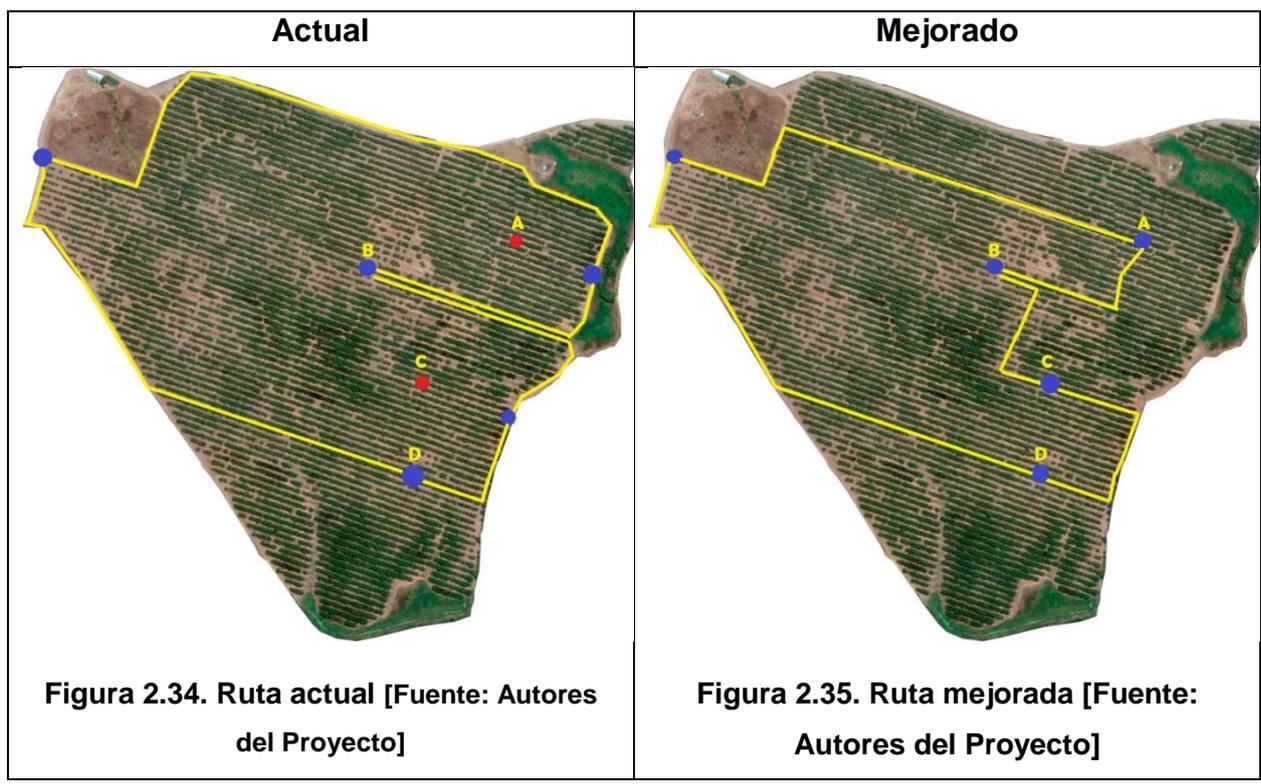


Figura 2.33. Zonas seleccionadas [Fuente: Autores del Proyecto]

El recorrido óptimo que mostró el programa, figura 2.35, fue comparado con la situación inicial de la cosecha, figura 2.34, y quedó de la siguiente manera.



Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

Actual	Mejorado
<p>Total distancia recorrida = 2 586.88 m. Tiempo total = 17.34 min.</p>	<p>Distancia Total recorrida = 2 198.7 m. Tiempo total = 15.79 min.</p>

Como se observa en los resultados, ocurre una reducción del tiempo, lo que es beneficioso para la hacienda.

2.4.4 Diseño de un centro de acopio para la extracción de látex

Para esta solución, se utilizó una diferente manera para extraer el látex del mango. La prueba consistió en sumergir una gaveta de mangos a diferentes concentraciones de detergente y a un volumen fijo de 420 litros de agua. Se empezó aplicando un DOE, sin embargo, por afección de la calidad del producto, se fueron descartando opciones terminando en un experimento de prueba y error, las figuras 2.36, 2.37 y 2.38 muestran el desarrollo del diseño de experimento. A continuación, se detalla las variables que fueron tomadas en cuenta:

Concentración: 0.15%, 0.30% y 0.45%.

Tipo de detergente: Deja, Sapolio y Lava.

Variedad de mango: Ataulfo y Tommy.

Tiempo de reacción: En un principio fue de 10, 20 y 30 min para Tommy; 15, 30 y 45 min para Ataulfo, esto fue variando en la prueba.



Figura 2.37. Prueba de látex [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.38. Señalización [Fuente: Autores del Proyecto]



Figura 2.36. Medición del PH [Fuente: Autores del Proyecto]

La variable de respuesta para esta prueba fue con cuál combinación no existía quemadura de látex. Para algunos casos, la quemadura del látex se provocó en el campo, por ende se iban descartando esas combinaciones. Luego de tener las cajas, se las transportó a la empresa exportadora donde pasó por el tratamiento algunos días. Una vez concluido el proceso, se verificó la quemadura de látex y se obtuvo resultados positivos preliminarmente.

El resultado más positivo fue con detergente Deja a 10 minutos para Tommy y 15 minutos para Ataulfo con una concentración de 0.15%.

Centros de acopio

Para encontrar el número necesario de centros de acopio y la ubicación de cada uno de ellos, se utilizó clústeres en R (ver apéndice b). El resultado se muestra en la figura 2.39:

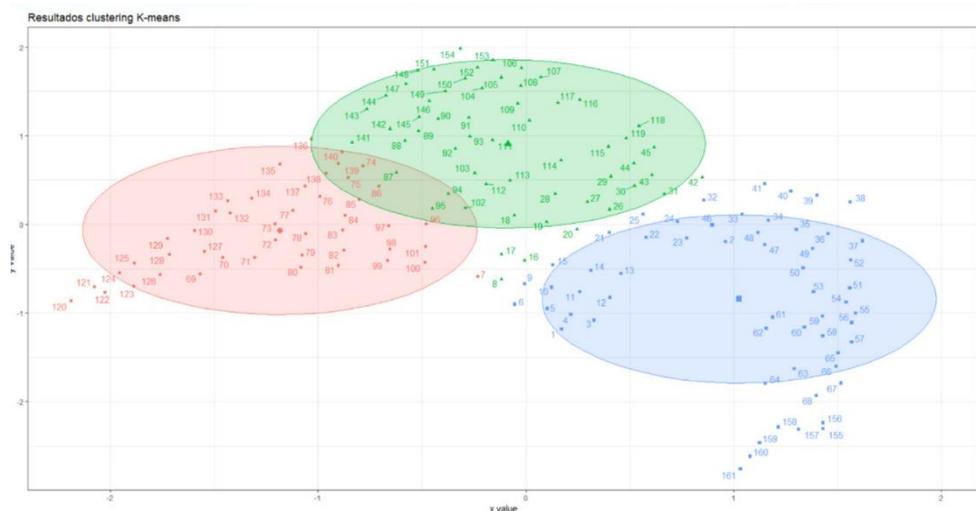


Figura 2.39. Ubicación de los centros de acopio [Fuente: Autores del Proyecto]

En la hacienda, las ubicaciones de los centros de acopio fueron colocadas en el mapa, figura 2.40, a continuación se muestra la ubicación de cada uno:

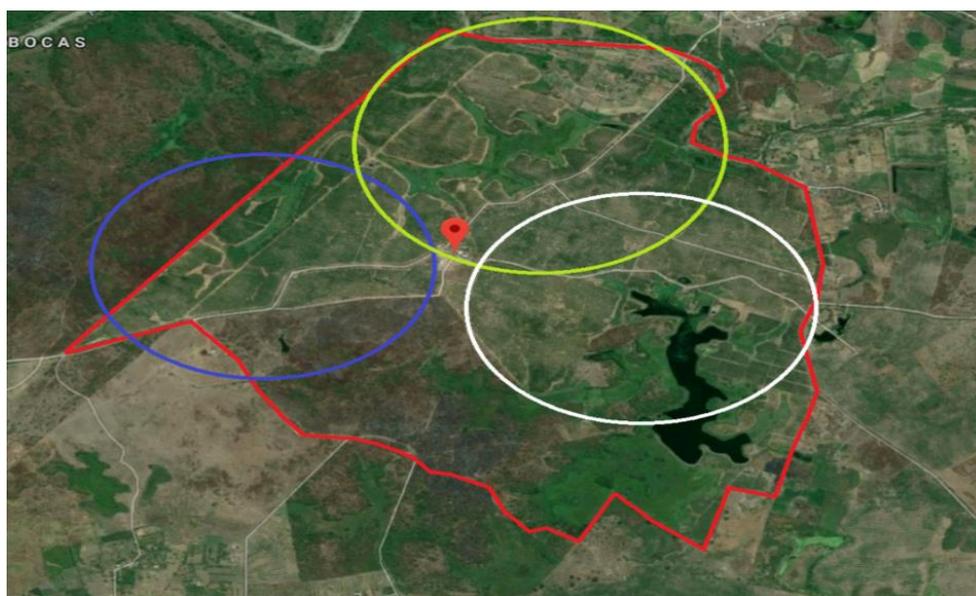


Figura 2.40. Ubicación de los centros de acopio [Fuente: Autores del Proyecto]

Además, se realizó la simulación de la situación actual de la hacienda, figura 2.41, y se obtuvo lo siguiente:

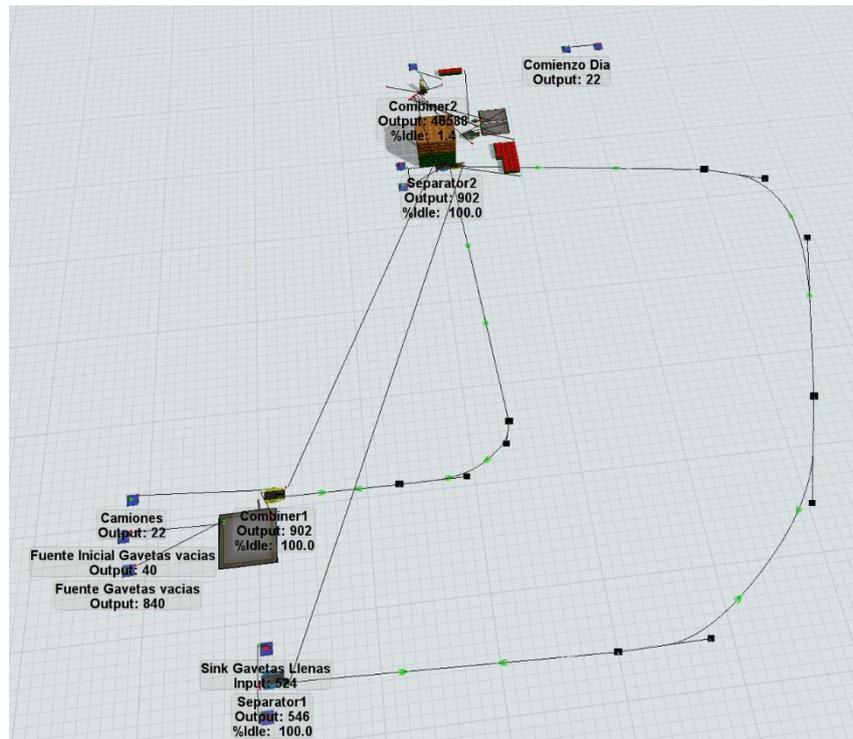


Figura 2.41. Simulación actual [Fuente: Autores del Proyecto]

Tabla 2.14. Cantidad de cajas por día por persona [Fuente: Autores del Proyecto]

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de cajas	14	18	37	16	34	18	31	18	27	24
Día	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Número de cajas	27	14	26	33	25	14	25	27	25	28
Día	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Número de cajas	28	15	37	14	27	20	18	29	29	17

De los datos obtenidos en la tabla 2.14, se puede obtener una media de la simulación actual de 23.8 cajas por día por persona; estos resultados fueron comparados con los datos reales para verificar si existía diferencia significativa entre ellos.

Método

μ_1 : media de Cosecha Real
 μ_2 : media de Cosecha Simulada
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Cosecha Real	17	24.50	3.94	0.96
Cosecha Simulada	30	23.90	6.98	1.3

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0.60	(-2.61; 3.81)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	SL	Valor p
0.38	0.4	0.709

Figura 2.42. Prueba T [Fuente: Autores del Proyecto]

Como el valor p es mayor que 0.05, se puede decir que no existe diferencia significativa entre los datos reales y los simulados.

Luego, se procedió a realizar la simulación mejorada, figura 2.43, con todas las soluciones que se plantearon anteriormente, quedó de la siguiente manera:

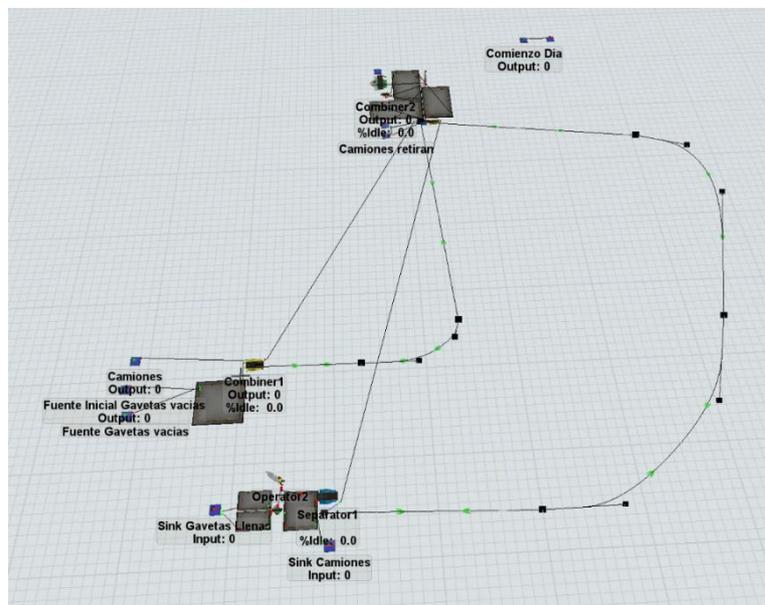


Figura 2.43. Simulación mejorada [Fuente: Autores del Proyecto]

Tabla 2.15 Cantidad de cajas por día por persona [Fuente: Autores del Proyecto]

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de cajas	51	21	54	48	40	15	43	37	45	34
Día	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Número de cajas	41	25	40	40	40	40	46	34	33	47
Día	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Número de cajas	30	50	40	40	26	54	40	31	49	15

Con los datos obtenidos en la simulación, tabla 2.15, se obtiene una media de 38.3 cajas por día por persona, lo que representa un 56.3% de aumento en la variable de respuesta y este resultado supera al objetivo planteado anteriormente.

Piscinas de centro de acopio.

Para la justificación del tamaño y el número de piscinas en los centros de acopio se tomó la siguiente información:

- El tamaño de una gaveta se comprende de la siguiente manera:
 - Largo: 60cm.
 - Ancho: 40cm.
 - Alto: 25cm.
- Tiempo en quitar pedúnculo a mango Tommy: 2.21 minutos por gaveta.
- Tiempo de extracción de látex, para Tommy, en piscina: 20 minutos por gaveta.
- Tiempo en retirar la gaveta de la piscina y colocarlo en el lugar deseado (tiempo estimado): 0.5 minutos por gaveta.

Se toma el mango Tommy porque es el que generó más gavetas obtenidas en un día (1 314 gavetas) y porque es la variedad que más se cosecha en Guitran.

Se propone 3 piscinas, por centro de acopio, de las siguientes características:

- Largo: 2.50m.
- Ancho: 1.00m.
- Alto: 1.00m.

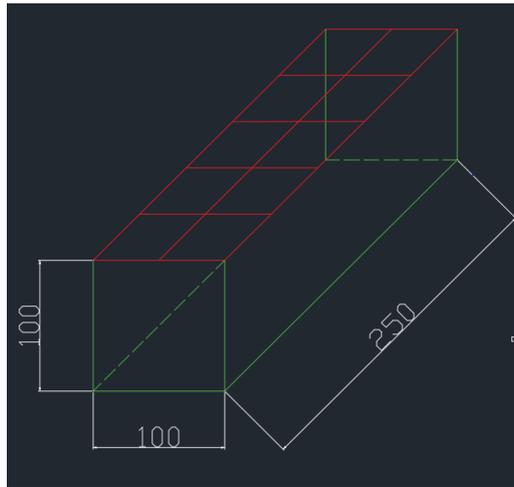


Figura 2.44 Dimensiones de la piscina [Fuente: Autores del Proyecto]

En cada piscina, figura 2.44, entran hasta treinta gavetas. Se podrán colocar tres gavetas en la altura, cinco gavetas de largo y dos gavetas de ancho.

ELECCIÓN DE TRES PISCINAS.

Dado que el mayor flujo de gavetas se presentó el cinco de diciembre con 1314 gavetas, se estimaron los siguientes valores.

- En cada piscina trabajaran cinco personas, las cuales se deberán encargar de poner seis gavetas cada uno.
- Tiempo de poner gavetas en piscina:

$$\left(2.21 \left(\frac{\text{minutos}}{\text{gaveta}} \right) \times 6 (\text{gavetas}) \right) = 13.26 \text{ minutos}$$

- Tiempo en retirar gavetas de piscina:

$$\left(0.5 \left(\frac{\text{minutos}}{\text{gaveta}} \right) \times 6 (\text{gavetas}) \right) = 6 \text{ minutos}$$

Con la creación de 2 piscinas, las personas encargadas de este proceso lo hacen de forma continua, lo que elimina tiempos muertos de los trabajadores, siendo más productivos en el centro de acopio.

A continuación, en la figura 2.45, se detalla el diagrama de flujo del proceso:

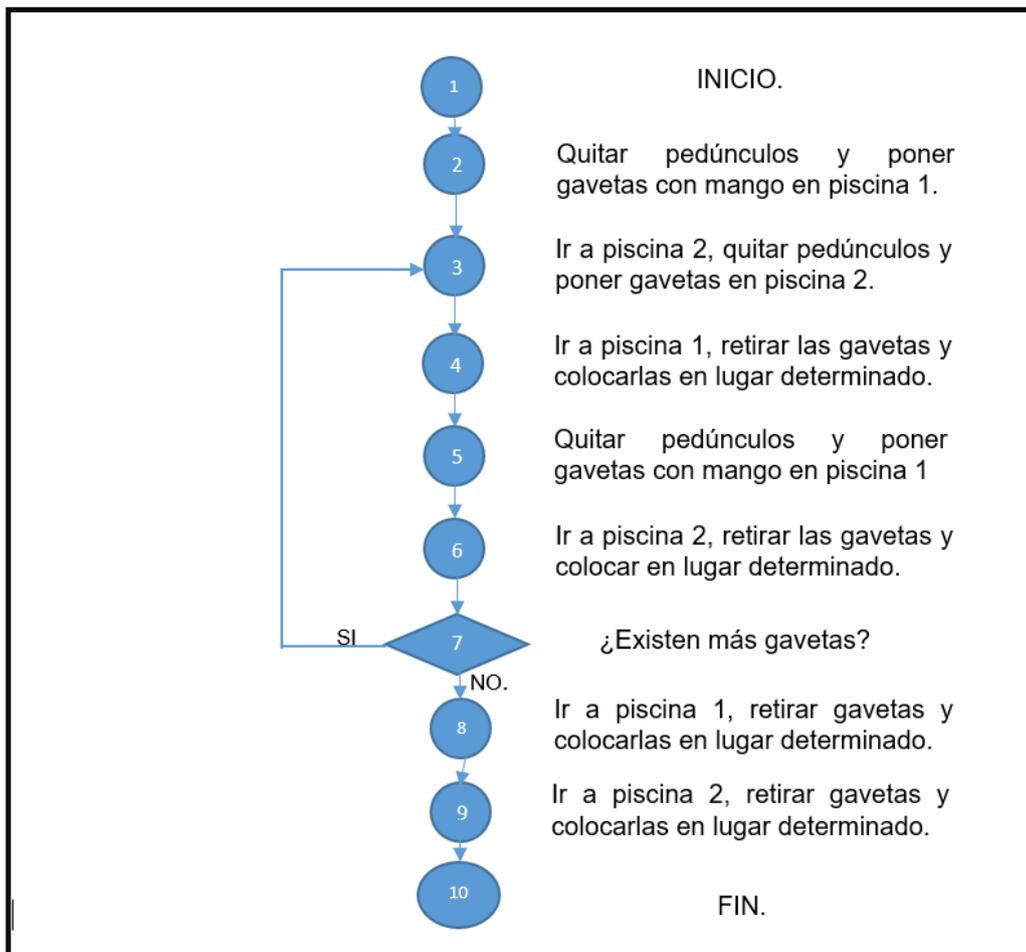


Figura 2.45 Proceso de colocación de gavetas en piscina [Fuente: Autores del Proyecto]

Con este proceso, en 2 piscinas, se espera que cada 20 minutos salgan 30 gavetas de mango, por lo que en una hora serian 90 gavetas y si se hace el tratamiento en dos piscinas, entonces se espera 180 gavetas por hora. Si la jornada laboral se define de 8 horas, entonces se espera poder tener 1440 gavetas en un día de cosecha, por lo que no existiría riesgos en temporada de alta cosecha, pero con la implementación del nuevo proyecto se espera mayor cantidad de gavetas, lo que quiere decir que se esperaría usar la piscina 3 en caso de alta cosecha de mango.

2.4.5 Plan de cosecha

Se realizó un plan de cosecha con el método que trabaja actualmente la hacienda, esta plataforma de Excel da como resultado la cantidad de personal requerido por cada zona con respecto a su volumen.

zona	Variedad	número de árboles a ser contados	Promedio de mangos por árboles	Volumen	numero de gavetas aproximada en zona	personal requerido para esta actividad
	#N/D	#N/D		#N/D	#N/D	#N/D

Figura 2.46. Plantilla de Excel [Fuente: Autores del Proyecto]

En la figura 2.46 se coloca el número de zona y el promedio de mangos que existe por árbol en esa zona.

zona	Variedad	número de árboles a ser contados	Promedio de mangos por árboles	Volumen	numero de gavetas aproximada en zona	personal requerido para esta actividad
2	tommy	40	90	Medio	814	30

Figura 2.47. Resultados del plan de cosecha [Fuente: Autores del Proyecto]

En la figura 2.47 se obtienen los resultados en Excel.

2.5 Control

Para poder controlar las soluciones que fueron planteadas, se procedió a realizar un plan de control, tabla 2.16, esto debido a que las personas no siempre cumplen de la manera correcta la ejecución.

Tabla 2.16 Plan de control [Fuente: Autores del Proyecto]

PLAN DE CONTROL					
Indicador	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?
Uso de palos de aluminio.	- El no uso de éstos, genera pérdida de tiempo. - Cambio de malla.	Estableciendo que el personal vigente verifique su uso.	Hacienda	Supervisores de zona	Diariamente
Nivel de pH en la piscina.	No verificar el nivel de pH en la piscina generaría contaminación en los mangos.	Teniendo indicadores de pH en la piscina.	Centro de acopio de la Hacienda	Supervisor de Centro de acopio	Diariamente
Concentración de detergente.	La concentración de detergente afecta en el mango y en margen de ganancia.	Calibrando balanzas diariamente haciendo controles aleatorios.	Centro de acopio de la Hacienda	Supervisor de Centro de acopio	Diariamente
Tiempo de mango en piscina.	El tiempo de permanencia del mango en la piscina influye en la calidad.	Controlando con reloj el tiempo que esté en la piscina.	Centro de acopio de la Hacienda	Supervisor de Centro de acopio	Diariamente
Distancia recorrida por tractor.	Si el conductor sigue la ruta establecida incrementa el número de gavetas.	Monitoreo de tractor por GPS.	Hacienda	Supervisor de transporte	Diariamente
Elección de ruta.	Al elegir la ruta óptima se reduce el costo de mantenimiento.	Verificaciones de ruta.	Hacienda	Supervisor de transporte	Diariamente
Cantidad de materiales requeridos.	Si no tienen los materiales necesarios no se puede hacer la cosecha.	Monitoreo de zonas de cosecha y evaluando niveles de inventario en materiales.	Hacienda	Supervisor de zona	Diariamente

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para calcular el éxito del proyecto, se procede a calcular los beneficios esperados con respecto a la simulación.

Los datos históricos representaban un promedio de 24.5 cajas por día por persona, y con la simulación de las soluciones una cantidad promedio de 38.3 cajas por día por persona; es decir, la variable de respuesta aumentó en un 56.3%, esto se presenta en la figura 3.1.

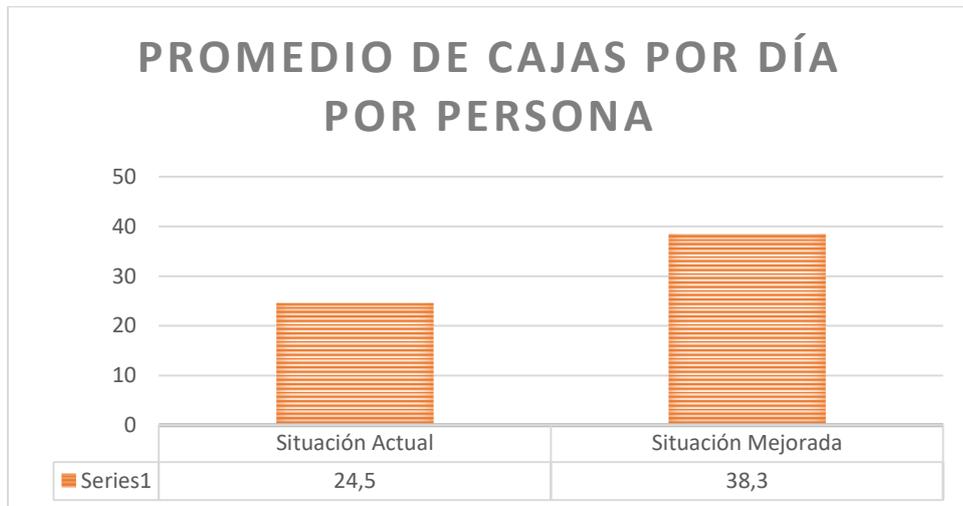


Figura 3.1. Situación actual vs mejorada [Fuente: Autores del Proyecto]

Por cada caja cosechada existe un aumento de \$1.00 aproximadamente por la compra de materiales. Es decir, lo que queda una utilidad de \$4.25 por caja, \$1.00 menos de lo que antes se ganaba. Existe un aproximado de 100 trabajadores por día, esto representa que de 24 500 cajas que se realizaban diariamente ahora se realizarán 38 300 cajas. Con respecto a esta información se estimó un aumento de \$3 415 por día en las ganancias de la hacienda.

Con respecto a los costos asociados al transporte, se estima que se ahorra \$148.97 por cada 150 horas de trabajo del tractor.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con las pruebas realizadas y con la ayuda de la simulación fue posible observar el aumento de 24.5 cajas por día por persona a 38.3 cajas por día por persona, excediendo las expectativas del objetivo del proyecto.
- El nuevo método produce un aumento de \$3 415 diarios.
- Las barras de aluminio reducen las lesiones en los trabajadores.
- Tener un plan de ruta adecuado, reduce la distancia recorrida por tractores y trabajadores para recoger los materiales.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se realice un proyecto específico para la extracción de látex, seguir realizando pruebas para que el mango no sufra quemaduras por el poco tiempo en el escurrimiento.
- Realizar un recorrido a pie alrededor de la hacienda para tener más conocimiento de las áreas a las que se puede acceder o no con el tractor.
- Verificar que el peso de las barras de aluminio sea el adecuado, para que los trabajadores realicen sus actividades con normalidad.
- Realizar señalización de cajas para que los trabajadores tengan más conocimiento de hasta dónde pueden llenar.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja Sánchez, L. (2 de Febrero de 2016). Obtenido de Word Press:
<https://lahuja.wordpress.com/que-es-gemba/>
- Antonelli, D., & Stadnicka, D. (2018). Obtenido de Science Direct:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827117311137?token=4DE06059329AE2616F9037A778FD576DD1B407AE73D212C5A7B715EE91871DF37482957C4AD967E89F1A1653634A8E9A>
- Grotz, S. (28 de Diciembre de 2016). *Creativa Consiting*. Obtenido de
<https://creativaconsulting.com.ar/la-voz-del-cliente-y-lean-six-sigma/>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Ciudad de Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Minetto Napoleao, B. (12 de Febrero de 2019). *Blog De Calidad*. Obtenido de
<https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>
- Montgomery, D. C. (2001). *Design and analysis of Experiments*. United States: Hamilton Printing Company.
- News, A. R. (2016). *First Katherine mangoes picked and packed at Manbulloo as Northern Territory harvest expands: The first mangoes of the Katherine season have been picked and packed at the Manbulloo farm, where workers will be harvesting over the next eight weeks*. Sydney.
- PARAGUAY MANGOS (Crónica). (2017). *EFE News Service*.
- Srinivasan, k., Muthu, s., Prasad, N., & Satheesh, G. (2014). Obtenido de Science Direct:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705814033955?token=F53FBAA31E1F321D3F7F45DF812DAAD0B25654F09009CC6A61CF33924199FC69C88E8397314786894770A32578D428E1>
- Tenera, A., & Carneiro Pinto, L. (2014). *Science Direct*. Obtenido de
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042814021934?token=722B8930B3496484993B3C2ED0A9661098830117C95A6228C462E27E6949BDAB8060CD08ADE800EFBC32498DA15F5410>

Tom, V. (2017). *Mango Harvest down*. Mareeba.

Zurita Herrera, G. (2010). *Probabilidad y Estadística*. Guayaquil.

Zurita Herrera, G. (s.f.). *p*.

APÉNDICE

Apéndice A

Código en RStudio para identificar el ruteo del transporte

```
data=read.csv("C:/Users/up/Downloads/hacienda/distancia entre nodos.csv",sep=";")
data

install.packages("igraph")
library("igraph")

g <- graph.data.frame(data, directed = FALSE)

E(g)$var3 = data$DIST

class(g) # Clase del objeto
V(g)$name # Nombres de los vértices
E(g)$DIST # Peso de las aristas
tkplot(g) # Gráfico dinámico
plot(g, edge.label = paste(E(g)$DIST, sep = "")) # Gráfico de abajo

sp <- shortest.paths(g, v = "46", to = "72")
sp[] # Distancia
gsp <- get.shortest.paths(g, from = "46", to = "72")
V(g)[[gsp$vpath[[1]]]]
```

Apéndice B

Código en RStudio para identificar el número y colocación de centros de acopio

```
library(data.table)
library(readxl)
library(tidyverse)
datos<-as.data.table(read.csv("C:/Users/up/Downloads/hacienda/coordenadas y volumen para r.csv",header = T,sep=';',dec = ','))
head(datos)
str(datos)
datos$variedad<-as.character(datos$variedad)
attach(datos)
distancia<-dist(x = datos[,2:3],method = 'euclidean')
head(distancia)
cluster1<-kmeans(datos[,2:3],centers = 3)
datos <- datos %>% mutate(cluster = cluster1$cluster)
datos <- datos %>% mutate(cluster = as.factor(cluster))
ggplot(data = datos, aes(x = x, y = y, color = cluster)) +
  geom_text(aes(label = cluster), size = 5) +
  theme_bw() +
  theme(legend.position = "none")
library(factoextra)
fviz_nbclust(x = datos[,2:3], FUNcluster = kmeans, method = "wss", k.max = 15,
  diss = get_dist(datos[,2:3], method = "euclidean"), nstart = 50)
set.seed(123)
km_clusters <- kmeans(x = datos[,2:3], centers = 3, nstart = 50)
fviz_cluster(object = km_clusters, data = datos[,2:3], show.clust.cent = TRUE,
  ellipse.type = "euclid", star.plot = F, repel = TRUE) +
  labs(title = "Resultados clustering K-means") +
  theme_bw() +
  theme(legend.position = "zona")
# Grafico con formas
fviz_cluster(object = km_clusters,data=datos[,2:3], ellipse.type = "t", geom = "point",
  pointsize = 2.5) +
  theme_bw() +
  labs(title = "Resultados clustering K-means") +
  theme(legend.position = "none")
View(datos)
```