

**Identificación de Alternativas Para La Reducción de Costos en el Proceso de  
Transporte de Caña Manual en un Ingenio del Valle del Cauca**

**Diego Alejandro Pérez  
May Andrés Duque**

**Facultad de Ingeniería, Universidad Antonio Nariño  
Ingeniería Industrial  
Roldanillo, 2023**

**Identificación de alternativas para la reducción de costos en el proceso de transporte de caña manual en un ingenio del valle del cauca**

Diego Alejandro Pérez y May Andrés Duque

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero industrial

Director:  
Fernando Betancourth

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Industrial  
Roldanillo  
2023

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del director  
Nombre del director

---

Firma del jurado 1  
Nombre del jurado

---

Firma del jurado  
Nombre del Jurado 2

## AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto fue realizado pese a las dificultades que muchas personas tienen para distribuir su tiempo entre el trabajo y la formación académica, sin el aporte de las siguientes personas y entidades no hubiera sido posible su realización.

En primer lugar, gracias a **mi familia** por el apoyo moral y ánimo incansable a mis nuevos proyectos. A la empresa, por permitirme extraer y analizar información real, por permitirme ejecutar cambios en procesos para ejecutar el proyecto y aportar de gran manera a mi formación académica y laboral.

Agradecimientos al ingeniero **Hernando Cardona** por guiar el proyecto de acuerdo a su amplia experiencia y su visión del área, por sus consejos personales para ser mejor profesional, a los jefes **Gregorio López y Julián Bolívar** por compartir gran parte de sus conocimientos en las operaciones de aprovisionamiento de caña para el ingenio y por retroalimentarme con sus experiencias profesionales además de también ser parte de las personas que me han formado laboralmente hasta el día de hoy.

Agradecimientos a mi director y profesor **Fernando** por su apoyo y dirección en la metodología de investigación para ejecutar y plasmar el presente proyecto.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a mis compañeros de trabajo Juan Montaña, Juan Torres, Diana Molina, Alvaro Vanegas, Andres Castiblanco y Harold Valencia ya que fueron las persona que por medio de sus labores me ayudaron animicamente y laboralmente para poder asistir a la universidad, gracias por su compromiso, responsabilidad, compañerismo y nobleza que los caracterizan, un fuerte abrazo.

## 1. Resumen

IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA MANUAL EN UN INGENIO DEL VALLE DEL CAUCA es un proyecto que nace de la necesidad de un ingenio por reducir sus costos operativos para finalmente lograr mayores utilidades. Este hace parte de un abanico de proyectos definidos por la gerencia de la empresa en conjunto con el área de gestión con ingenio (área de mejoramiento) y con la ayuda de los dueños de los diferentes procesos. En el proceso de transporte para la cosecha manual del ingenio se buscó aplicar herramientas de la metodología DMAIC, definiendo sus objetivos de acuerdo con cada etapa de esta para finalmente lograr el ahorro. En primer lugar, se buscó definir la meta del peso promedio por vagón, allí se revisaron las opciones que propone la metodología con el apoyo de la gerencia y así definir una meta alcanzable pero retadora.

En segundo lugar, se midió como se comportaba el indicador de costos para el transporte manual de acuerdo con lo que iba ejecutado del año 2023 y los históricos del 2022, en esta fase se mapearon los costos de transporte en un árbol donde se identificaron los rubros que afectan directamente y así lograr entender de forma detallada su comportamiento e identificar posteriormente el foco que podía ayudar a lograr la meta definida. De dicha medición nació el primer indicio de trabajar sobre los costos del uso de las tractomulas por tonelada de caña transportada principalmente.

En tercer lugar, ya teniendo un análisis de costos en el paso anterior se procede a realizar un análisis estadístico más descriptivo de los indicadores que impactan, por medio de diagramas de pareto, análisis de causas, hasta llegar al detalle de análisis más profundos

como el de variación y capacidad estadística del indicador de mayor impacto sobre el costo del transporte manual (Ton/Vagón). En este punto se demostró la capacidad del proceso para cumplir con los objetivos propuestos por la empresa en cuanto a control del indicador.

Finalmente, después de contar con todos los análisis se procedió a construir el plan de acción que se ejecutó para lograr los resultados esperados utilizando herramientas como el análisis de (Ishikawa), los 5 porqués para encontrar las causas raíz para trabajar sobre ellas y finalmente montar el plan de acción ejecutable en el mismo año para así lograr los resultados.

En este proyecto participaron además del suscrito, el jefe de cosecha, el director de cosecha y maduración, analistas de gestión con ingenio, formadores internos de operación y operarios que aportaron en el direccionamiento y construcción de varios pasos para finalmente presentarle al Gerente de Operaciones los resultados, quien después de la sustentación quedó satisfecho y pidió mantener varios procesos para no perder la continuidad de las mejoras.

## 2 Glosario

**Caña de azúcar:**

Planta gramínea, originaria de la India, con el tallo leñoso, de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas, y flores purpúreas en panoja piramidal, cuyo tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce, del que se extrae azúcar.

(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

**Ingenio azucarero:**

Conjunto de aparatos para moler la caña y obtener el azúcar, también se les dice así a las fábricas dedicadas a la producción y comercialización de azúcar y sus derivados.

(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

**Cosecha:**

Producto que se obtiene de los frutos de una **cosecha** mediante el tratamiento adecuado. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA). Para el ingenio la Cosecha es el área encargada de las operaciones de corte, alce y transporte de la caña para disponerla a la fábrica. El termino también se utiliza para hacer referencia a la operación como tal.

**Cortero:**

Dicho de una persona: Que corta la caña de azúcar.

(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

**Alzadora de caña:**

También conocida como cargadora de caña, es una maquina enllantada que por medio de gatos hidráulicos mueve un brazo mecánico que recoge la caña cortada por los corteros de caña y la carga en los vagones de transporte.

**Productividad:**

Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra,

materiales, energía, etc.

(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

**Eficiencia:**

Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

**Proveedor de caña:**

Hace referencia a los dueños de cultivos de caña que llegan a acuerdos comerciales con un ingenio azucarero por medio de un contrato para la venta de la caña sembrada en sus terrenos.

**Arrastre:**

En los ingenios hace referencia a la operación de los tractores mediante la cual arrastran vagones cañeros, ya sean de autovolteo o de tiro directo para cargar la caña que les deposita una alzadora o cosechadora.

**Autovolteo:**

Vagones para cargar caña con gatos hidráulicos para la elevación y giro del mismo, permitiendo el vaciado de la caña en vagones de transporte más grandes.

**Tiro directo:**

Hace referencia a la operación de cargar caña con vagones de transporte dentro de la suerte halados por un tractor.

**Suerte:**

Lote o terreno sembrado con caña de azúcar.

**Poe:**

Procedimiento operativo estándar, que nos permite que una labor se desarrolle de una forma ya identificada después de hacer un proceso y validar que es indicada para ser más eficientes y obtener mejores resultados.

**TCH:**

Indicador que traduce en un lote con área determinada el equivalente de Toneladas de caña por cada hectárea sembrada.

**Molienda:**

Indicador del ingenio para las toneladas de caña molidas cada hora por la fábrica.

**Planillas de maquinaria:**

Son los formatos estandarizados donde se diligencia la información de las actividades de cada máquina del ingenio por horas y minutos y así poder controlar los costos y realizar análisis de utilización y disponibilidad de maquinaria. Estas planillas se vuelven obsoletas cuando la información se digitaliza.

**Sección:**

Hace referencia a un grupo o módulo de máquinas y personal ubicado estratégicamente responsables de cosechar caña con la calidad, cantidad y oportunidad requerida por la fábrica. Riopaila Castilla cuenta con 2 secciones de cosecha manual y 6 secciones de cosecha mecanizada.

### 3 Abstract

"IDENTIFICATION OF ALTERNATIVES FOR COST REDUCTION IN THE MANUAL CANE TRANSPORTATION PROCESS AT A SUGAR MILL IN VALLE DEL CAUCA" is a project that arises from the need of a sugar mill to reduce its operating costs and ultimately achieve higher profits. This is part of a range of projects defined by the company's management in conjunction with the management area (improvement area) and with the help of the owners of the different processes. In the transportation process for the manual cane harvest at the sugar mill, it was aimed to apply tools from the DMAIC methodology, defining its objectives according to each stage to ultimately achieve the savings. Firstly, the goal of average weight per wagon was sought to be defined. The options proposed by the methodology were reviewed with the support of management to set an achievable but challenging goal.

Secondly, the behavior of the cost indicator for manual transportation was measured based on what was executed in 2023 and historical data from 2022. In this phase, transportation costs were mapped in a tree diagram to identify the items that directly affect and thus achieve a detailed understanding of the behavior and identify the focus that could help achieve the defined goal. The first indication to work on the costs of using tractor trailers per ton of cane transported primarily came from this measurement.

Thirdly, after having a cost analysis in the previous step, a more descriptive statistical analysis of the impacting indicators was carried out through Pareto diagrams, cause analysis, until reaching the details of deeper analyses such as variation and statistical capacity of the indicator with the greatest impact on the cost of manual transportation (Ton/Wagon). At this point, the process's ability to meet the objectives proposed by the company in terms of indicator control was demonstrated.

Finally, after having all the analyses, the action plan was constructed and executed to

achieve the expected results using tools such as the Ishikawa analysis, the 5 Whys to find the root causes to work on them, and finally assemble the actionable plan within the same year to achieve the results.

In this project, in addition to the undersigned, the harvest manager, the harvest and ripening director, management analysts, internal operation trainers, and operators participated, contributing to the direction and construction of various steps of the project. The results were presented to the Operations Manager, who, after the presentation, was satisfied and requested to maintain several processes to ensure the continuity of the improvements."

## 4 Tabla de Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Resumen.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2 Glosario .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3 Abstract.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>4 Tabla de Contenido .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>5 Lista de Figuras .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>6 Lista de Tablas .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>7 Introducción .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>8 Problema de Investigación .....</b>  | <b>19</b> |
| 8.1. Planteamiento del Problema.....  | 19        |
| 8.2. Descripción del Problema.....  | 20        |
| 8.3. Formulación del Problema.....  | 21        |
| 8.4. Justificación.....   | 21        |
| <b>9 Objetivos de la Investigación .....</b>  | <b>23</b> |
| 9.1 Objetivo General.....   | 23        |
| 9.2 Objetivos Específicos.....  | 23        |
| <b>10 El Marco Referencial.....</b>   | <b>24</b> |
| 10.1 Antecedentes de la Idea .....  | 24        |
| 10.2 Marco Teórico .....  | 26        |
| 10.3 Marco Legal .....  | 39        |
| 10.4 Marco Conceptual.....  | 41        |
| 10.5 Marco Espacial .....   | 43        |
| 10.6 Marco Temporal.....  | 43        |
| <b>11 Diseño Metodológico.....</b>  | <b>44</b> |
| 11.1 Esquema Temático de la Investigación .....   | 44        |
| 11.2 Tipo de Investigación .....  | 45        |
| 11.3 Investigación Exploratoria .....   | 45        |
| 11.4 Descripción de la Población y Muestra .....  | 46        |
| 11.5 Instrumentos y Técnicas Para la Recolección de la Información .....  | 46        |
| 11.6 Técnicas de Análisis Para el Tratamiento de los Datos.....   | 46        |
| <b>12 Analizar la Cuantificación y Priorización en el Transporte de la Cosecha Manual, a Partir de los Datos Históricos del Ingenio .....</b> | <b>48</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 12.4 Conclusión del Análisis de Capacidad Para el Cargue de Caña Manual en los Vagones de Transporte.....   | 61        |
| <b>13 Aplicar POE en el Alce de Cosecha Manual del Ingenio.....</b>   | <b>65</b> |
| 13.1 Causas que Afectan el Proceso de Alce de Caña Manual.....  | 65        |
| 13.2 Análisis de Variación.....   | 68        |
| 13.3 Realización del “POE” Procedimiento Operativo Estándar .....   | 70        |
| 13.3.1 Diagrama Procedimiento de Alce Manual .....  | 73        |
| 13.3.2 Implementación de la Metodología.....  | 82        |
| 13.3.3 Aplicación Prueba de Hipótesis Para Comprobar Diferencia de Medias .....   | 86        |
| <b>14 Comparar el Impacto de la Relación Toneladas/Costo Actual Versus la Relación Toneladas/Costo Mejorando la Eficiencia en el Transporte .....</b> | <b>88</b> |
| 14.1 Comparación Toneladas/Costo de Enero a Julio del 2023 .....  | 89        |
| <b>15 Establece un Plan de Control Garantizando la Viabilidad de la Solución a Largo Plazo .....</b>  | <b>91</b> |
| <b>16 Conclusiones .....</b>  | <b>94</b> |
| <b>17 Recomendaciones.....</b>  | <b>97</b> |
| <b>18 Referencias .....</b>   | <b>99</b> |

## 5 Lista de Figuras

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <i>Figura 1</i>  | <i>Evolución cronológica del concepto de calidad</i>                                | 27 |
| <i>Figura 2</i>  | <i>Nivel sigma de un proceso</i>  | 29 |
| <i>Figura 3</i>  | <i>Metodología DMAIC para la mejora</i>   | 32 |
| <i>Figura 4</i>  | <i>Definición de logística</i>  | 33 |
| <i>Figura 5</i>  | <i>Ciclos logísticos desconectados generando altos stocks</i>                       | 34 |
| <i>Figura 6</i>  | <i>Ciclos logísticos conectados</i>   | 35 |
| <i>Figura 7</i>  | <i>Flujo de productos, materiales e información por la cadena de suministros</i>    | 36 |
| <i>Figura 8</i>  | <i>Papel de la logística en una empresa</i>   | 37 |
| <i>Figura 9</i>  | <i>Esquema temático de la investigación primera parte</i>                           | 44 |
| <i>Figura 10</i> | <i>Esquema temático de la investigación segunda parte</i>                           | 45 |
| <i>Figura 11</i> | <i>Proceso de cosecha en un ingenio azucarero</i>                                   | 48 |
| <i>Figura 12</i> | <i>Programación de cosecha semanal, por edad y semanas de madurante</i>             | 49 |
| <i>Figura 13</i> | <i>Programación de cosecha, teniendo en cuenta el transporte y sección de corte</i> | 49 |
| <i>Figura 14</i> | <i>Tipo de corte manual caña de azúcar</i>  | 50 |
| <i>Figura 15</i> | <i>Porcentaje participación modalidad de corte</i>                                  | 51 |
| <i>Figura 16</i> | <i>Corte mecanizado caña de azúcar</i>  | 51 |
| <i>Figura 17</i> | <i>Porcentaje de crecimiento Cosecha Mecanizada/caña Manual</i>                     | 52 |
| <i>Figura 18</i> | <i>Maquina alzadora de caña de azúcar</i>   | 53 |
| <i>Figura 19</i> | <i>Tractor Realizando labor de arrastre</i>   | 53 |
| <i>Figura 20</i> | <i>Enchorre de caña quemada</i>   | 54 |
| <i>Figura 21</i> | <i>Ciclo del transporte de caña de azúcar</i>                                       | 55 |
| <i>Figura 22</i> | <i>Porcentaje pesos promedios por vagón caña manual</i>                             | 56 |
| <i>Figura 23</i> | <i>Nro. De viajes al año dependiendo la eficiencia por vagón</i>                    | 57 |
| <i>Figura 24</i> | <i>Análisis de capacidad del cargue de vagones de caña manual en el ingenio</i>     | 58 |
| <i>Figura 25</i> | <i>Estructura árbol de costo cosecha</i>  | 62 |
| <i>Figura 26</i> | <i>Costo Transporte Caña Manual 2021</i>  | 63 |
| <i>Figura 27</i> | <i>Costo Transporte Caña Manual 2022</i>  | 63 |
| <i>Figura 28</i> | <i>Causas que afectan el proceso</i>  | 65 |
| <i>Figura 29</i> | <i>Análisis de Variación Grafica I-MR</i>   | 69 |
| <i>Figura 30</i> | <i>Primera forma de llenado de vagón de transporte de caña manual</i>               | 71 |
| <i>Figura 31</i> | <i>Segunda forma de llenado de vagón de transporte de caña manual</i>               | 71 |
| <i>Figura 32</i> | <i>Tercera forma de llenado de vagón de transporte de caña manual</i>               | 72 |
| <i>Figura 33</i> | <i>Diagrama procedimiento de alce manual</i>  | 73 |
| <i>Figura 34</i> | <i>Estado del terreno, suerte con alce de cosecha manual</i>                        | 75 |
| <i>Figura 35</i> | <i>Calibración del apilador</i>   | 76 |
| <i>Figura 36</i> | <i>Cantidad de caña apilada o arrumada</i>  | 77 |
| <i>Figura 37</i> | <i>Uñada de caña</i>  | 78 |
| <i>Figura 38</i> | <i>Llenado de vagón</i>   | 79 |
| <i>Figura 39</i> | <i>Línea de alce de caña manual</i>   | 80 |
| <i>Figura 40</i> | <i>Procedimiento operativo estándar POE</i>   | 81 |
| <i>Figura 41</i> | <i>Entrenamiento POE de alce y acomodo de caña manual a operadores de alzadora</i>  | 84 |
| <i>Figura 42</i> | <i>Entrenamiento POE de alce y acomodo de caña manual a operadores de alzadora</i>  | 84 |
| <i>Figura 43</i> | <i>Pesos promedios por vagón julio 2023</i>   | 85 |
| <i>Figura 44</i> | <i>Pesos promedios por vagón enero-julio 2023</i>                                   | 88 |
| <i>Figura 45</i> | <i>Torre de control</i>   | 91 |
| <i>Figura 46</i> | <i>Caña entrada por sección</i>   | 92 |
| <i>Figura 47</i> | <i>Viajes entrados por bascula</i>  | 92 |

## 6 Lista de Tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> Marco Legal .....   | 39 |
| <b>Tabla 2</b> Conograma de entrenamiento "POE" .....  | 82 |
| <b>Tabla 3</b> Muestra de pesos promedios por vagón enero-julio 2023 .....                   | 86 |
| <b>Tabla 4</b> Aplicación prueba de hipótesis para diferencia de medios .....                | 87 |
| <b>Tabla 5</b> Comparación toneladas/costo siendo efectivos en el transporte. ....           | 89 |
| <b>Tabla 6</b> Comparación toneladas/costo siendo efectivos en el transporte. Agos-Dic ..... | 90 |

## 7 Introducción

El grupo Agroindustrial con más de 100 años de experiencia en el mercado nacional e internacional, su enfoque se basa en el cultivo de caña y sus derivados, la producción de azúcar en sus diferentes presentaciones, alcohol carburante y energía eléctrica.

La planta fue fundada en 1918 y desde entonces ha sido un motor de desarrollo para la región del valle y para Colombia, por su crecimiento, su diversificación y su constante evolución para adaptarse a los constantes cambios del mercado.

Actualmente la planta cuenta con cerca de 25.000 Hectáreas sembradas en caña de azúcar para la producción de sus diferentes productos, en tiempos de verano procesa alrededor de 10500 toneladas de caña diarias y en temporada de lluvias su procesamiento diario baja alrededor de las 7500 toneladas.

Para lograr esta cantidad de caña procesada el ingenio tiene montada toda una estructura de operaciones agrícolas que van desde el levantamiento de la caña dependiendo el contrato que se tiene con los diferentes proveedores hasta la distribución de la maquinaria en las diferentes secciones de cosecha manual y mecanizada. Sus operaciones son bastante costosas, por la cantidad de máquinas, cosechadoras, alzadoras, tractores, buldóceres y tractomulas (el ingenio cuenta con 24 cosechadoras y solo una tiene un precio de hasta \$ 270.000 dólares, que a su vez gastan por hora entre \$50 y \$60 dólares) la única forma de amortiguar estos costos es con altos volúmenes de caña y reducción de costos de operación, y aunque parezca mínimo por la cantidad de caña, un valor de \$100/ton menos en un rubro teniendo en cuenta que anualmente se presupuestan 2'500.00.000 toneladas a manera de ejemplo.

Las operaciones del ingenio son muy amplias pero el enfoque del proyecto son las operaciones de cosecha, puntualmente el transporte de cosecha manual que corresponde a una participación del 35% del total de la caña que se cosecha, allí se buscará en el

presente proyecto mostrar con base a datos históricos y la descomposición de la estructura de costos una meta a alcanzar retadora pero alcanzable, para llegar a ella se buscará desarrollar los pasos de la metodología DMAIC de una forma práctica que genere acciones de baja inversión y a la vez de importantes ahorros o reducción de costos.

Según la metodología DMAIC el primero paso consiste en Definir el requerimiento del cliente, en este caso definir el requerimiento de la gerencia general en ahorro de costos para el transporte manual, con base a este paso se analizó desde diferentes puntos de vista la posible meta a alcanzar, pero finalmente el equipo y la gerencia elegirán solo una meta acorde a la capacidad del proyecto y teniendo en cuenta la realidad de la operación, la cual será detallada y explicada para que cualquier persona pueda entender porque una meta y no las otras, a simple vista algunas personas pensarían que se podría definir una meta más retadora todavía, sin embargo las variables que afectan el proceso de forma exógena impiden que las proyecciones sean exactas, una de las variables más influyentes por ejemplo son las lluvias, las temporadas de invierno y se detallará en que forma afectan dicha operación en todos sus niveles.

Continuando con la metodología se llegará a la etapa de Medición donde se buscó revisar datos históricos del proceso en costos, sus comportamientos ante las diferentes variables, tratando de revisar el estado en el pasado más cercano (año inmediatamente anterior) en conjunto al progreso del año presente en su momento ya que, el proyecto se empezó a desarrollar a inicio del año 2023 hasta finalizar el mismo revisando los resultados obtenidos paso a paso. Medir el comportamiento de los costos según los históricos también ayudó a entender mejor la estructura del proceso operativo permitiendo dar prioridad a lo más relevante, esta etapa se desarrolló buscando no realizar grandes esfuerzos en procesos que no representarían gran impacto en la consecución del objetivo propuesto.

Una vez encontrado el subproceso o subprocesos más relevantes se procede a revisar de

forma más analítica el comportamiento de sus variables y la capacidad del proceso para mantener los estándares establecidos. En esta etapa del proyecto se mostrarán herramientas estadísticas desde las más sencillas como estadística descriptiva, hasta diagramas y análisis de capacidad de proceso para con base en toda esta información encaminar el proyecto hacia los resultados esperados, se podrá evidenciar como estas herramientas estadísticas traducen comportamientos de procesos, ayudan a interpretarlos para tomar decisiones más relevantes y de mayor impacto, ya que conocer el problema a este nivel de detalle permite definir acciones concretas. Se podrá evidenciar ese descubrimiento que brindó el análisis y como el desarrollador utiliza la información. Al final el proceso pedirá proponer soluciones o mejoras para así encontrar el ¿Cómo lograremos alcanzar el objetivo?, en esta etapa se estructuran las causas raíz en un diagrama de Ishikawa y a través de los cinco porqués se busca llegar a esas causas raíz que se verán traducidas a un plan de acción. Este se desarrolla con un equipo interdisciplinario, se validarán los puntos de vista que brinda cada persona integrante desde el jefe hasta el operario de las máquinas para así llevar a cabo el plan de acción con las acciones sencillas, de baja inversión, pero de impacto importante para la organización. Se podrá evidenciar como lo que está a simple vista es objeto de cuidado y de revisión para lograr cambios, se verá cómo se logra generar dichos cambios en los resultados finales de los indicadores definidos de forma satisfactoria.

## 8 Problema de Investigación

El problema de investigación planteado se desarrolló en el ingenio del norte del valle del cauca, empresa dedicada a la producción y comercialización de azúcar, alcohol, energía y mieles. Se pretendió identificar alternativas para reducir costos en la operación de transporte del proceso de cosecha manual, es decir la caña cortada y cargada en vagones de transporte por medio de alzadoras de caña de azúcar.

El proceso productivo empieza justamente con la consecución de la materia prima para la fábrica (caña de azúcar), esta debe ser cosechada en los campos que abarcan una extensión de tierras que se extienden desde el norte del departamento del valle del cauca, limitando con el municipio de Cartago, hasta el sur limitando con el municipio de Tuluá Valle. Es importante tener en cuenta que las rutas de transporte son dinámicas para cada sección o módulo dependiendo la hacienda donde se están realizando labores de cosecha y existen variables independientes como las lluvias, fiestas de comunidades, accidentes de tránsito, restricciones viales entre otras que obligan a cambiar las rutas de manera imprevista para dar cumplimiento al objetivo de la organización, este transporte tiene variables dependientes de igual forma que afectan los costos y que se espera es reducirlos con referencia al año inmediatamente anterior (2022), dentro del presupuesto ya se fijó una meta retadora que obliga a buscar alternativas que favorezcan el problema planteado.

### 8.1. Planteamiento del Problema.

Toda empresa que busca rentabilidad financiera enfoca gran parte de sus esfuerzos en la reducción de costos de operación, ya que estos pueden representar aumento en las utilidades al final del periodo contable.

Con relación al ingenio ubicado en el norte del Valle se desagregaron los costos que impactan en las operaciones desde la consecución de la caña con los proveedores, las

operaciones de cosecha, hasta los costos de operación de la fábrica para producción de azúcar, energía y alcohol. Para cada componente se asignó un ingeniero encargado de dirigir un proyecto de reducción de costos. El presente proyecto busca establecer alternativas para la reducción de costos en la operación de transporte de caña de azúcar cortada manualmente, es decir, con corteros. A su vez el costo de transporte se divide en los siguientes componentes:

- Transporte (combustible, operarios, llantas, mecánicos, repuestos y servicios para tractomulas y vagones)
- Arrastre (combustible, operarios, llantas, mecánicos, repuestos y servicios para tractores en las secciones manuales)
- Guardavías
- Oficios Varios (28 entre dos secciones de cosecha manual)
- Maquinaria de Apoyo (Costos asociados a la maquinaria necesaria para dar apoyo logístico a las operaciones de cosecha como camabajas, tractores de apoyo a tractomulas para zonas especiales, apoyo con buldócer en vías y callejones, etc.).

De esta forma, mediante la aplicación de herramientas consolidadas en la metodología DMAIC se busca establecer oportunidades (alternativas) para la reducción de costos en el proceso de transporte de caña manual.

## **8.2. Descripción del Problema.**

El problema de investigación planteado se desarrolló en un ingenio ubicado en el Valle del Cauca, empresa dedicada a la producción y comercialización de azúcar, alcohol, energía y mieles. Se pretendió identificar alternativas para reducir costos en la operación de transporte del proceso de cosecha manual, es decir la caña cortada y cargada en vagones de transporte por medio de alzadoras de caña de azúcar.

El proceso productivo empieza justamente con la consecución de la materia prima para la

fábrica (caña de azúcar), esta debe ser cosechada en los campos que abarcan una extensión de tierras que se extienden desde el norte del departamento del valle del cauca. Es importante tener en cuenta que las rutas de transporte son dinámicas para cada sección o módulo dependiendo la hacienda donde se están realizando labores de cosecha y existen variables independientes como las lluvias, fiestas de comunidades, accidentes de tránsito, restricciones viales entre otras que obligan a cambiar las rutas de manera imprevista para dar cumplimiento al objetivo de la organización, este transporte tiene variables dependientes de igual forma que afectan los costos y que se espera es reducirlos, dentro del presupuesto ya se fijó una meta retadora que obliga a buscar alternativas que favorezcan el problema planteado.

### **8.3. Formulación del Problema.**

Con base a lo planteado anteriormente con el trabajo de investigación se busca tener la respuesta de la siguiente pregunta. ¿Qué alternativas se podrían plantear para reducir los costos y aumentar la eficiencia en el transporte de cosecha de caña manual en un ingenio del norte del Valle del Cauca?

### **8.4. Justificación.**

El principal objetivo de una empresa privada es generar utilidades, las cuales se ven ligadas al buen desempeño de sus áreas, el cumplimiento de metas y presupuesto, por lo tanto, es sumamente importante buscar siempre la mejora continua en todos sus procesos operativos y administrativos para finalmente lograr mayores utilidades y excelentes resultados operacionales.

En este sentido, la aplicación de la metodología DMAIC permite mejorar la calidad de los procesos a través del control de la variabilidad de estos, mejorando la calidad y buscando cada vez un mayor grado de estandarización que permite optimizar los recursos y así finalmente reducir los costos operativos de un proceso

como el que plantea el objetivo de la presente investigación.

Cualquier área sea cual fuere la compañía puede beneficiarse del proceso de mejora DMAIC, ya que su objetivo es evidenciar una serie de etapas del proceso como tal y las causas probables que afectan la calidad del producto y/o el proceso para finalmente reducirlas o eliminarlas. El nombre DMAIC proviene del acrónimo de las etapas del proceso como lo son: (define) DEFINIR, (measure) MEDIR, (analyze) ANALIZAR, (improve) MEJORAR y (control) CONTROLAR.

Implementado esta metodología se busca elevar la eficiencia en el transporte de la caña manual logrando generar mayores utilidades.

## 9 Objetivos de la Investigación

Los objetivos de la investigación son aquellas metas específicas que se busca alcanzar para poder responder a la pregunta de investigación y que muestran el camino a seguir para desarrollarla.

### 9.1 Objetivo General.

Identificar alternativas para la reducción de costos en el proceso de Transporte de Caña Manual en un Ingenio del Valle del Cauca

### 9.2 Objetivos Específicos.

- Analizar la cuantificación y priorización en el transporte de la cosecha manual, a partir de los datos históricos del ingenio.
- Aplicar POE en el alce de cosecha manual del ingenio
- Comparar el impacto de la relación toneladas/costos actuales versus la relación toneladas/costo mejorando la eficiencia en el transporte.
- Establecer un plan de control garantizando la viabilidad de la solución a largo plazo.

## 10 El Marco Referencia

Toda investigación debe estar sustentada a partir de conocimiento previo construido, ya que forma parte de una estructura teórica ya existente. La construcción del marco de referencia le da al investigador la capacidad abordar con mayor propiedad el objeto de conocimiento. Ese marco está compuesto por:

### 10.1 Antecedentes de la Idea

La idea surgió de la necesidad de reducir los costos y aumentar la eficiencia en el transporte de caña manual. Por lo tanto, en el puesto que desempeño actualmente, se busca mejorar estos indicadores, generando un menor costo por tonelada transportada y logrando aumentar la eficiencia de cargue de los vagones.

Ahora bien, para conocer el problema de investigación de diferentes maneras se hace necesario investigar y verificar de propuestas o trabajos ya existentes que permitan conocer más a fondo el tema estudiado. A continuación, se mencionan algunas de los estudios seleccionados que ayudarán guiar el proceso de construcción metodológica, permitiendo ampliar la perspectiva bajo la cual intervendrá el objeto de estudio.

En el año 2017, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se presentó la tesis de grado **“TRANSPORTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR, PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORAS EN TIEMPOS Y COSTOS EN LA COMPAÑÍA AZUCARERA VALDEZ”**. La cual está centrada en diseñar los modelos de planificación de tiempos y costos del transporte de caña de azúcar desde las fincas hasta su destino final el patio de caña, donde se utiliza una metodología de investigación no experimental, como lo son observación descriptiva y documental con información cuantitativa (encuestas) y cualitativa (entrevistas), donde se evidenciaron, falta de planificación, seguimiento, falta de controles de costos, objetivos, presupuesto, indicadores, productividad e improductividad de vehículos entre otros. (Lopez Perero, 2017)

En el año 2014, en la universidad Pontificia Universidad Javeriana de Cali, se presentó el proyecto de grado **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL TIEMPO DE CICLO (LEAD TIME) DEL TRANSPORTE DE CAÑA EN EL INGENIO RIOPAILA-CASTILLA S.A”**. La importancia del tema se relaciona con la logística, mediante la cual se pueden optimizar el uso de los recursos, desarrollar la capacidad en las líneas de producción, lograr alta eficiencia en los procesos y la adecuada integración y coordinación óptima de todos los factores que integran el proceso. Con el presente estudio se busca reducir los tiempos del transporte en el área de Gerencia de Operaciones Agrícolas de un ingenio azucarero, generados por el transporte del ingreso de caña, además de optimizar los recursos para las labores de transporte, logrando reducir de forma significativa el tiempo de ciclo que oscilaba entre 155 y 170 minutos a un aproximado de 65 minutos por ciclo, se logró de igual forma actualizar al guía de mantenimiento preventivo con la cual contaba el ingenio, se identificaron los equipos de mayor consumo durante la operación y finalmente se identificaron las vías que requieren mantenimiento para una próxima cosecha. (Barba Castañeda & Orozco Vanegas, 2014).

En el año 2019, en la Universidad del Valle sede Zarzal, se presentó el proyecto de grado **“MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZUCAR DE UN INGENIO AZUCARERO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA”**, el cual está enfocado en la demora en el transporte de la caña debido a las largas distancias desde el ingenio hasta las zonas de cosecha y esperas en el patio de caña para realizar su descargue, tiempos que influyen directamente en la calidad del jugo de la caña y mayores costos para la compañía, para esto utilizan el diagrama de flujo el cual les permite visualizar los pasos que requieren para conseguir los objetivos previamente establecidos, donde se evidencia que la mayor pérdida de tiempo es la falta de documentación para el ingreso y salida de los vehículos dando una frecuencia en la semana de 30 veces, teniendo en cuenta los hallazgos y resultados de la herramienta se presenta un plan de

mejoramiento acorde a las necesidades del sistema, logrando llevar este problema por debajo de 5 eventos por semana.

## **10.2 Marco Teórico**

Para el desarrollo de la presente propuesta de investigación, será necesario dentro del marco teórico resaltar en primer lugar la importancia de la calidad en todos los procesos productivos del ser humano.

“La calidad ha sido un elemento inherente a todas las actividades realizadas por el hombre desde la concepción misma de la civilización humana. Esto se evidencia principalmente en que, desde el inicio del proceso evolutivo, el hombre ha debido controlar la calidad de los productos que consumía, por medio de un largo y penoso proceso que le permitió diferenciar entre los productos que podía consumir y aquellos que eran perjudiciales para su salud.

En este proceso evolutivo, el hombre entendió que el uso de armas facilitaba el abastecimiento de los alimentos necesarios para su subsistencia, lo que generó un gran interés por construir y desarrollar armas que le permitieran cazar presas más grandes y con un esfuerzo menor, lo que obligó a que en el proceso de diseño, construcción y mejora de sus armas la calidad estuviera presente a lo largo de todos estos. Este proceso se replicó a lo largo de la satisfacción de todas sus actividades primarias, como la construcción de sus viviendas, la fabricación de sus prendas de vestir, etc.”

(Cubillos Rodríguez & Rozo Rodríguez, 2009)

Después de esto la calidad ha ido cambiando su concepto de acuerdo con la naturaleza de las diferentes etapas en la historia, se mostrará cómo ha evolucionado dicho concepto en el siguiente cuadro realizado por Cubillos Rodríguez y Rozo Rodríguez (2009) en la misma revista Universidad de la Salle. Sin embargo, se hará énfasis en la etapa en la que se empieza a hablar sobre la metodología DMAIC que será la herramienta utilizada para abordar el presente proyecto

**Figura 1** Evolución cronológica del concepto de calidad

| Etapa                     | Concepto  | Finalidad  |
|---------------------------|---|--|
| Artesanal                 | Hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello.   | Satisfacer al cliente.<br>Satisfacción del artesano, por el trabajo bien hecho.<br>Crear un producto único   |
| Revolución Industrial     | Producir en grandes cantidades sin importar la calidad de los productos.  | Satisfacer una gran demanda de bienes.<br>Obtener beneficios.  |
| Administración científica | Técnicas de control de calidad por inspección y métodos estadísticos, que permiten identificar los productos defectuosos.                       | Satisfacción de los estándares y condiciones técnicas del producto.  |
| Segunda Guerra Mundial    | Asegurar la calidad de los productos (armamento), sin importar el costo, garantizando altos volúmenes de producción en el menor tiempo posible. | Garantizar la disponibilidad de un producto eficaz en las cantidades y tiempos requeridos.   |
| Posguerra Occidente       | Producir en altos volúmenes, para satisfacer las necesidades del mercado  | Satisfacer la demanda de bienes causada por la guerra.   |
| Posguerra Japón           | Fabricar los productos bien al primer intento.  | Minimizar los costos de pérdidas de productos gracias a la calidad.<br>Satisfacer las necesidades del cliente.<br>Generar competitividad.                |
| Década de los setenta     | Sistemas y procedimientos en el interior de la organización para evitar productos defectuosos   | Satisfacción del cliente.<br>Prevenir errores.<br>Reducción de costos.<br>Generar competitividad.  |
| Década de los noventa     | La calidad en el interior de todas las áreas funcionales de la empresa  | Satisfacción del cliente.<br>Prevenir errores.<br>Reducción de costos.<br>Participación de todos los empleados de la empresa.<br>Generar competitividad. |

**Fuente** (Cubillos Rodríguez & Rozo Rodríguez, 2009)

En la actualidad el concepto se inclina hacia la capacidad de los líderes de la calidad que potencialicen los procesos y su finalidad es satisfacer los clientes, prevenir errores, reducir sistemáticamente los costos, formar equipos de mejora continua y generar competitividad para finalmente obtener aumento en las utilidades.

Frente al fenómeno de Globalización el papel de la calidad permite que las empresas puedan garantizar su permanencia en operación a través del tiempo con el fin de mejorar

cada vez más sus utilidades, su reconocimiento de marca, sin descuidar la productividad, eficiencia en los procesos, costos operativos y calidad de servicios. Una de las herramientas que en la actualidad han demostrado arrojar resultados muy favorables para las empresas es la metodología DMAIC de Seis Sigma la cual básicamente consiste en reducir la variación o errores en la producción de productos o servicios para finalmente causar impacto en los costos. Para entender mejor esta herramienta debemos remontarnos a mediados de los años 80 cuando Mikel Harry ingeniero de Motorola empezó precisamente a estudiar la variación en los procesos para mejorarlos. La herramienta Seis Sigma tenía una fuerte base estadística y buscaba como objetivo tener cero defectos en los procesos y productos de las empresas. Ya alrededor de los años 90, el presidente de General Electric Jack Welch consiguió resultados económicos espectaculares aplicando dicha metodología, y gracias a este antecedente grandes empresas como Allied Signal, Polaroid, Toshiba, Honeywell, City Bank, American Express entre otras, convirtieron dicha metodología en una de las más utilizadas. Ahora bien, tomando como referencia el artículo de la universidad Politécnica de Valencia (Yepes & Pellicer), sigma representa en la estadística la variación típica de una población. Cuando hablamos del nivel sigma de un proceso hacemos referencia a la diferencia entre la media y los límites superior e inferior de la especificación correspondiente. Normalmente se considera normal que un proceso tenga una desviación de  $\pm 3\sigma$ , lo cual significa que dicho proceso tiene la capacidad de generar 2,7 defectos por cada mil oportunidades. Este dato aparentemente era aceptable, y se consideró así para muchos procesos de calidad y se justificaban los errores sencillamente como humanos aceptando que fueran normales en los procesos, sin embargo, este nivel sigma hoy en día es inaceptable para muchos procesos ya que supone aceptable tener 68 aterrizajes forzosos en un aeropuerto internacional al mes, o 54.000 prescripciones médicas erradas por año. Seis Sigma busca tener máximo 3.4 defectos por millón de

oportunidades, es decir 0.09 aterrizajes forzados en un aeropuerto internacional cada mes o una sola prescripción médica errada en 25 años. Dicho nivel de calidad se aproxima al ideal de cero defectos.

**Figura 2** Nivel sigma de un proceso



**Fuente** (Yepes & Pellicer)

En este sentido, la metodología DMAIC de Seis Sigma promueve concretamente la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, que permite a las empresas lograr ahorros importantes mientras que da la satisfacción que pide el cliente. Dicha herramienta logra cambios positivos mediante la traducción de las necesidades de los clientes al lenguaje de las operaciones, para esto se deben definir los procesos y las tareas críticas sobre las cuales se deben enfocar los esfuerzos. Seis Sigma elimina los costos de la no calidad (desperdicios, reprocesos, tiempo improductivo, etc.) al reducir la variabilidad de las características de los productos, de igual forma al reducir los tiempos de respuestas a las solicitudes de los clientes, mejora la productividad y puede reducir el tiempo de ciclo de cualquier tipo de proceso al centrar el esfuerzo y los recursos en las características o atributos clave para los clientes.

Los elementos que conforman la metodología Seis Sigma son los siguientes:

- a- Claridad de los requisitos del cliente.
- b- Direccionamiento con base en datos y hechos.
- c- Mejora continua de procesos.

d- Participación relevante de la dirección.

Del mismo modo otro elemento muy importante para la metodología es contar con profesionales capacitados quienes tienen diferentes e importantes papeles a lo largo de toda la realización del proyecto. Al directivo quien como se mencionó anteriormente debe participar activamente del proceso se le llama "Champion". Y quienes apoyan la planeación y ejecución del proyecto se les llama "Master Black Belt, Black Belt y Green Belt. "El proceso comienza con un "cambio radical... de actitud". La Dirección debe ser consciente de que la mejora continua ya no es suficiente para alcanzar los objetivos estratégicos, financieros y operativos. La mejora radical es necesaria para reducir con rapidez los desperdicios crónicos.

Los proyectos son seleccionados en función de los beneficios. La empresa Seis Sigma aporta una metodología de mejora basada en un esquema denominado DMAIC: Definir los problemas y situaciones a mejorar, Medir para obtener la información y los datos, Analizar la información recogida, Incorporar y emprender mejoras en los procesos y, finalmente, Controlar o rediseñar los procesos o productos existentes (Figura 4). Las claves del DMAIC se encuentran en:

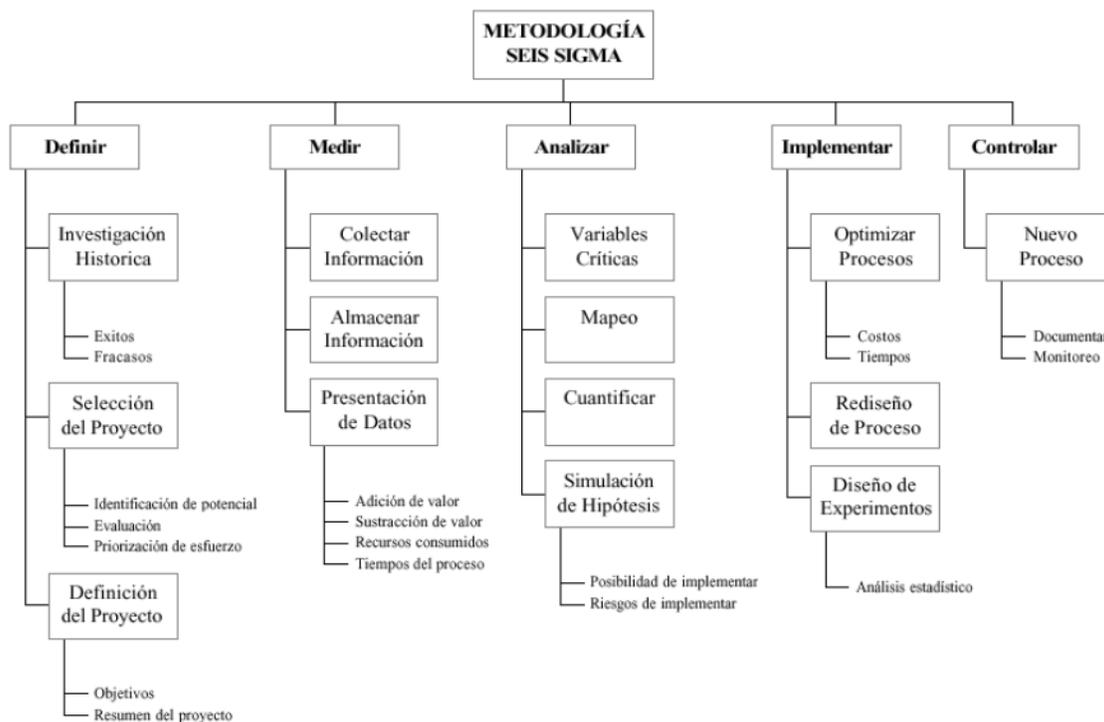
- Medir el problema. Siempre es necesario tener una clara noción de los defectos que se están produciendo, tanto en cantidad como en coste.
- Enfocarse al cliente. Sus necesidades y requerimientos son fundamentales, y deben tenerse siempre en consideración.
- Verificar la causa raíz. Es necesario llegar hasta la causa fundamental de los problemas, y no quedarse en los efectos.
- Romper los malos hábitos. Un cambio verdadero requiere soluciones creativas.
- Gestionar los riesgos. La prueba y el perfeccionamiento de las soluciones es una parte esencial de Seis Sigma.

- Medir los resultados. El seguimiento de cualquier solución significa verificar su impacto real.
- Sostener el cambio. La clave final es conseguir que el cambio perdure.

La metodología DMAIC hace mucho énfasis en el proceso de medición, análisis y mejora y no está planteada como un proceso de mejora continua, pues los proyectos Seis Sigma deben tener una duración limitada en el tiempo. Los proyectos Seis Sigma surgen bajo el liderazgo de la Dirección\_ quien identifica las áreas a mejorar, define la constitución de los equipos y garantiza el enfoque hacia el cliente y sus necesidades y a los ahorros económicos. Sin embargo, antes de que un equipo Seis Sigma aborde el ciclo de la mejora, han de desarrollarse una serie de actividades necesarias para el éxito del proyecto: (1) identificación y selección de proyectos, (2) constitución del equipo, (3) definición del proyecto, (4) formación de los miembros del equipo, (5) ejecución del proceso DMAIC y (6) extensión de la solución". (Yepes & Pellicer).

Se puede decir que la metodología Seis Sigma utiliza casi todas las herramientas de la calidad. Sin embargo, no son las herramientas las que garantizan el éxito del proyecto sino el talento humano comprometido y con la suficiente capacitación y apoyo de la dirección.

**Figura 3** Metodología DMAIC para la mejora

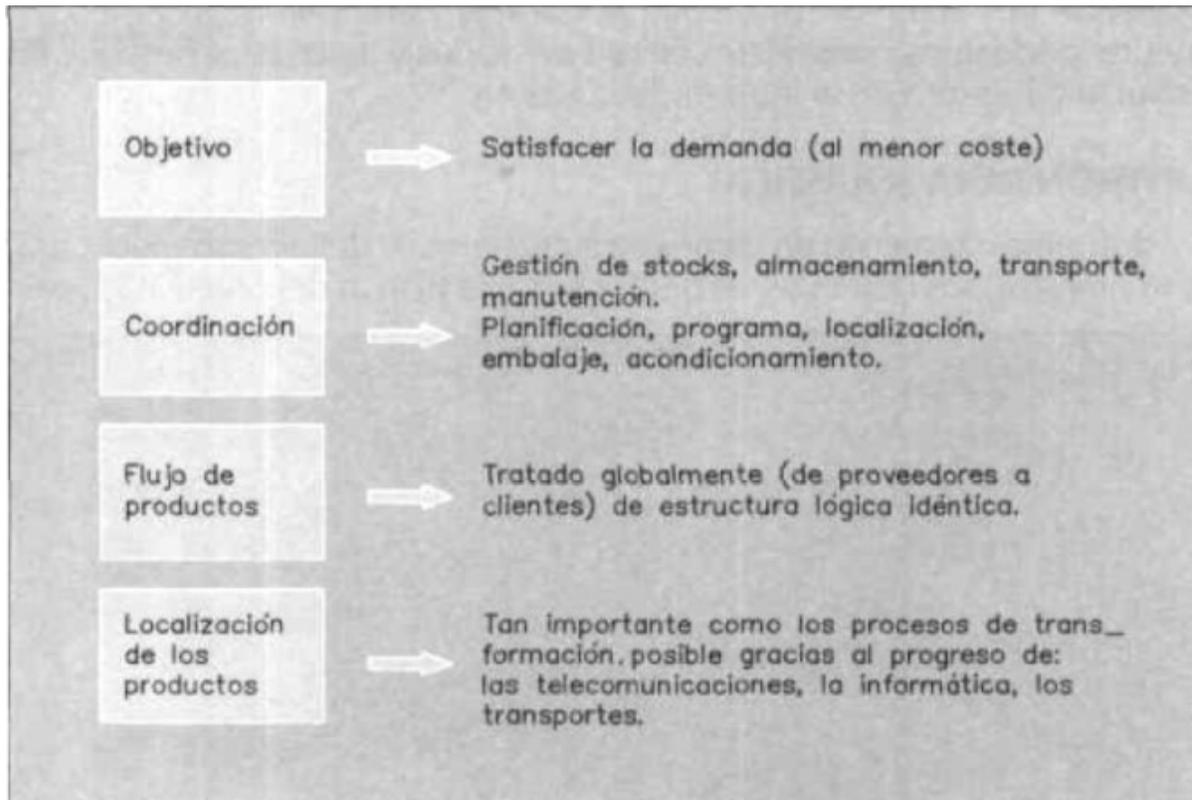


**Fuente** (Yepes & Pellicer)

Ahora bien, el presente proyecto se desarrolla en una empresa de producción de alimentos, energía, alcohol y derivados de la caña, pero más concretamente en el área de logística de cosecha de la caña de azúcar, la cual incluye el proceso desde la identificación de las haciendas de donde se va a llevar la caña para el ingenio hasta el cálculo y ejecución de todos los insumos necesarios para llevar a cabo el aprovisionamiento de dicha materia prima a la fábrica.

Según (Arbones Malisani, 2009) la logística es la planificación, organización y control de todas las actividades de movimiento y almacenamiento que facilitan el flujo de materiales y productos desde la fuente hasta el consumo satisfaciendo la demanda del mercado al menor costo incluyendo de igual forma el flujo de información y control.

**Figura 4** Definición de logística



**Fuente** Arbones Malisani, E. A. (2009)

También según (Anaya Tejero, 2015) en su libro “Logística integral, la gestión operativa de la empresa”. Dice que la logística en las empresas se relaciona de forma directa o indirecta con las actividades inherentes al aprovisionamiento, fabricación, almacenaje y distribución de productos.

Desde la existencia de actividades industriales el hombre siempre ha tenido problemas con el aprovisionamiento, fabricación, almacenaje y la distribución de productos, pero no se tenía claro el concepto de logística con la claridad que se tiene hoy en día. Ya que en un contexto amplio la logística es más una filosofía específica para la forma de gestionar una empresa.

Anteriormente lo normal en las empresas era hablar de tres ciclos básicos en cuestión:

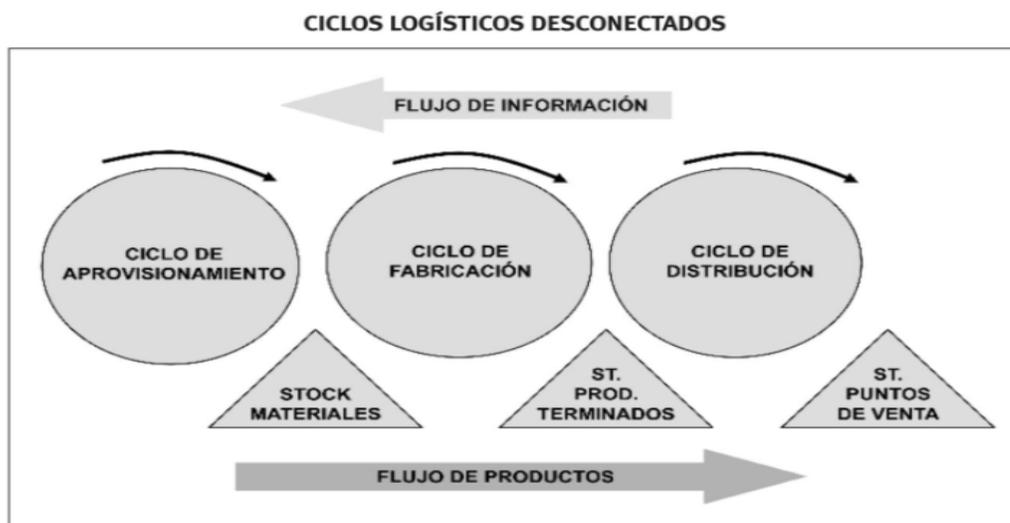
- El ciclo de aprovisionamiento de materiales.

- El ciclo de producción (transformación de materiales en productos terminados).
- El ciclo de almacenaje y distribución (situar el producto en el consumidor final).

Estos ciclos muchas veces se ven trabajando de forma desarticulada, enfrentando constantemente problemas como la falta de producción por falta de provisiones, materiales o insumos o incluso el sostenimiento de altos costos por altos inventarios innecesarios en los almacenes, con riesgos de obsolescencia y caducidad de productos. Por otra parte, se encuentra también incoherencias cuando la meta del ciclo de producción se basa en generar economías de escala, produciendo gran cantidad de productos, generando en varios escenarios productos que no se vendían y que generaban altos costos por almacenamiento.

Todas estas fallas en los diferentes ciclos se traducían generalmente en tiempos largos de respuesta a los clientes y excesivos costos e inversiones en almacenaje de materiales. Lo que contribuía a perder competitividad y la necesidad de subir los precios de los productos para no perder rentabilidad, es decir todo esto lo terminaban pagando los clientes.

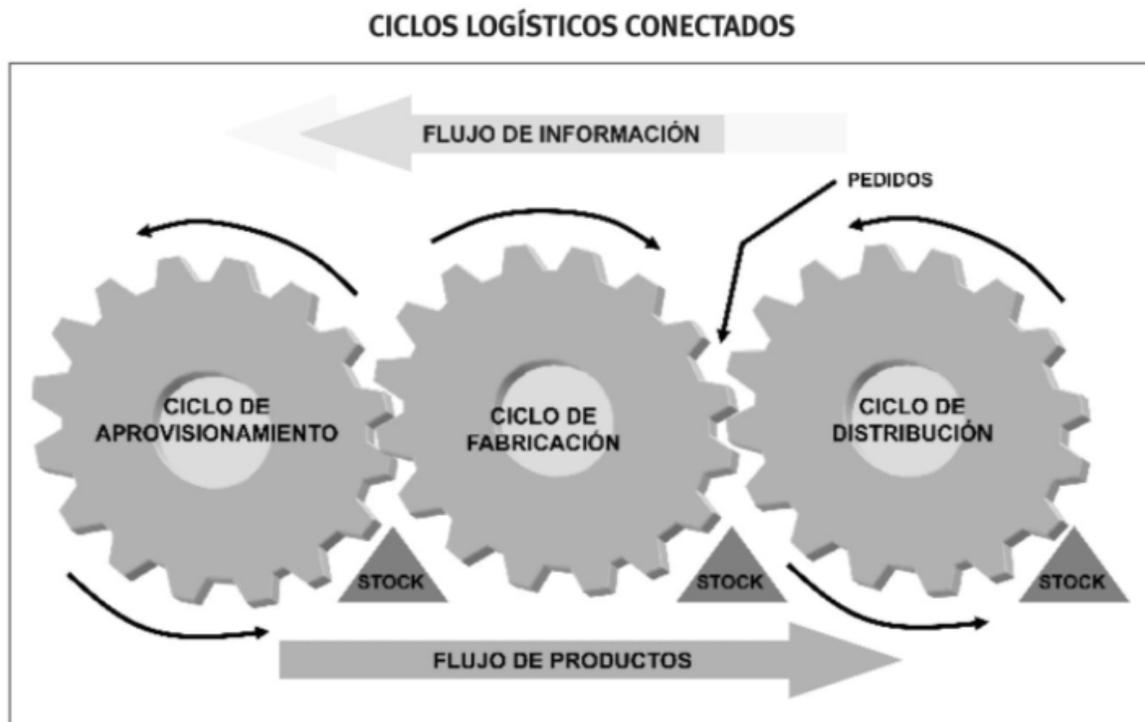
**Figura 5** Ciclos logísticos desconectados generando altos stocks



Fuente Anaya Tejero, 2015

Ahora bien, con la logística integral tenemos un cambio sustancial ya que aparecen sistemas de información y control para conseguir un flujo continuo de productos y materiales al menor costo posible y a su vez satisfaciendo con mayor oportunidad y calidad los requerimientos de los clientes como se puede ver a continuación:

**Figura 6** Ciclos logísticos conectados



**Fuente** Anaya Tejero, 2015

Los ciclos logísticos conectados como se muestran en la ilustración buscan demostrar como la velocidad del ciclo de distribución condiciona la frecuencia de fabricación y este a su vez el ciclo de aprovisionamiento.

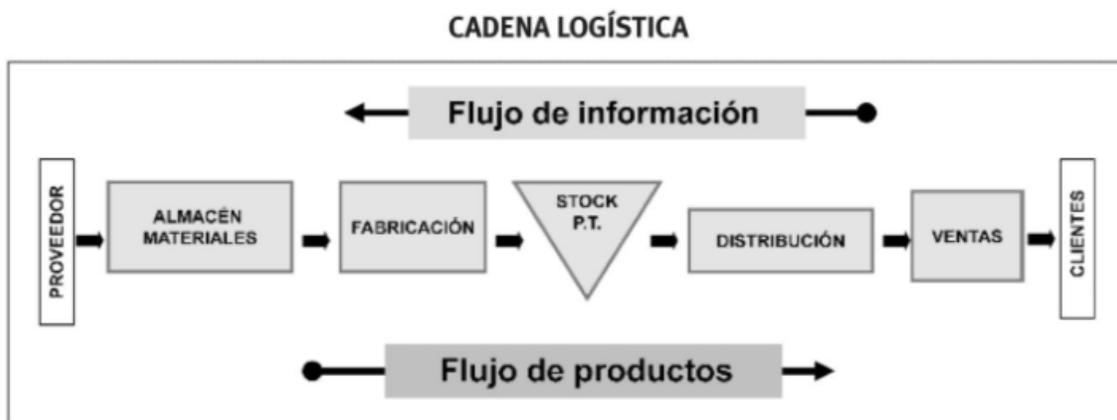
La palabra **logística** según algunos proviene del griego "logístikos", que significa aptitud para el cálculo, otros lo derivan del término latino "logista" que se usaba para definir al administrador de los ejércitos.

En las empresas la palabra logística es utilizada desde la década de los sesenta como traducción de la palabra anglo-sajona "logistic", la cual se refería a procesos aparentemente similares o del estamento militar, pero con objetivos operativos muy

diferentes, ya que mientras los militares relacionaban el concepto de economía al de eficacia, las industrias la relacionaban fundamentalmente a la satisfacción del mercado con criterios de economicidad.

En la logística de igual forma es importante conocer el concepto de “control de flujo” el cual hace referencia tanto a los productos y materiales como el de la información y el dinero a lo largo de toda la cadena de suministro.

**Figura 7** Flujo de productos, materiales e información por la cadena de suministros



**Fuente.** Anaya Tejero, 2012.

En la imagen se puede ver como el flujo de materiales va desde la fuente de aprovisionamiento hasta el punto de venta, que es donde se almacena el producto terminado listo para entregar a los clientes. Por otro lado, vemos el flujo de información que va en sentido contrario, desde el mercado o clientes hasta la fuente de suministros. Teniendo en cuenta todo lo anterior ahora se puede profundizar en lo que es la definición de la logística integral:

*“El control de flujo de materiales desde la fuente de aprovisionamiento hasta situar el producto en el punto de venta, de acuerdo con los requerimientos del cliente y con dos condicionantes básicos:*

- *Máxima rapidez en el flujo del producto.*
- *Mínimos costos operacionales.”* (Anaya Tejero, 2015)

Este concepto se considera completo y fácil de entender. Por otro lado, el autor aclara complementando este concepto que la rapidez en el flujo del producto va relacionada al “control del Lead Time” (tiempos de respuesta), “mínimos costos operacionales” los cuales se logran con un nivel racional y equilibrado de capacidad industrial empleada, la reducción drástica de los niveles de inventarios y unos procesos operativos eficientes. El autor (Vélez Maya, 2014) en su libro “Logística Empresarial” cuando define la logística como tal dice que “La logística es una actividad de apoyo para que la empresa funcione y logre su objetivo”.

**Figura 8** Papel de la logística en una empresa



**Fuente.** (Vélez Maya, 2014)

Entonces, definiendo lo que no es logística en una empresa porque son elementos que la constituyen de forma básica y su razón de ser “Core Business” son elementos a los que la empresa no puede renunciar. Por ejemplo, no son parte de la logística los procesos de creación y transformación de los productos, tampoco la determinación de las materias primas adecuadas para el producto ni la tecnología de producción. Tampoco es logística la definición del mercado objetivo, ni las estrategias del manejo de los mercados, políticas

de venta, ni el manejo directo con los clientes.

Las decisiones financieras que dependen de los recursos de los objetivos organizacionales pertenecen básicamente a la razón de ser de la compañía y, por lo tanto, no son de la logística. Las negociaciones para adquirir o enajenar pertenecen a finanzas y a la actividad comercial y no son logística. Para concluir, ni la dirección general, ni las finanzas, ni las actividades comerciales, ni el detalle de la producción se consideran parte de la logística empresarial.

*“La logística de una empresa la componen las funciones y procesos de apoyo, por lo tanto, la logística puede entenderse como el conjunto de cinco (5) procesos empresariales que no hacen parte constitutiva de la empresa, pero que aseguran la consecución del objetivo fundamental de la misma. Estos cinco procesos son:*

- *Procesos de almacenamiento. Administración de diversas clases de bodegas.*
- *Procesos de transporte desde y hacia la empresa de toda clase de bienes.*
- *Flujos internos, en planta, de materias primas, bienes terminados, o en proceso.*
- *Manejo de las distintas clases de inventarios.*
- *Recolección, administración, almacenamiento y transmisión de datos.”*

(Vélez Maya, 2014)

El concepto de la cadena de suministros también mencionado por (Vélez Maya, 2014), hace referencia a la relación que se establece entre varias partes, como lo es el proveedor inicial, que entrega productos terminados o en proceso a un cliente. Dicho cliente, a su vez, es el proveedor de otro y así sucesivamente, hasta llegar a un cliente final que consume o usa ese algo que fue transmitido y que se fue transformando, en cadena. Desde el que cultiva el pasto para las ovejas, hasta el que compra una camisa de lana en una tienda de ropa, se establece una cadena en la cual las funciones de aprovisionamiento, recepción, almacenamiento, transporte y entrega que se repiten a través de varias empresas que intervienen en la cadena total.

El concepto de Supply Chain supera al de una empresa, generalmente una empresa es una parte de una gran cadena de suministro que está compuesta por varias empresas. En general el mundo de la economía es una inmensa red de infinitas cadenas formadas por proveedores-clientes, es decir, por un flujo continuo de recepción y entrega.

### 10.3 Marco Legal

Toda investigación está regulada por normas que de alguna manera pueden llegar a delimitar el alcance de la investigación. Esta revisión crítica, implica la construcción de argumentos basados en evidencia fáctica de esos trabajos y no en las opiniones.

*Tabla 1 Marco Legal*

| No. | LEY   | TEMA  |
|-----|---|---|
| 1   | Ley 769 del 6 de agosto del 2002 de la rama legislativa                         | por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito y Terrestre y se dictan otras disposiciones. Este aplica en todo el territorio Nacional y regula la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito y vehículos por las vías públicas o privadas que estén abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos, así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito. |
| 2   | Resolución No. 004100 del 28 de diciembre del 2004 del ministerio de transporte | por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.  |
| 3   | Resolución No. 004959 del 8 de noviembre del 2006 del ministerio de transporte  | Por el cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas indivisibles extrapesadas y extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | Resolución No. 02710 del 6 de junio del 2019 del ministerio de transporte     | por la cual se concede un permiso a la empresa INVERTRANS RGM S.A.S. Para el transporte de caña de azúcar y bagazo de caña de azúcar por unas carreteras de la red vial nacional en los departamentos del valle del Cauca y Cauca. (Esta empresa hace parte de los contratistas actuales que tiene Riopaila Castilla para transporte de caña de azúcar)   |
| 5 | Resolución No. 06409 del 9 de octubre del 2018 del ministerio de transporte   | por la cual se prorroga el término del permiso concedido mediante Resolución No. 08816 del 14 de noviembre de 2017, a la ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZUCAR DE COLOMBIA ASOCAÑA, identificada con NIT. 890.303.178-2. La cual otorga el permiso para el transporte terrestre de caña de azúcar y bagazo de caña de azúcar en vehículos extradimensionados por unas carreteras de la Risaralda y Meta. |
| 6 | Resolución No.003800 del 2 de diciembre del 2005 del ministerio de transporte | por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas individuales, extrapesadas, extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte  |
| 7 | Resolución No. 0001231 del 5 de abril de 2016 del ministerio de transporte    | por la cual se adopta el documento guía para la evaluación de los planes estratégicos de Seguridad vial.  |
| 8 | Resolución No. 001724 del 4 de mayo del 2007 del ministerio de transporte     | por la cual se fijan los contenidos mínimos del curso específico en tránsito y seguridad vial para la capacitación de los integrantes del personal técnico y auxiliar acompañante, considerandos en el artículo 16 de la Resolución No. 4959 de 2006 para el transporte de carga indivisible, extrapesada, extradimensionada o extrapesada y extradimensionada a la vez.  |
| 9 | Reglamento interno de Trabajo en del Ingenio                                  | a cuyas disposiciones quedan sometidos tanto el empleador como todos sus trabajadores. Este reglamento hace parte de los contratos individuales de trabajo, celebrados o que se celebren con todos los trabajadores, salvo estipulaciones en contrato que sin embargo solo pueden ser favorables al trabajador.   |

Fuente. Elaboración propia.

## 10.4 Marco Conceptual

A continuación, se muestran conceptos importantes para entender el contexto del presente proyecto, los conceptos explicados a continuación tienen que ver con la jerga propia de la industria cañera y algunas propias del ingenio donde se desarrolla el estudio Riopaila Castilla. Otros ingenios pueden utilizar diferentes términos para los mismos procesos.

La **Cosecha manual** hace referencia al proceso productivo de quema, corte con personas calificadas en corte de caña con machete, levantamiento de la caña con alzadoras las cuales cargan dicha caña en los vagones después de que los corteros la dejan organizada en forma esterilla para facilitar arrumarla y cargarla en los vagones de transporte. Posteriormente estos vagones son llevados al ingenio para su descargue en la mesa de molinos. Puntualmente la cosecha manual en la planta Riopaila cuenta con alrededor de 700 corteros entre propios y contratistas, cuenta con dos frentes o secciones de cosecha manual, cada una con dos alzadoras y cuatro tractores para hacen el arrastre de vagones dentro de las suertes. (Las suertes son áreas sembradas en caña de azúcar las cuales generalmente son nombradas con un número de identificación dentro de un sector que diferencia la finca o hacienda a la que pertenece).

Cuando se habla de **secciones o módulos de cosecha** se hace referencia a un grupo de maquinaria que trabaja de manera independiente en el campo para dar cumplimiento al proceso abastecimiento de materia prima al ingenio. Más concretamente para el ingenio Riopaila se tienen ocho módulos de cosecha de los cuales dos de ellos trabajan la cosecha manual y los otros seis la cosecha mecanizada, la cual como su nombre lo indica trabaja con cosechadoras desde el momento del corte de la caña de azúcar y cargue de vagones, generalmente para este proceso no se quema la caña previamente. Cada módulo de cosecha manual cuenta con 2 alzadoras y cuatro tractores de arrastre de vagones para ser cargados dentro de las suertes. (Recordemos que las suertes son áreas

de caña sembrada como se mencionó anteriormente). Cada sección de cosecha cuenta con su supervisor encargado de dirigir la operación y a los operarios en el campo.

El **costo transporte** de caña manual hace referencia a los costos asociados a la operación y mantenimiento de las máquinas que llevan a cabo el transporte de caña de azúcar tanto de tractores que trabajan en las secciones o frentes de cosecha como las tractomulas y vagones que llevan la caña de azúcar desde las haciendas donde se corta hasta el patio de caña del ingenio. Estos costos tienen varios componentes los cuales son **transporte de caña**, el cual hace referencia a los costos operativos de las tractomulas.

**Arrastre**, el cual hace referencia a los costos operativos de los tractores que trabajan de la mano con las alzadoras en las secciones de cosecha. **Oficios Varios**, hace referencia al costo del personal contratista que ayuda con el enganche y desenganche de vagones, con el diligenciamiento de las guías que llevan la información de identificación de la caña, y demás oficios inherentes a la operación de cosecha. **Guardavías**, que lo conforma el costo del personal que por ley debe controlar el tránsito en las entradas y salidas de trenes cañeros en vías nacionales. Y finalmente **maquinaria de apoyo**, el cual hace referencia al costo de la maquinaria que no hace parte del proceso de levantamiento de caña pero que son indispensables para que dicho proceso se lleve a cabo.

El **desdoblamiento del problema** en análisis estadístico que hace parte de la metodología Seis Sigma consiste en organizar los datos de costos de manera tal que puedan realizar gráficos de Pareto que permitan visualizar de manera más acertada los componentes que tiene más peso e impacto en el resultado final. Para el caso del presente proyecto el problema fundamental está en el costo elevado del transporte manual, para disminuir este costo por lo menos hasta cumplir el presupuesto anual aprobado por gerencia se debe identificar en donde enfocar los esfuerzos lo cual se ira encontrando conforme se vaya desarrollando el proyecto como tal.

El **proceso de estandarización** para el ingenio consiste en realizar modificaciones en el

POE (Procedimiento Operativo Estándar) el cual se encuentra publicado en la intranet corporativa, con base en los resultados obtenidos con la investigación, una vez se modifica este documento se procede a programar por parte del área de gestión con ingenio los entrenamientos y/o reentrenamientos llamados OJT's, y las observaciones también llamadas DTO's los cuales básicamente son evaluaciones en el sitio de trabajo para validar que los procedimientos como tal se estén llevando a cabo a cabalidad y sin errores.

### **10.5 Marco Espacial**

El espacio de investigación comprende únicamente en el ingenio son las secciones 2 y 3 de cosecha manual, puntualmente de todo este procedimiento de cosecha solo se hará énfasis en los costos de transporte de los cuales ya se habló en el marco conceptual acerca de su distribución.

### **10.6 Marco Temporal**

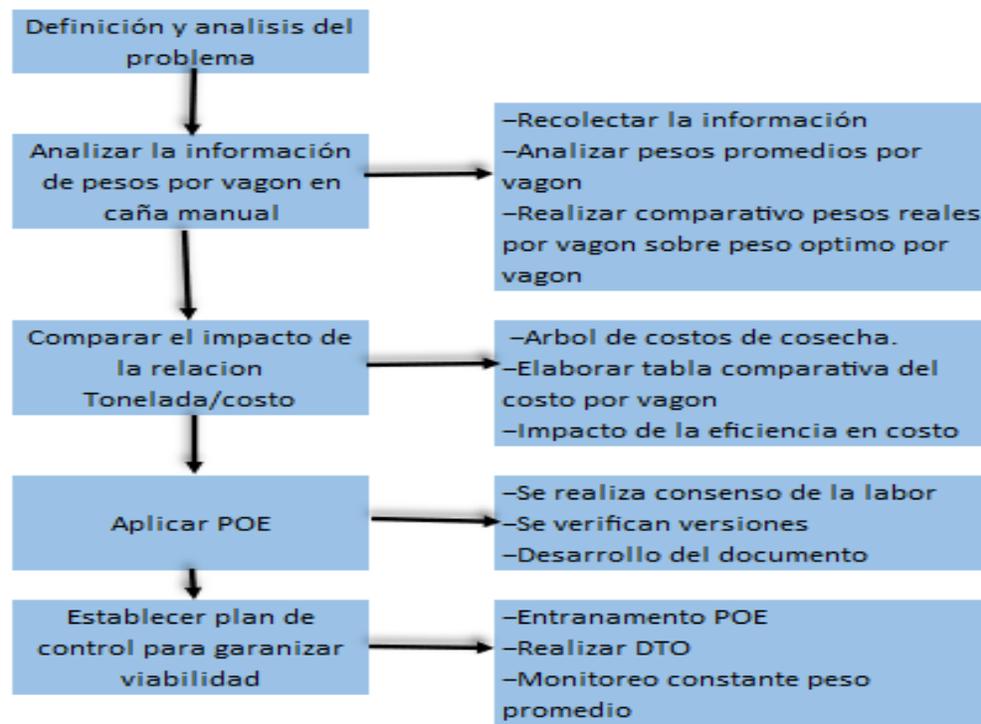
Cabe aclarar que algunos datos históricos se sacaran desde el año 2022, sin embargo, la principal base de datos para la investigación se tomó del año 2023 primer semestre, para alcanzar los resultados obtenidos en el mes de julio del año 2023 y continuar con esta tendencia para el segundo periodo del año 2023.

## 11 Diseño Metodológico

En este capítulo se describen los aspectos relacionados con las técnicas, métodos y herramientas para la revisión, recolección y análisis de la información que hace parte de los insumos.

### 11.1 Esquema Temático de la Investigación

**Figura 9** Esquema temático de la investigación primera parte



**Fuente.** Elaboración propia.

**Figura 10** Esquema temático de la investigación segunda parte



**Fuente.** *Elaboración propia.*

## 11.2 Tipo de Investigación

Esta investigación se basó en la metodología DMAIC, siglas en ingles de los pasos Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Puntualmente en el presente proyecto se busca identificar alternativas para reducir los costos en el transporte de la cosecha manual, anteriormente no se ha aplicado este estudio en el ingenio para dicho proceso por lo tanto se puede definir la investigación como exploratoria.

## 11.3 Investigación Exploratoria

Como dice (Mendez Álvarez, 2011) Los trabajos genéricos enfocados a teoría de mercados, procesos productivos, ciencias administrativas y contables como finanzas, recursos humanos, comercio internacional, economía, costos, etc., son estudios que, por su contenido principalmente teórico, pueden definirse como estudios exploratorios.

#### **11.4 Descripción de la Población y Muestra**

Este proyecto aplica por directriz de la empresa para todo lo que constituye el análisis de costos del transporte de caña de azúcar cosechada manualmente del ingenio del Norte del Valle del Cauca no aplica muestreo alguno.

#### **11.5 Instrumentos y Técnicas Para la Recolección de la Información**

Para la investigación se utilizó principalmente la revisión y análisis de información como herramienta de recolección, dicha información se encontró disponible en las bases de datos de la compañía como SAP, informes gerenciales de diferentes áreas de la empresa y la solicitud de información a líderes de procesos. Sin embargo los datos recolectados y descargados por sí solos permiten desarrollar los pasos de definición de la meta, medición del estado actual del fenómeno de estudio y hasta el análisis estadístico, pero para poder montar un plan de acción que de verdad genere los resultados esperados es necesario realizar una observación directa en campo, ejemplo de esto es cuando se validó la aplicación de la metodología estándar para el alce y acomodo de caña en los vagones de transporte, donde se identificó que algunos operarios de alzada no llevaban a cabo los pasos como estaba definido en el estándar y se presentó la oportunidad de mejorar el peso de los vagones desde el trabajo con ellos.

#### **11.6 Técnicas de Análisis Para el Tratamiento de los Datos.**

En la etapa de análisis estadístico para profundizar en la identificación de posibles causas que afectan el costo del transporte manual se empezó analizando la utilización de las tractomulas por medio de diagramas de Pareto, desglosando la estructura del mismo en tiempos de operación, de taller, efectivos e imponderables para entender mejor los detalles e identificar focos de trabajo.

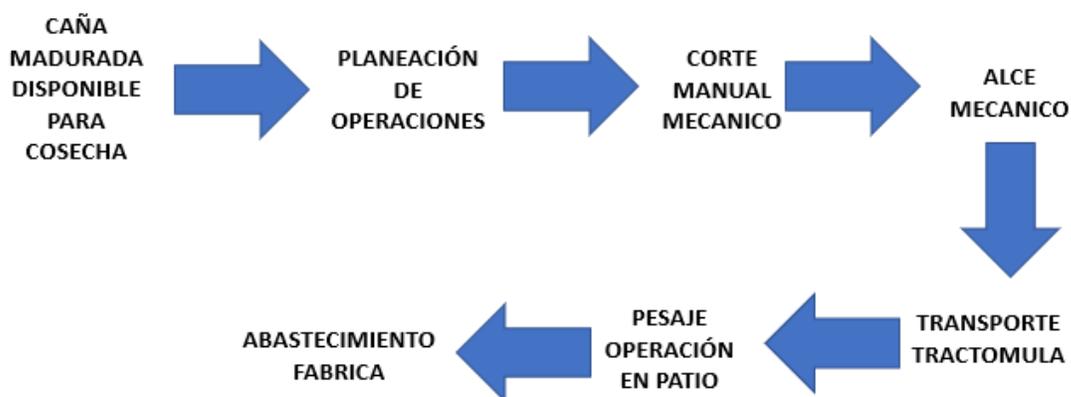
Después de identificar focos que afectan la eficiencia del transporte se procedió a realizar un análisis de las causas (Ishikawa) para encontrar las posibles causas raíz que afectan el proceso. Después de realizar un consenso con el equipo de trabajo incluyendo a los jefes de operaciones y cosecha se procedió a realizar el análisis de variación para el peso de los vagones de transporte manual, este permitió entender la capacidad del proceso para estabilizarse dentro de los requisitos presupuestados y la capacidad del proceso de estar centralizado con respecto a la necesidad de la compañía, con los hallazgos realizados se puede encaminar posteriormente un plan de acción más acertado para alcanzar el objetivo.

Todas las herramientas estadísticas y de análisis de información anteriormente descritas permiten pasar a la etapa de definición de las propuestas para atacar los focos identificados, en primer lugar, se parte desde el análisis de causas ya construido para pasar a construir el análisis de los cinco porqués, con este se logra definir las causas raíz para finalmente atacarlas con la construcción del plan de acción a ejecutar para obtener los resultados esperados. Este plan de acción se detalla acción por acción en cómo se realizó para finalmente exponer los resultados obtenidos desde la operación, eficiencia y costos.

## 12 Analizar la Cuantificación y Priorización en el Transporte de la Cosecha Manual, a Partir de los Datos Históricos del Ingenio

Unos de los procesos más importantes en el sector azucarero es la cosecha, proceso que se realiza después de que la caña cumpla con la edad, semanas de madurante, condiciones de terreno “humedad”, los cuales permiten una generación optima de sacarosa, durante este proceso se llevan a cabo diferentes activades que garantizan la cantidad de caña requerida diaria puesta en basculas con calidad y oportunidad, como se puede observar en la figura 11

**Figura 11** Proceso de cosecha en un ingenio azucarero



*Fuente. Elaboración propia*

### 12.1 A Continuación, se Describe en Detalle Cada Etapa del Proceso

**Caña Madurada Disponible para Cosecha:** Esta actividad se realiza cada 8 días en un comité con personal de cosecha y campo donde se identifica cuáles son las cañas disponibles para la cosecha durante la semana siguiente que cumplas con los requerimientos para poder ser cosechada, “edad, semanas de maduración”, como se observa en la figura 12.

Figura 12 Programación de cosecha semanal, por edad y semanas de madurante

**RESUMEN PROGRAMACION DE COSECHA**

| Zona | Suerte   | Propuest | Program | Año  | Semana | mes | Columna    | Prioridad | Área net | tch | Tons  | Edad HC | producto           | Seman ho | Tran | corte | Z-Agro | Variedad  |
|------|----------|----------|---------|------|--------|-----|------------|-----------|----------|-----|-------|---------|--------------------|----------|------|-------|--------|-----------|
|      |          |          |         |      |        |     |            |           | 29       | 129 | 3,700 | 12.5    |                    | 9        |      |       |        |           |
| 4    | 1144-570 | 9        |         | 2023 | 23     | 6   | EL GARCERO | PRI0 2    | 8.89     | 130 | 1,156 | 13.0    | Bonus              | 8        | 9    | 1     | 11H1   | CC 11-600 |
| 4    | 1698-030 | 9        | 9B      | 2023 | 28     | 7   | EL GUABITO | PRI0 2    | 3.72     | 125 | 465   | 12.4    | Bonus              | 9        | 3    | 1     | 1H1    | CC 05-430 |
| 4    | 1698-031 | 9        | 9B      | 2023 | 28     | 7   | EL GUABITO | PRI0 2    | 2.15     | 125 | 269   | 12.4    | Bonus              | 9        | 3    | 1     | 1H1    | CC 05-430 |
| 7    | 1132-010 |          |         | 2023 | 24     | 6   | LA ISLA    | PRI0 3    | 13.93    | 130 | 1,811 | 12.3    | Fosfato de Potasio | 8        | 6    | 1     | ND     | CC 05-430 |

Fuente. Ingenio azucarero

Planeación de operación: Una vez terminado el comité, se procede a la planeación de la cosecha, una de las actividades fundamentales para garantizar el éxito y alcanzar las metas establecidas dentro de la planificación estratégica de la empresa. Como se observa en la figura 13, se realiza la asignación de las secciones por finca a cosechar, dependiendo la ubicación geográfica, distancia, tipo de corte y porcentaje de participación en la entrada de caña día.

Figura 13 Programación de cosecha, teniendo en cuenta el transporte y sección de corte

**RESUMEN PROGRAMACION DE COSECHA**

| Zona | Suerte   | Propuest | Program | Año  | Semana | mes | Columna     | Prioridad | Área net | tch | Tons   | Edad HC | producto   | Seman ho | Tran | corte | Z-Agro | Variedad  |
|------|----------|----------|---------|------|--------|-----|-------------|-----------|----------|-----|--------|---------|------------|----------|------|-------|--------|-----------|
|      |          |          |         |      |        |     |             |           | 174      | 119 | 20,719 | 4.4     |            | 9        |      |       |        |           |
| 4    | 1144-570 | 9        |         | 2023 | 23     | 6   | EL GARCERO  | PRI0 2    | 8.89     | 130 | 1,156  | 13.0    | Bonus      | 8        | 9    | 1     | 11H1   | CC 11-600 |
| 1    | 1457-040 | 9        |         | 2023 | 9      | 3   | EL GOLFO    | PRI0 2    | 11       | 125 | 1,324  | 13.0    | Bonus      | 10       | 3    | 1     | 5H3    | CC 11-600 |
| 4    | 1698-030 | 9        | 9B      | 2023 | 28     | 7   | EL GUABITO  | PRI0 2    | 3.72     | 125 | 465    | 12.4    | Bonus      | 9        | 2    | 1     | 1H1    | CC 05-430 |
| 4    | 1698-031 | 9        | 9B      | 2023 | 28     | 7   | EL GUABITO  | PRI0 2    | 2.15     | 125 | 269    | 12.4    | Bonus      | 9        | 2    | 1     | 1H1    | CC 05-430 |
| 7    | 1132-010 |          |         | 2023 | 24     | 6   | LA ISLA     | PRI0 3    | 13.93    | 130 | 1,811  | 12.3    | Fosfato de | 8        | 5    | 1     | ND     | CC 05-430 |
| 4    | 1685-011 | 9        |         | 2023 | 24     | 6   | LAS LAJAS   | PRI0 2    | 13.02    | 120 | 1,562  | 12.6    | Bonus      | 8        | 6    | 1     | 7H0    | CC 05-430 |
| 4    | 1337-020 | 9        |         | 2023 | 8      | 2   | LUCERNITA   | PRI0 2    | 1.00     | 90  | 90     | 12.7    | Bonus      | 10       | 7    | 4     | 10H3   | CC 11-600 |
| 4    | 1580-302 | 9        |         | 2023 | 8      | 2   | MEDIALUNA P | PRI0 2    | 4.00     | 115 | 460    | 13.0    | Bonus      | 9        | 8    | 10    | 10H3   | CC 85-92  |

Fuente. Ingenio azucarero

**Tipo de Corte:** este se presenta en dos modalidades, uno en corte Manual (ver figura 14) realizado por hombres y el corte mecanizado (ver figura 16) realizado por maquinas.

**Figura 14** Tipo de corte manual caña de azúcar



**Fuente.** *Elaboración propia*

**Corte de Caña Manual**, es una labor realizada por una cuadrilla de colaboradores (el número de trabajadores depende de la capacidad del ingenio), implementando un machete cortan la caña en el tallo a ras de tierra y en la parte alta donde empieza el cogollo, (como se observa en la figura 14). La caña larga es dejada en chorras ordena en el suelo; existen dos tipos de corte manual, quemado o verde, este último es conocido como “cruda”, se realiza según la necesidades o restricciones que tenga en la quema.

**Corte de caña manual quemado:** este se realiza en el mayor porcentaje durante la cosecha de todo el año, como se observa en la “figura 14”, debido al alto impacto que tiene sobre las eficiencias en el corte, alce y transporte, disminuyendo el costo por la diferencia de precio en caña cortada en verde; también disminuye el riesgo de accidente porque brinda mayor facilidad a la hora de cortarla.

**Corte de caña manual en verde:** este se da en la mayoría de veces por las restricciones que tienen los predios por las normas que rige las entidades gubernamentales en la protección del medio ambiente, también se da cuando se presentan lluvias y no se puede realizar la quema, es casi el doble más costoso que el corte quemado y la eficiencia en corte, alce y transporte de disminuye considerablemente aumentado los costos de operación; es por esto que el porcentaje de corte mecanizado se ha ido incrementado

‘debido a todas estas restricciones y costos que conlleva el corte manual en verde.

**Figura 15** Porcentaje participación modalidad de corte



**Fuente.** Ingenio Azucarero

Como se observa en la figura 15, se ve reflejado el porcentaje de participación en los últimos años por tipo de corte, (quemado, verde o incendio), en el año 2010 el porcentaje de caña quemada era mayor por la baja participación del corte mecánico a medida que fueron pasando los años este se ha disminuido hasta en un 60% comparándolo con el año 2010, este evento se debe las normas y restricciones que se vienen presentando por los entes gubernamentales y una mayor participación en el corte mecánico.

**Figura 16** Corte mecanizado caña de azúcar



**Fuente.** Elaboración propia

**Corte Mecanizado**, es el realizado por maquinas cosechadoras de caña que garantizan el corte y el alce de la caña, como se observa en “la figura 16”, labores que en el corte manual deben de hacerse por separado, actualmente en la industria colombiana esta modalidad se aplica en la mayoría de los ingenios en alta participación por las ventajas y el costo que tiene.

Los dos tipos de cortes son de gran importancia para la industria por las ventajas que brindan en la operación, teniendo en cuenta que en los últimos años se ha incrementado notablemente el porcentaje de participación en las entradas de caña del corte mecánico, como se observa “en la figura 9”, porque brinda muchas más ventajas que el corte manual ya que este depende de personal y día tras día es más difícil contratar la mano de obra, otro tema es el costo y la eficiencia que se logran con el corte mecánico logrando una mayor rentabilidad para las organizaciones.

**Figura 17** Porcentaje de crecimiento Cosecha Mecanizada/caña Manual



**Fuente.** Ingenio Azucarero

En la figura 17 podemos observar cómo ha sido el comportamiento en el crecimiento de los últimos años de corte mecanizado, debido a las ventajas que brinda en la eficiencia cortando más toneladas por día, en el costo siento más económicos debido a la cantidad de caña ingresada por día y la disminución en el pago de parafiscales debido a la

disminución de la mano de obra y por ultimo la reglamentación ambiental que cada día se vuelve más exigente con la restricción de las quemas y el cuidado de la fauna y medio ambiente.

**Figura 18** Maquina alzadora de caña de azúcar



*Fuente Elaboración propia*

En la figura 18 observamos una maquina alzadora de caña, es utilizada para alzar la caña cortada manualmente por personal, puede brindar una eficiencia de corte de hasta 80 ton/h dependiendo del tipo de caña y estado del terreno.

**Figura 19** Tractor Realizando labor de arrastre.



*Fuente. Elaboración propia*

En la figura 19 se observa la labor de alce de caña en la cual se ven implicados una alzadora que es la encargada de llenar los vagones uniformemente, un tractor que se encarga de llevar el vagón a un costado de la alzadora para que esta realice su labor y posteriormente llevarlo a la zona de cargue para enganchar a la tractomula.

**Figura 20** Enchorre de caña quemada



**Fuente.** Elaboración propia

Después de realizar el corte manual, se procede al alce, este proceso se hace mediante una sección o línea de alce que está compuesta por dos alzadoras de caña y 4 tractores de arrastre con sus vagones para ser cargados dentro de las suertes de cosecha como se observa en “la figura 19”; el alce de esta caña lo realiza una alzadora diseñada para levantar la caña cortada manualmente y enchorrada o acomodada de forma perpendicular al surco facilitando el alce y acomodo de la máquina como se observa “en la figura 18”; al lado de la alzadora va un tractor con un vagón que por medio de radio o señas “luminosas o pito” van coordinando el llenado del vagón hasta su finalidad, finalmente el tractor al ser cargado sale de la suerte en busca de la zona de cargue o patio para desenganchar y posteriormente engancharle estos vagones a la tractomula encargada del transporte y llevada a la fábrica.

**Figura 21** Ciclo del transporte de caña de azúcar



**Fuente.** Elaboración propia

El proceso de transporte de la caña tal y como lo muestra la Figura 21, es el utilizado por toda la industria el cual se encarga de transportar la caña del sitio de cosecha a la fábrica se hace por medio de una tractomula y vagones de transporte que dependiendo el tipo de corte así mismo es la capacidad de cada uno, este proceso inicia en el patio de caña donde se hace un alistamiento detallando por cada vagón verificando que este en óptimas condiciones para el transporte, luego pasa a un taraje para validar que no supere el peso promedio permitido al terminar reporta al controlador para recibir indicaciones de la sección a la cual se debe dirigir al tener estas instrucciones inicia el recorrido de la fábrica al sitio de cosecha en vacío, al llegar a la sección se le desenganchan los vagones para ser llenados por la alzadora y el tractor al terminar este proceso se procede a enganchar los vagones cargados los cuales deben de validar su estado mecánico para empezar con el transporte del sitio de cosecha a la fábrica, llega a la báscula para realizar el pesaje de la caña, pasa al muestreo y por ultimo inicia el proceso de descargue de los vagones a la mesa de caña. “Los primeros 4 pasos solo se hacen al iniciar turno o le toque cambiar de

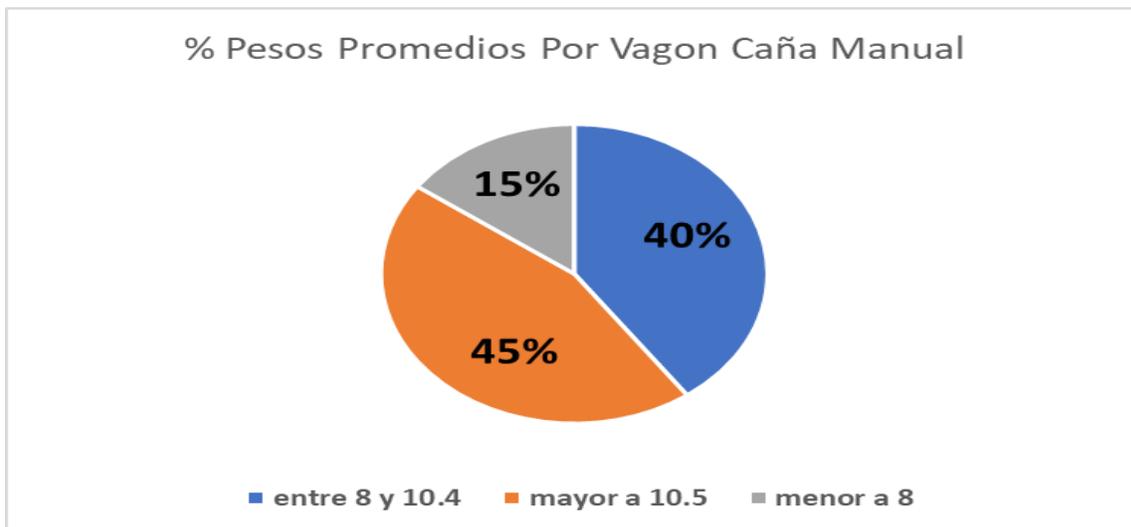
equipo”

Mediante todo este proceso llamado CAT corte, alce y transporte de la caña de azúcar, se viene presentado pérdidas de eficiencias y un alto costo por el cargue inadecuado de los vagones en el alce de caña manual, al no tener un estándar o no hacerle un seguimiento constante al peso promedio por vagón.

### 12.2 A Continuación, se Describe el Análisis del peso promedio por vagón

Realizando el análisis de la información de la entrada de caña por vagón del año anterior se observa que hay una acción de mejora si se lleva todos los vagones al promedio estándar del ingenio de 10.5 ton por vagón en caña quemada, Como se observa en la figura 22, el 55% de los vagones pasados por bascula tiene un peso menor al promedio estándar del ingenio, aumentando los costos y disminuyendo la eficiencia en el transporte.

**Figura 22** Porcentaje pesos promedios por vagón caña manual

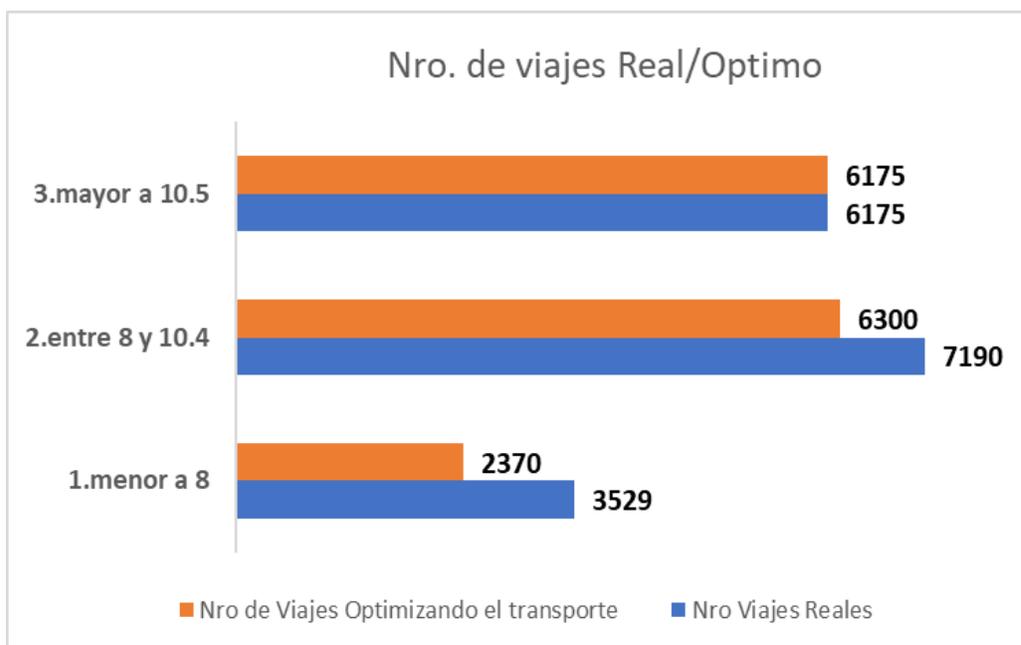


**Fuente.** Elaboración propia.

En la figura 22 se refleja el porcentaje de cada uno de los pesos promedios de los vagones donde el color gris muestra que tenemos un 15% de la entrada de caña anual por debajo de 8 toneladas por vagón en el cual no se puede hacer mucho para mejorar la eficiencia porque este obedece la mayoría a caña cortada en verde “sin quemar”, la cual

dificulta el acomodo de la caña en el vagón por la cantidad de biomasa o materia extraña “hojas y/o chulquines”, que ella tiene, también encontramos la caña dejada en campo por la cosecha mecánica, labor que se hace manualmente después de que se cosecha una suerte mecánicamente con personal que se encarga de repicar y recoger la caña que se quedó en campo, en el color azul que representan un 40%, de la caña entrada es donde encontramos el foco a mejorar, debido a que esta caña es quemada facilitando el alce y acomodo de la caña en los vagones, el 45% restante representa el porcentaje donde queremos llevar la mayor cantidad de caña quemada.

**Figura 23** Nro. De viajes al año dependiendo la eficiencia por vagón.

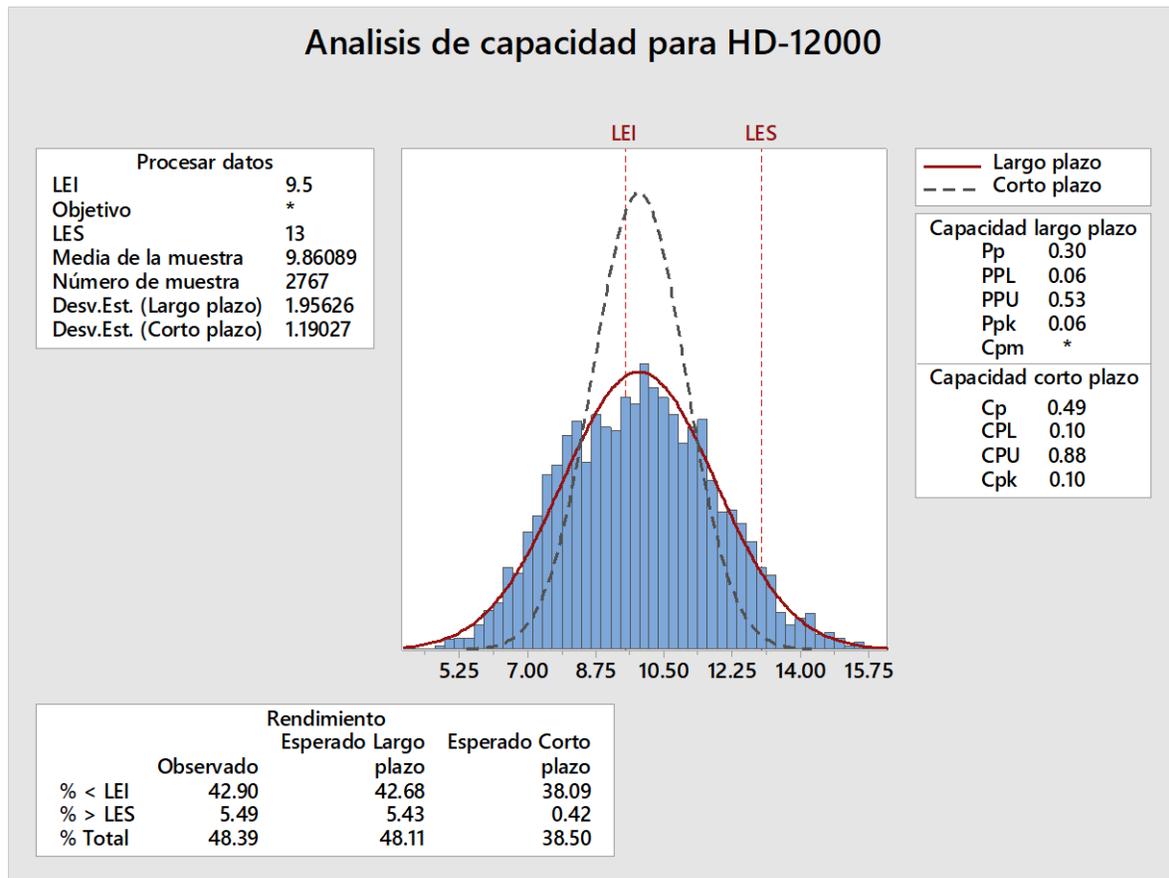


**Fuente.** Elaboración propia.

La figura 23 se observa que las barras de color azul muestran la cantidad de viajes hechos en todo el año sin tener en cuenta la eficiencia en el transporte de caña y las barras de color naranja representamos la cantidad de viajes realizados si llevamos el transporte a una mayor eficiencia llevando los vagones que se encuentran entre 8 y 10.5 ton/vagón a el promedio estándar del ingenio (10,5 ton), causando un ahorro significativo para la compañía y optimizando el uso de maquinaria.

## 12.3 A Continuación, se Describe el Análisis de Capacidad de los Vagones de Caña Manual:

**Figura 24** Análisis de capacidad del cargue de vagones de caña manual en el ingenio



**Fuente** Elaboración propia

Revisando el análisis de capacidad, se definieron unos límites de especificación holgados pero aceptables para la necesidad del proceso, LEI= 9.5 ton y LES= 13 ton. Este rango abarca los pesos aceptables considerando tanto cargue interno como cargue externo (el cargue interno hace referencia al tránsito de las tractomulas por vías que son propiedad de los mismos dueños del ingenio, por lo tanto son propiedad privada y no pagan peajes, las vías externas son las que utiliza el ingenio por medio de acuerdos con las autoridades de tránsito para el transporte terrestre de caña de azúcar con vehículos extra dimensionados y extrapesados) para el caso del cargue externo se deben cumplir todas

las regulaciones y acuerdos legales para el transporte de la caña, uno de ellos es que la caña no debe sobresalir de la baranda de los vagones de transporte lo que obliga a cargar menos caña que en el cargue interno.

Continuando el análisis del gráfico de capacidad se tiene un promedio de 9.86 toneladas, el cual está dentro de las especificaciones, el número de pesajes evaluados en todo el año para los vagones mencionados es de 2767, por otro lado, la desviación estándar de corto plazo hace referencia a la desviación estándar de los datos eliminando las causas especiales como las mencionadas en el análisis "Análisis de Variación Gráfica I-MR". Se puede ver que la desviación estándar de corto plazo es de 1,19 toneladas, es decir que naturalmente el cargue de vagones se desvía más o menos 1,19 toneladas en promedio con respecto a la media de 10.5 toneladas. Sin embargo, cuando revisamos la desviación estándar a largo plazo, es decir contemplando las causas especiales el valor sube a 1,95 toneladas, teniendo en cuenta que cada uñada de caña bien cargada pesa en alrededor de 800 Kg, se está hablando de que la variación del cargue de estos vagones va en promedio en 2 uñadas o caña cargada por la alzadora, lo cual es un dato considerablemente alto si lo que se busca es estandarizar y reducir la variación.

Lo que se puede ver a simple vista en el anterior gráfico es que la media de los datos está desplazada a la izquierda con referencia a los límites de especificación, pero para un análisis más profundo en el tema se deben revisar los indicadores de capacidad, en primer lugar, el indicador CP compara el ancho de las especificaciones, es decir la tolerancia definida con la amplitud de la variación, para este caso el  $C_p = 0,49$ . Este valor al ser menor que 1 nos dice que la amplitud del proceso es más grande comparado con las especificaciones y se requiere modificaciones para lograr estabilizarse. Este indicador hace referencia a la capacidad potencial del proceso. Por otro lado, tenemos el indicador Cpk, el  $C_p$  por sí solo no contempla el desplazamiento de los datos si tienen la capacidad de estar dentro de los límites de especificación, pero el Cpk nos permite identificar si el

proceso está desplazado con respecto a la media y si los datos están centrados con respecto a los límites de especificación, cuando el Cp y el Cpk son iguales se puede decir que los datos están centrados con respecto a las especificaciones, si el proceso no está centrado el valor del Cpk será menor que el Cp. Para el caso del presente estudio tenemos un Cpk de 0,1 así que claramente se puede evidenciar que los datos del proceso no están centrados con respecto a los límites de especificación.

En el análisis de los indicadores Cp y Cpk se tuvieron en cuenta únicamente los datos que están dentro del subgrupo o límites de especificación, ahora para complementar el análisis debemos tener en cuenta los indicadores Pp y Ppk, los cuales si tienen en cuenta la variación de la totalidad de los datos, para este caso el Pp= 0,3 el cual al ser menor a uno nos dice que la dispersión de los datos es superior a los límites de especificación lo cual es coherente con el indicador Cp, por otro lado el indicador Ppk= 0,06 indica la distancia entre la media del proceso al límite de especificación más cercano, pero también mide la dispersión unilateral del proceso (variación  $3\sigma$ ) con respecto a su variación a largo plazo. Para este caso el valor del Ppk es bajo y por lo tanto indica que la distancia de la media del proceso hasta el límite de especificación más cercano es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo tanto, se concluye con este valor que la capacidad del proceso a largo plazo es deficiente. Finalmente comparando los datos tenemos lo siguiente:

Cp= 0,49

Cpk= 0,10

Pp= 0,3

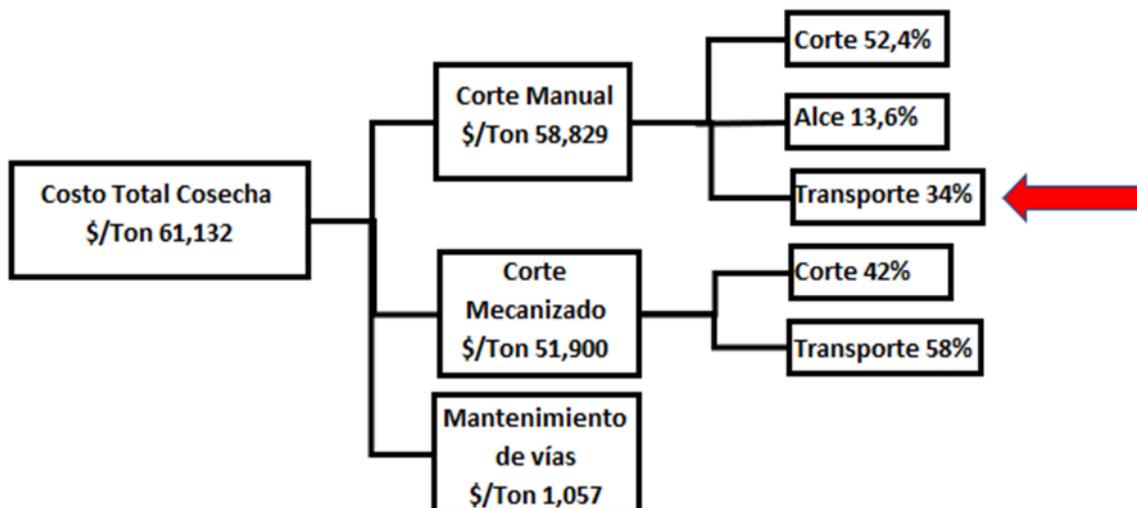
Ppk= 0,06

## **12.4 Conclusión del Análisis de Capacidad Para el Cargue de Caña Manual en los Vagones de Transporte**

Se evidencia que el proceso actualmente no tiene la capacidad de mantener los pesos del cargue en los vagones dentro de las especificaciones mínimas requeridas ya que su dispersión es bastante grande, tanto revisando solo la variación de los casos que están dentro de las especificaciones ( $C_p$ ) como evaluando la totalidad de los pesajes ( $P_p$ ); por otro lado, el valor  $P_{pk}$  es bastante menor al  $P_p$ , esto nos da claridad de que teniendo en cuenta las causas especiales de variación también tenemos una desviación importante con respecto a la media de los límites de especificación. En resumen, se deben reducir los casos especiales, que son generalmente los cargues que están por fuera de los límites de especificación, también se debe reducir la variación del cargue y además de esto ajustar el proceso para desplazar la media de los datos hacia un valor más centrado con respecto a la media de los límites de especificación, todo esto desde la revisión de la aplicación de la metodología del proceso, y el cumplimiento de los estándares establecidos.

Con los análisis realizados se identificó una oportunidad de mejora importante y necesariamente se requirió enfocar los esfuerzos en el proceso de cargue de caña en los vagones de transporte mejorando así eficiencia y reduciendo costos.

**Figura 25** Estructura árbol de costo cosecha



**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en la figura 25 el costo del transporte manual para el ingenio según los datos históricos del 2021 al 2022 constituyen el 34% del total del costo de la cosecha manual, la cual a su vez conforma el 44.4% del costo del CAT (corte, alce y transporte), lo que muestra la relevancia dicho indicador para garantizar los resultados globales de la organización. En esta etapa del proyecto se buscó desagregar los componentes del costo del transporte manual en los subgrupos que lo componen para finalmente definir el foco de trabajo por medio de la elaboración de un árbol de costos que permita cuantificar cuántos de ellos deben trabajarse para lograr el impacto esperado, es decir empezar con el subgrupo que más impacta los costos y si no alcanzaba a cubrir el valor de ahorro esperado definido en el objetivo anterior se continuaba trabajando sobre el segundo subgrupo que mayor impacto tiene.

Teniendo en cuenta que el proyecto se encaminó hacia la reducción del costo del transporte manual se hicieron una serie de análisis comparativos y teniendo en cuenta las recomendaciones del gerente del área se desarrolló lo siguiente.

Como base, se pidió revisar los datos históricos mes a mes de los años 2021 y 2022 del costo del transporte de caña manual, esto con el fin de encontrar de dichos valores cuales

eran los tres mejores valores del costo en el transporte manual, para así apuntar a realizar una mejora al proceso. Se graficaron dichos costos como se muestra a continuación.

**Figura 26** Costo Transporte Caña Manual 2021



**Fuente** Elaboración propia

**Figura 27** Costo Transporte Caña Manual 2022



**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en las figuras 26 y 27, se ve reflejado el valor de la tonelada puesta en bascula de los años 2021 y 2022 mes a mes, allí se tienen en cuenta variables exógenas como el tiempo, temporada predominante del mes, es decir invierno, verano o transición ya que la humedad de los terrenos influye directamente en las operaciones de la cosecha y el transporte como tal.

Cuando se presentan lluvias las máquinas se entierran en los terrenos de cosecha, las

tractomulas no pueden transitar por los callejones ideales, se deben hacer recorridos más largos por vías embalstradas o con material (roca muerta), además muchas veces las tractomulas necesitan apoyo de un buldócer que las empuje para salir de las secciones de cosecha cargadas. Por la mayor dificultad en la operación bajan los volúmenes de caña entrada, se elevan los consumos de combustible por mayores recorridos y más esfuerzo de las tractomulas causando finalmente que el costo del transporte se eleve.

Por el contrario, cuando se cosecha en meses de verano y transición, como enero, febrero, marzo, abril, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre las lluvias son mínimas, los callejones generalmente están en buenas condiciones, los tiempos de espera de cargue se reducen en las secciones de cosecha y los recorridos de tractores y tractomulas son más cortos, lo que favorece finalmente el costo del transporte.

### 13 Aplicar POE en el Alce de Cosecha Manual del Ingenio

Con la necesidad de minimizar los costos en el proceso de la cosecha del ingenio, se revisan y se validan que causas están generando un mayor costo a la hora de ejecutarlos, después de identificar focos que afectan la eficiencia en el transporte de caña manual se procedió a realizar un análisis de las causas (Ishikawa) para encontrar las posibles causas raíz que afectan el proceso, este proceso se realiza entre los jefes de cosecha y operaciones, ingenieros de cosecha y director de cosecha.

#### 13.1 Causas que Afectan el Proceso de Alce de Caña Manual

**Figura 28** Causas que afectan el proceso



**Fuente** Elaboración propia

Con este análisis se concluyeron los siguientes puntos:

Todos los tiempos que hacen referencia a cargue y descargue de los equipos en la clasificación de tiempos operativos son sumamente importantes, pero hacen parte de otros proyectos en curso que van a aportar positivamente a la mejor utilización de las

tractomulas estos tienen que ver con la mejora de la eficiencia de las alzadoras y el control y mejora de los tiempos de descargue en la mesa de molienda, por lo tanto, estos ítems no serán objeto de estudio del presente proyecto.

Los tiempos de taller componen aproximadamente el 23% de la ocupación de las tractomulas de la flota, pero teniendo en cuenta que todos los días está presupuestado tener tres tractomulas en taller para mantenimientos, solo con esta política el taller implica el 17% de los tiempos de ocupación es decir se está hablando de una disponibilidad del 83% máxima si no se presentarán nunca mantenimientos correctivos frente a un 77% actual, es decir el taller presenta un 6% de tiempos de todas las tractomulas para trabajar en mantenimientos correctivos. Esta información se le compartió al área del taller agrícola sin embargo no se considerará como objeto de estudio mejorar los tiempos de ocupación del taller en el presente proyecto, este también hará parte de otro proyecto en los que se brindará apoyo de forma compartida.

Los cambios de turno impactan la utilización de las tractomulas ya que se debe tener en cuenta que los operarios trabajan turnos de doce horas y descansan veinticuatro, por lo tanto, una sola tractomula la operan tres personas que hacen cambios de turno a las 6:00:00 y a las 18:00:00. Como se procura que las tractomulas estén en constante movimiento es difícil que los lugares donde coincida la hora para todos sea el mismo punto que le quede más fácil a los operarios que apenas entran a trabajar, por esta razón muchas veces los mismo operarios buscando encontrarse con su compañero llevan a cabo procesos que impactan negativamente la normal continuidad del transporte, por ejemplo, conducen más lento tratando de llegar a una hora determinada al punto de cambio de turno, detienen la tractomula y la reportan con llantas descalibradas para esperar a que llegue el operario que recibe el turno, entre otros. La solución más eficaz para esta problemática es contar con el control de flota que actualmente está en proceso de implementación en todos los equipos del ingenio Riopaila Castilla, este permite ejercer

un mayor control para evitar los malos procedimientos en la operación.

Las vías en mal estado causan retraso en las tractomulas ya que no pueden desplazarse a una velocidad normal, afortunadamente para el 2021 se restableció el mantenimiento de vías de una forma más organizada, las fincas se empezaron a visitar por los ingenieros de cosecha con dos meses de anticipación lo que permite identificar que vías son más críticas para programarles el mantenimiento. Este consiste en enviar viajes de roca muerta para que una motoniveladora se encargue de regarlos y afirmar las vías permitiendo el tránsito de equipos pesados sin que estos se hundan o patinen en terrenos muy húmedos, también sirven para rellenar huecos que obligan a pasar extremadamente lento a las tractomulas.

Los servicios de camabaja afectan directamente el transporte ya que implica quitarle utilización efectiva a las tractomulas para colocarlas a hacer labores operativas que como se explicó anteriormente hacen referencia a los tiempos de labores de apoyo o de espera, en este caso las secciones inevitablemente se van a tener que mover de una finca a otra, y los equipos se deben mover, sin embargo se concluyó que lo que aumentó la utilización de las tractomulas para el uso de camabajas fue el bajo TCH (Toneladas de Caña Por Hectárea), este indicador depende expresamente de la calidad de elección de variedad de caña a sembrar en un suelo determinado y la correcta y oportuna realización de labores de levantamiento. Cuando el TCH es bajo, las secciones se demoran menos en cosechar la caña y en menos tiempo van a requerir ser transportadas a otra finca, para atacar dicho problema con el TCH también se estableció un equipo de mejoramiento en el área de campo encargada de optimizar el indicador y por obvias razones no será objeto de estudio del presente proyecto. Por otro lado, otra razón para aumentar la utilización de las tractomulas en camabajas es la baja disponibilidad de buldóceres que existe en el ingenio, el buldócer es necesario para tapan las acequias de riego de los lotes de caña y que así finalmente puedan ingresar las máquinas a cosechar. Se presentan

constantemente días en los que solo se cuenta con dos o tres buldóceres para tapar en todas las secciones, lo que implica estarlos desplazando de una sección a otra en camabajas, afectando finalmente la utilización de las tractomulas por esta razón para el 2023 se aprobó en el CAPEX la compra de seis palas tapadoras de acequias que se le instalan a tractores para que la utilización de buldócer pueda bajar.

### **13.2 Análisis de Variación**

Finalmente se definió que se debía analizar la variabilidad de los cargues de caña en los vagones de transporte de forma más detallada para que se pudiera demostrar la necesidad de lograr la estabilización del proceso, con el fin de aprovechar la capacidad volumétrica de los vagones de transporte lo mejor posible y así finalmente lograr una mayor eficiencia y de esta forma se impacte positivamente el costo de operación.

Para profundizar en el análisis del proyecto teniendo en cuenta que el direccionamiento desde la gerencia es trabajar principalmente en la eficiencia del transporte de tractomulas para reducir finalmente el costo total del transporte manual con respecto al 2022 se empezaron a realizar varios análisis estadísticos.

El estudio se enfocó puntualmente en el análisis de la variación del cargue de caña en los vagones para finalmente impactar en la eficiencia (Ton/viaje).

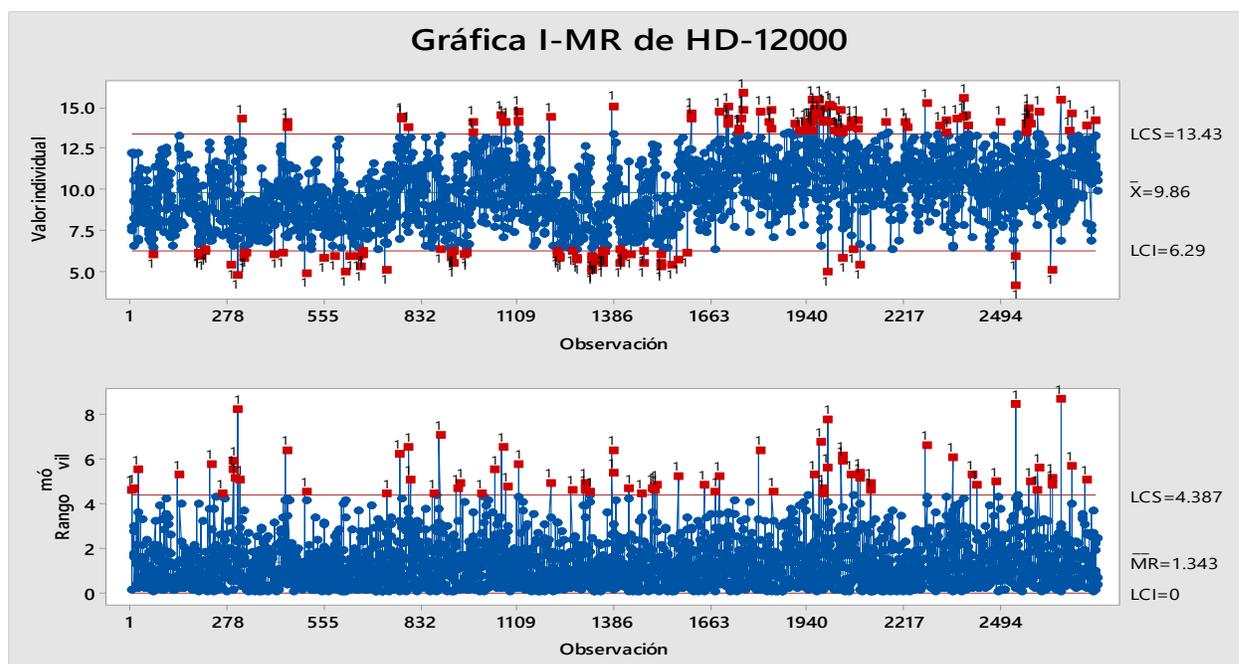
Para revisar cómo se vienen cargando los vagones se tomó una muestra aleatoria definiendo que vagones se iban a evaluar ya que cada vagón es pesado varias veces en el día y se cuenta con alrededor de 187 vagones en el ingenio. Por otro lado, la idea es tener datos de todos los periodos del año, por lo tanto, no se debe tomar muestra de un periodo de tiempo determinado sino revisar todos los cargues de caña realizados en el mismo año.

Los vagones escogidos fueron los siguientes de acuerdo con su numeración interna de empresa (38150, 38151, 38152, 38153, 38155).

Se ingresaron los datos de los diferentes pesos en Minitab para realizar los siguientes

análisis

**Figura 29** Análisis de Variación Grafica I-MR



**Fuente** Elaboración propia

En la ilustración anterior podemos observar el gráfico de control para el cargue de todo un año de los vagones mencionados anteriormente, esta gráfica es para revisar la variación en los cargues con alzacora de caña en los vagones y describe la realidad del proceso ya que se utiliza para datos continuos que no están en subgrupos. Lo que se puede evidenciar es que dentro de los límites de control tenemos la mayoría de los datos, sin embargo, se presentan muchos casos especiales, (pesos por fuera de los límites de control). Entrando a analizar las causas de estas anomalías principalmente se tienen las siguientes:

- Cuando se carga caña sin quemar, el volumen de la hoja reduce la capacidad de cargue de caña para los vagones, se llegan cargar hasta un 12% del peso del vagón con materia extraña vegetal, por esta razón el corte en verde se limita a las zonas donde necesariamente se pide corte manual por parte de los proveedores y donde existen restricciones ambientales para quemar, los pesos de los cortes en

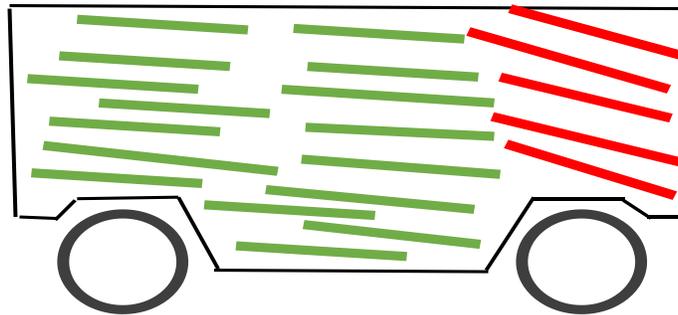
verde generalmente no están dentro de los límites de control para el cargue de caña, pero se deben seguir cortando con una participación que oscila entre el 11% y 13% para cumplir con el presupuesto.

- Cuando se trabaja en humedad saturada de los cultivos de caña, es decir suelos con lluvias acumuladas en un mismo mes mayores a los 100 mm, o con lluvias en los 3 días anteriores que superan los 40 mm generalmente se causan dificultades para que las llantas de los tractores y alzadoras de cosecha rueden normalmente, conforme los vagones se empiezan a cargar al tener mayor peso se entierran aún más en el cultivo haciendo que sea extremadamente difícil sacar los vagones a los callejones. Por esta razón cuando se trabaja con dicha humedad dependiendo el grado de dificultad se cargan los vagones a un 80% o 70% de su capacidad, si la humedad sigue causando dificultades se llega a tomar la decisión de cargar los vagones hasta a un 50%, sin embargo, estos casos son puntuales en el año. Este caso especial es impredecible ya que la operación de cosecha tiene órdenes de trabajar aun en meses de invierno y las lluvias se pueden presentar en mayor o menor medida en una ubicación geográfica específica y afectar los cultivos y la operación, no es algo que a base de planeación se pueda controlar fácilmente.
- Por otro lado, tenemos los cargues que por operación no aprovechan toda la capacidad volumétrica de los vagones, teniendo en cuenta variables como estado de la caña, tamaño del vagón, posición de cargue, entre otros.

### **13.3 Realización del “POE” Procedimiento Operativo Estándar**

Teniendo en cuenta el análisis anterior se cita a varios operadores que realizan la labor, se le explica para que son citados y posterior a esto se les solicita que cada uno escriba la forma en que está realizando la labor de acuerdo con su experiencia y conocimiento, a continuación, se relaciona la forma en que estaban realizando el llenado del vagón.

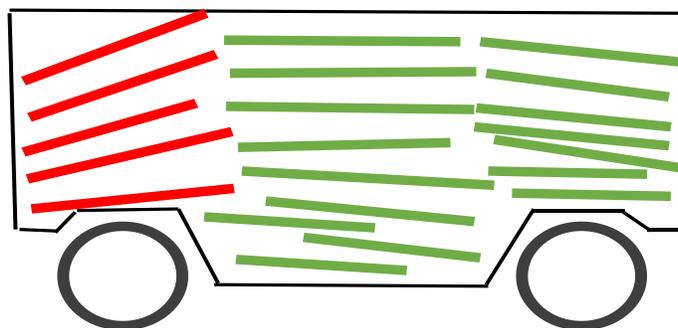
**Figura 30** Primera forma de llenado de vagón de transporte de caña manual



**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en la figura 30, el operador inicia la labor de llenado del vagón en la parte de atrás hasta llenar toda esa parte, luego sigue en el centro del vagón hasta llenarlo hasta la parte superior y por último en la parte de adelante que es donde se genera la pérdida en la capacidad del vagón por el largo de caña esta no queda bien distribuida quedando espacios vacíos dentro del vagón y disminuyendo la capacidad. (resaltada en rojo en la figura 30.)

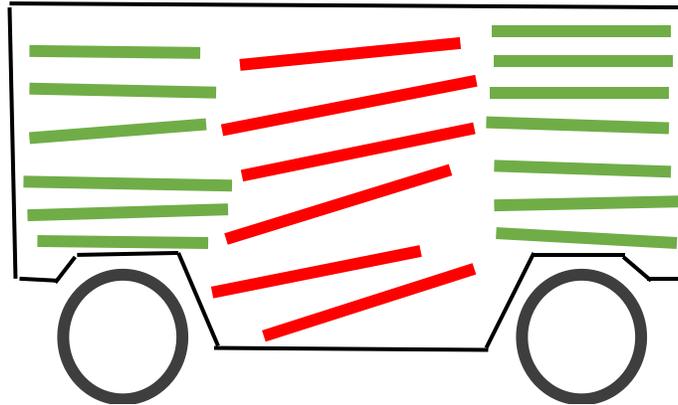
**Figura 31** Segunda forma de llenado de vagón de transporte de caña manual



**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en la figura 31, el operador inicia el llenado del vagón por la parte delantera y centro hasta llenar hasta la parte superior luego en la parte de atrás donde se genera las pérdidas de eficiencia.

**Figura 32** Tercera forma de llenado de vagón de transporte de caña manual



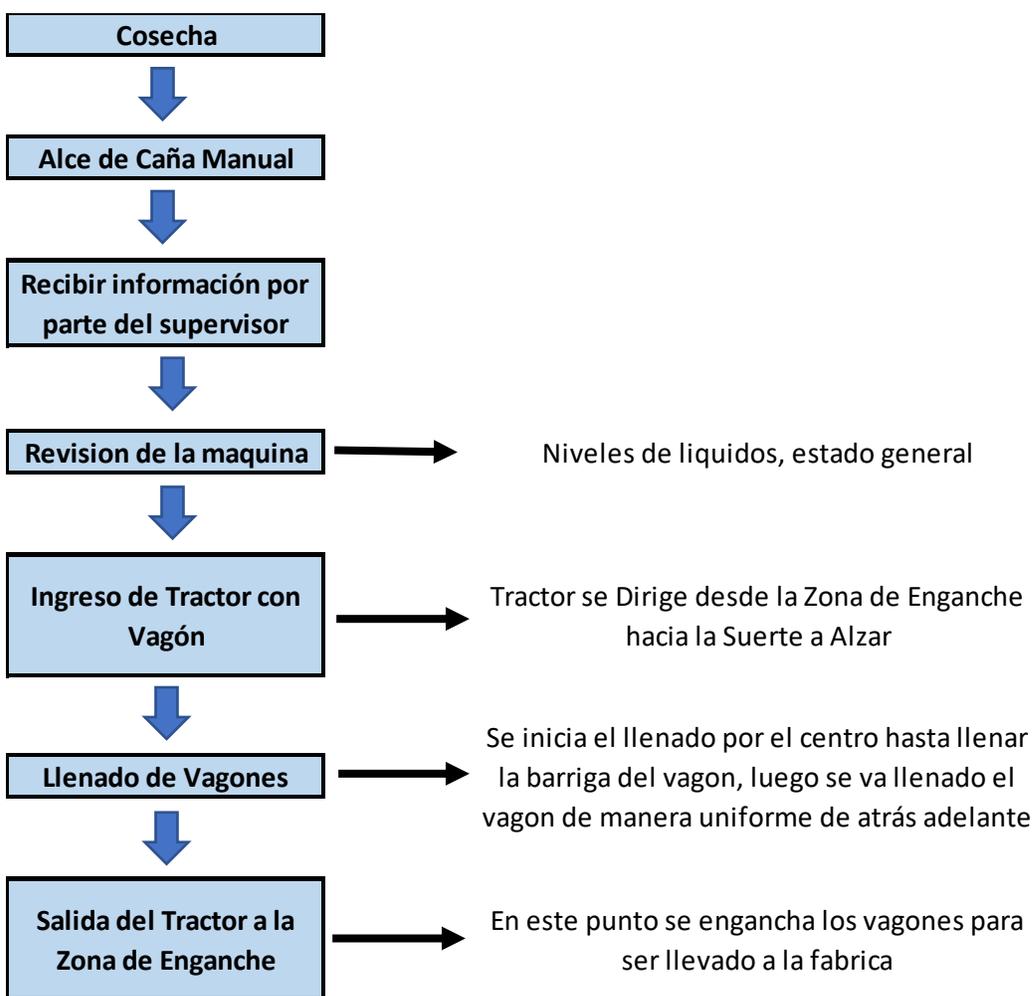
**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en la figura 32, el operador empieza el llenado del vagón por los dos extremos “adelante y atrás”, dejando la parte del centro de último en la cual se genera la pérdida de capacidad por el poco espacio que queda y el tamaño de la caña.

Después de tener las diferentes versiones por parte de cada uno de los operadores y con la ayuda de jefes, ingenieros y supervisores, se hace un consenso, se escoge de cada punto expuesto del proceso el mejor según la experiencia, conocimiento y análisis para conformar o realizar la Práctica Operativa Estándar “POE” que se describe a continuación:

### 13.3.1 Diagrama Procedimiento de Alce Manual

Figura 33 Diagrama procedimiento de alce manual



Fuente Elaboración propia

#### Resultado esperado:

Garantizar la productividad y la calidad en la operación de alce mecánico de caña.

#### Recursos o Materiales Necesarios:

Caña cortada, alzadora de caña, vagones y tractores.

#### Recomendaciones de seguridad:

Dotación del operario y elementos de protección personal, cumplimiento del manual de seguridad del equipo y normas de tránsito. Conservar una distancia de 10 m

aproximadamente entre personas, máquinas y/o equipos de transporte en movimiento mientras las condiciones de los callejones lo permitan.

### **Actividad 1.**

Revisar visual y mecánicamente las condiciones en las que se encuentra la alzadora antes de ser operada.

En esta actividad se revisa el estado general de la máquina, fules de aceites de motor, hidráulico, transmisión, refrigerante y el estado físico de la máquina, llantas, lamina, retrovisores, garantizando que la maquina este en óptimas condiciones para empezar a realizar la labor.

Puntos de Atención: Tener en cuenta la información entregada por el operario de turno saliente acerca del estado de la maquina y condiciones de operación. En caso de encontrar una avería en el equipo se debe informar al supervisor de cosecha para solicitar servicio de revisión y reparación.

### **Actividad 2.**

Recibir información por parte del supervisor acerca de la ubicación del sector y la suerte que se va a cosechar:

En este punto el supervisor, le pasa los datos de la finca que se ve a cosechar (sector, suerte y orden), para ingresar la información al sistema de control de flota y garantizar que se digiten los códigos de actividades necesarios presentadas durante la labor de alce de caña, con el fin de que los costos de la cosecha queden imputados a la orden correspondiente y poder medir las eficiencias de la maquinaria en cada una de las suerte o finca cosechada.

Puntos de Atención: Se debe tener clara esta información en caso de no tenerla solicitarla a la torre de control o ingeniero de cosecha.

**Actividad 3.**

Realizar planeación de la operación con el supervisor de acuerdo con las condiciones del terreno y operación de la máquina.

**Figura 34** Estado del terreno, suerte con alce de cosecha manual



**Fuente** Elaboración propia

En este punto el supervisor le manifiesta al operador la forma en la cual se van a realizar las operaciones de alce, teniendo en cuentas todas las variables que se pueden presentar en la suerte que se va a cosechar, (humedad del terreno, callejones angostos y en mal estado, circuitos, bahías de enganches, obstáculos dentro y fuera de la suerte, con cuantos vagones se va a trabajar), con el fin de garantizar la entrada de caña programada para el turno, evitar accidentes, daños a la maquinaria y a la suerte que se está alzando para garantizar la productividad del lote para la próxima cosecha.

Puntos de Atención: El alzador debe validar con el supervisor las condiciones del terreno, además de garantizar que el cargue sea ajustado a las condiciones del transporte y rutas.

Al subir a la maquina tener en cuenta los tres puntos de apoyo con el fin de evitar accidentes.

Tener en cuenta ubicación de hidrantes, obras civiles, postes de alumbrado eléctrico, cableado eléctrico, arboles, acequias, entre otros, Recibir información de Sector - suerte, orden y lote a alzar.

#### **Actividad 4.**

Realizar una calibración inicial de los apiladores de la alzadora:

**Figura 35** Calibración del apilador



**Fuente** Elaboración propia

En esta actividad el operador debe de ingresar a la suerte por la chorra donde se va iniciar el alce, luego debe de ajustar la altura óptima del apilador para evitar el arrastre de materia extraña mineral o vegetal como se observa en la figura 35.

Puntos de Atención: Se debe inspeccionar constantemente el control del apilador; éste varía dependiendo de las condiciones del terreno.

### Actividad 5.

Ingresar la alzadora hasta la chorra y apilar según el estado del terreno:

**Figura 36** Cantidad de caña apilada o arrumada



**Fuente** Elaboración propia

En esta actividad el operador después de haber calibrado la altura óptima del apilador este se desplaza hacia adelante apilando la caña que está cortada en el piso garantizando que esta no se deslice por los lados y que apile o arrume la cantidad necesaria para alzar más o menos entre 500 a 800 kilos por uñada.

Puntos de atención: En invierno cuando el bulldozer o la alzadora corra la caña del drenaje hacia dentro del lote, solo se debe arrastrar máximo 3 metros.

Evitar el alce de tierra y Materia vegetal.

Cuando se encuentren líneas con problemas de calidad en el corte, se debe apuntar la ficha e informar al supervisor de alce.

La distancia de desplazamiento de la alzadora para apilar o arrumar depende del TCH de la caña garantizando una buena labor.

**Actividad 6.**

Iniciar alce tomando la uñada de la parte de encima de la caña apilada:

**Figura 37** Uñada de caña



**Fuente** *Elaboración propia*

En este punto el operador después de haber apilado la cantidad necesaria de caña este inicia el alce de la caña tomando la uñada de la parte de encima de la caña apilada, llevándola hasta el vagón y depositándola en el.

Puntos de Atención: Los vagones con corte diagonal se cargan por el lado izquierdo de las alzadoras para permitir la visibilidad.

## Actividad 7.

Inicio del cargue del Vagón:

**Figura 38** Llenado de vagón



**Fuente** Elaboración propia

En esta labor el operador debe comenzar a cargar el vagón depositando las dos (2) primeras uñadas en el centro del vagón para garantizar el llenado de la barriga, luego se reparte uñada por uñada (adelante, atrás y medio) para evitar dejar espacios vacíos, hasta llenarlo a ras de baranda.

Puntos de Atención: Aplica para vías nacionales.

NOTA: En vías nacionales el vagón debe ir sin cabeza y cola (a ras de baranda), en vías internas se puede trabajar cabeza y cola a una altura que no genere desperdicios y/o regueros en la suerte y vía hasta la planta.

Los semirremolques se deben llenar de atrás hacia delante.

No recoger caña que este fuera de la chorra si esto involucra mucha materia extraña.

### Actividad 8.

Espacios entre líneas para traslado y giros:

**Figura 39** Línea de alce de caña manual



**Fuente** Elaboración propia

Al terminar una línea las alzadoras se trasladan dejando de seis a diez líneas máximo de caña sin alzar y vuelve a ingresar, esto para garantizar un giro adecuado del tractor con los vagones de transporte

Puntos de Atención: En presencia de humedad se deben dejar cuatro líneas si el equipo anda solo. En caso contrario se debe hacer línea por línea.

### Actividad 9.

Al terminar el alce en la suerte informar al supervisor y esperar indicaciones de traslado.

Puntos de Atención: Validar que no queden montones por alzar en los lotes, de requisas realizadas posteriores al alce de las líneas de la melga.

Figura 40 Procedimiento operativo estándar POE

| <b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTANDARIZADO (P.O.E.)</b>   |  |  |
|---|--|--|
| <b>CÓDIGO:</b> POE-HDC-031 <b>No. EDICIÓN:</b>  | <b>NOMBRE TAREA:</b> Alce, cargue y acomodo de caña de azúcar  |  |
| <b>PROCESO:</b> Suministrar caña <b>PLANTA:</b>   | <b>RESPONSABLE:</b> Operario de alzadora   |  |
| <b>SUBPROCESO:</b> Disponer caña para fábrica   | <b>GERENCIA:</b> Dirección Cosecha y Maduración  |  |
|   | <b>CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN:</b> Interna  |  |
| <b>RESULTADO ESPERADO</b>   |  |  |
| Garantizar la productividad y la calidad en la operación de alce mecánico de caña.  |  |  |
| <b>RECURSOS/MATERIALES NECESARIOS</b>   |  |  |
| Caña cortada, alzadora de caña, vagones y tractores de arrastre.  |  |  |
| <b>RECOMENDACIONES SEGURIDAD</b>  |  |  |
| Dotación del operario y elementos de protección personal, cumplimiento del manual de seguridad del equipo y normas de tránsito. Conservar una distancia de 10 mts aproximadamente entre personas, maquinas y/o equipos de transporte en movimiento mientras las condiciones de los callejones lo permita. |  |  |
| <b>RECOMENDACIONES AMBIENTAL</b>  |  |  |
| Se debe procurar al máximo el cuidado de la cepa y la suerte, además procurar mantener el área de trabajo limpio.   |  |  |
| <b>Actividad</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Puntos de Atención</b>  |
| 1   | Revisar visual y mecánicamente las condiciones en las que se encuentra la alzadora antes de ser operada.   | Tener en cuenta la información entregada por el operario de turno saliente acerca del estado de la maquina y condiciones de operación. En caso de encontrar una avería en el equipo se debe informar al supervisor de cosecha para solicitar servicio de revisión y reparación   |
| 2   | Recibir información por parte del supervisor acerca de la ubicación del sector y la suerte que se va a cosechar, la manera en la cual se van a realizar las operaciones de alce, para ingresar la                                | Tener en cuenta ubicación de hidrantes, obras civiles, postes de alumbrado eléctrico, cableado eléctrico, arboles, acequias, entre otros, Recibir información de Sector - suerte, orden y lote a alzar   |
| 3   | Realizar planeación de la operación con el supervisor de acuerdo a condiciones del terreno y operación de la maquina.  | El alzador debe validar con el supervisor las condiciones del terreno, además de garantizar que el cargue sea ajustado a las condiciones del transporte y rutas.<br><br>Al subir a la maquina tener en cuenta los tres puntos de apoyo con el fin de evitar accidentes.  |
| 4   | Realizar una calibración inicial de los apiladores de la alzadora para ingresar a la chorra y luego hacer el ajuste de la altura óptima para evitar el arrastre de materia extraña mineral o vegetal.                            | Se debe inspeccionar constantemente el control del apilador; éste varia dependiendo de las condiciones del terreno.  |
| 5   | Ingresar la alzadora hasta la chorra y apilar según el estado del terreno.   | - En invierno cuando el bulldozer o la alzadora, corra la caña del drenaje hacia dentro del lote, solo se debe arrastrar máximo 3 metros.<br><br>- Evitar el alce de tierra y Materia vegetal.<br><br>- Cuando se encuentren líneas con problemas de calidad en el corte, se debe apuntar la ficha e informar al supervisor de alce. |
| 6   | Iniciar alce tomando la uñada de la parte de encima de la caña apilada y llevándola hasta el vagón.  | Los vagones con corte diagonal se cargan por el lado izquierdo de las alzadoras para permitir la visibilidad.  |
| 7   | Comenzar a cargar dependiendo de las características de la caña, las dos (2) primeras uñadas van en el centro del vagón, las otras se reparten uniformemente para evitar dejar espacios vacíos, hasta llenarlo a ras de baranda. | - Aplica para vías nacionales.<br><br>NOTA: En vías nacionales el vagón debe ir sin cabeza y cola, a ras de baranda, en vías internas se puede trabajar cabeza y cola a una altura que no genere desperdicios y/o regueros en la suerte y vía hasta la planta.<br><br>- Los semirremolques se deben llenar de atrás hacia delante.   |
| 8   | Al terminar una línea las alzadoras se trasladan dejando de seis a diez líneas máximo de caña sin alzar y vuelve a ingresar.   | En presencia de humedad se deben dejar cuatro líneas si el equipo anda solo. En caso contrario se debe hacer línea por línea   |
| 9   | Al terminar el alce en la suerte informar al supervisor y esperar indicaciones de traslado   | Validar que no queden montones por alzar en los lotes, de requisas realizadas posteriores al alce de las líneas de la melga.   |
| <b>ELABORADO POR :</b>  | Ingeniero de Cosecha   | <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>   |
| <b>APROBADO POR:</b>  | Jefe de operaciones  | <b>FECHA DE PRÓXIMA REVISIÓN:</b>  |

Fuente Elaboración Ingenio

### 13.3.2 Implementación de la Metodología

Con la metodología ya revisada y aprobada por los jefes y director de área, se procede a realizar entrenamiento a cada una de las personas que están implicadas en la labor (operadores de alzada y supervisores), con el fin que todos entiendan la metodología y los beneficios que esta nos brinda.

Se hace la programación del personal (operadores y supervisores), dependiendo el turno de trabajo para no interrumpir la operación de la cosecha, se cita a las oficinas de cosecha en diferentes fechas, allí se les explica punto a punto el nuevo procedimiento de alce de caña manual y los beneficios que trae tanto en la eficiencia como en el costo de operación, garantizado que todo el personal quede con el entrenamiento.

Se dispuso de un programa de entrenamiento por sección y por turno que se ejecutó en la semana del 19 al 24 de junio del 2023 como se presenta en la Tabla 2, teniendo en cuenta que en cada sección hay 3 turnos de 12 horas cada uno y descansos de 24 horas para cada uno de ellos. Como los turnos varían cada semana se les coloco una letra para identificar quienes estarán cada día, es decir los turnos A, B y C.

**Tabla 2** Conograma de entrenamiento "POE"

|                  | LUNES   | MARTES  | MIÉRCOLES | JUEVES  | VIERNES | SÁBADO  |
|------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| <b>SECCIÓN 2</b> | TURNO A | TURNO C | TURNO B   |         |         |         |
| <b>SECCIÓN 3</b> |         |         |           | TURNO A | TURNO C | TURNO B |
| <b>SECCIÓN 4</b> | TURNO A | TURNO C | TURNO B   |         |         |         |
| <b>SECCIÓN 5</b> |         |         |           | TURNO A | TURNO C | TURNO B |
| <b>SECCIÓN 6</b> | TURNO A | TURNO C | TURNO B   |         |         |         |
| <b>SECCIÓN 7</b> |         |         |           | TURNO A | TURNO C | TURNO B |
| <b>SECCIÓN 8</b> |         |         |           | TURNO A | TURNO C | TURNO B |
| <b>SECCIÓN 9</b> | TURNO A | TURNO C | TURNO B   |         |         |         |

*Fuente* Elaboración propia

Se efectuó de esta manera ya que los ingenieros de cosecha, también llamados jefes de sección fueron los encargados de realizar dichos entrenamientos para cada uno de sus turnos, hay 4 ingenieros de cosecha cada uno encargado de dirigir la operación de dos secciones, así que cada ingeniero capacitó primero una sección completamente, antes de

pasar a la siguiente. Cabe aclarar que las secciones manuales son las secciones 2 y 3 pero igualmente se capacitaron las secciones mecanizadas por si se presentan cambios o movimientos entre operadores y/o supervisores.

Después de realizar el entrenamiento de forma pedagógica en las oficinas de cosecha por parte del ingeniero a cargo, se decide hacer un reentrenamiento en el campo, para esta acción se identifica un operario que por su desempeño y facilidad para explicar la labor se saca de la operación y se dedicó durante dos semanas a visitar a todos los operarios de alzada hasta entrenarlos a todos en conjunto con el ingeniero o jefe de la sección.

También se les comunicó cómo debía hacerse el procedimiento en conjunto con una demostración cargando algunos vagones para enseñarles con el ejemplo y la demostración. De esta forma se pudieron resolver inquietudes técnicas concretas hasta finalmente recolectar todas las firmas de los operarios y así tener evidencia de su entrenamiento. Dicho entrenamiento se hizo de igual forma con el apoyo del área de gestión humana que a su vez envió dos formadores de operación de maquinaria. En las Figura 23 y 24 se presenta dos fotos del entrenamiento y reentrenamiento que tuvieron tanto en la oficina como en el campo.

**Figura 41** Entrenamiento POE de alce y acomodo de caña manual a operadores de alzadora



**Fuente** Elaboración propia

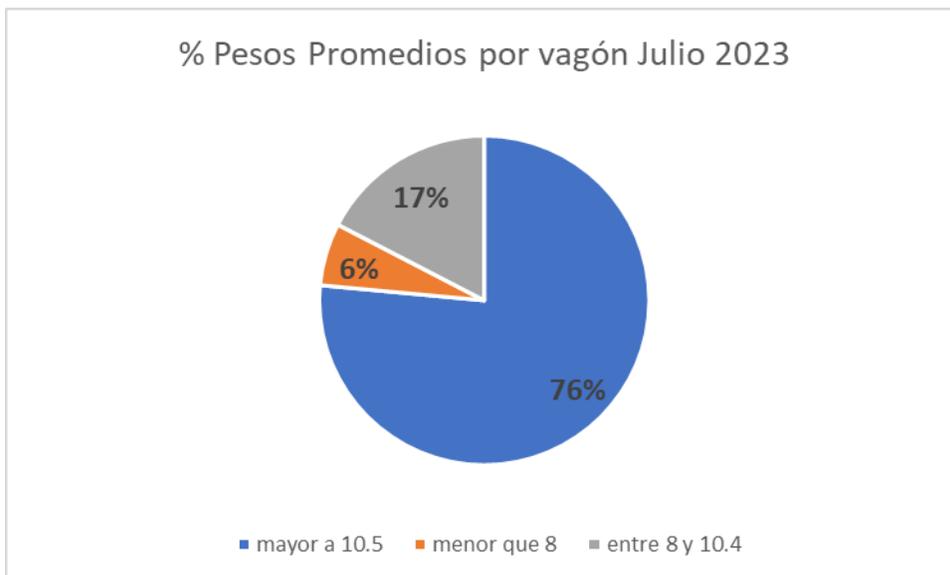
**Figura 42** Entrenamiento POE de alce y acomodo de caña manual a operadores de alzadora



**Fuente** Elaboración propia

Posterior a los entrenamientos se realizó seguimiento a la metodología donde se corrigieron detalles puntuales como la distancia de recorrido de la alzadora para arrumar la uñada de caña, y el ángulo con respecto al vagón al que se debe girar la uñada para que quede mejor acomodada la caña, gracias a esta corrección se vio una mejoría en el acomodo de la caña de los vagones reflejada en la estética y los pesos promedio que se mostrarán a continuación.

**Figura 43** Pesos promedios por vagón julio 2023



**Fuente** Elaboración propia

Como se observa en la figura 43, después de hacer la lluvias de ideas, crear, validar, socializar, entrenar y reentrenar el “POE”, a cada uno de los implicados en la tarea de alce y acomodo de caña manual, se observa una notable mejoría, pasando de un 45% del peso mayor a 10.5 toneladas por vagón como los muestras la figura 22 en los años anteriores a pasar a un 76% de los pesos mayores del 10.5 toneladas por vagón, esto es el resultado después de un mes de empezado el ejercicio, esperando que para los meses siguientes este porcentaje aumente.

Después de recibir el reentrenamiento (operadores y supervisores), estos lo ponen en práctica en cada uno de sus turnos, teniendo en cuenta todas las recomendaciones y puntos vistos, generando una sensación visual que los vagones están siendo mejor cargados, esta es una labor netamente del operador de la alzadora, pero el supervisor debe garantizar que se esté realizando de la forma correcta, en caso de que no se esté efectuando de acuerdo al procedimiento operativo estándar se debe hacer una retroalimentación y despejar dudas con respecto a la metodología si se presentan.

### 13.3.3 Aplicación Prueba de Hipótesis Para Comprobar Diferencia de Medias

Para validar que los resultados obtenidos durante el periodo enero-julio del 2023 impactaban positivamente el proyecto se decide realizar una prueba de hipótesis para determinar de manera objetiva si la diferencia entre la media de dos grupos es estadísticamente significativa, lo que significa que no se puede atribuir simplemente al azar, validando si la metodología que se está aplicando es viable para los resultados esperados del proyecto.

**Tabla 3** Muestra de pesos promedios por vagón enero-julio 2023

| # Muestras  | Enero-Junio  | Julio        |                |                |
|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 1           | 9            | 10.7         | 81             | 114.49         |
| 2           | 9.1          | 10.6         | 82.81          | 112.36         |
| 3           | 8.7          | 10.9         | 75.69          | 118.81         |
| 4           | 10           | 11.2         | 100            | 125.44         |
| 5           | 9.5          | 10.4         | 90.25          | 108.16         |
| 6           | 9.1          | 11.7         | 82.81          | 136.89         |
| 7           | 9.1          | 12.5         | 82.81          | 156.25         |
| 8           | 9.3          | 13.1         | 86.49          | 171.61         |
| 9           | 9.5          | 10.9         | 90.25          | 118.81         |
| 10          | 8.1          | 11.1         | 65.61          | 123.21         |
| 11          | 8.7          | 11           | 75.69          | 121            |
| 12          | 9.4          | 10.7         | 88.36          | 114.49         |
| 13          | 10.4         | 12.2         | 108.16         | 148.84         |
| 14          | 9.3          | 13.5         | 86.49          | 182.25         |
| 15          | 8.5          | 13.2         | 72.25          | 174.24         |
| 16          | 8            | 14.2         | 64             | 201.64         |
| 17          | 8.8          | 10.7         | 77.44          | 114.49         |
| 18          | 9.9          | 10.6         | 98.01          | 112.36         |
| 19          | 9.8          | 11.9         | 96.04          | 141.61         |
| 20          | 9.7          | 12.8         | 94.09          | 163.84         |
| <b>Suma</b> | <b>183.9</b> | <b>233.9</b> | <b>1698.25</b> | <b>2760.79</b> |

*Fuente* Elaboración propia

En la tabla 3 se observa unos datos de los pesos promedios por vagón de los meses enero a julio del 2023, donde se decide sacar una muestra de 20 datos de los meses enero a junio y 20 datos del mes de julio, mes donde ya se estaba trabajado con la

metodología y así poder hacer la comparación de estos datos y validar si es viable el proyecto, para esto se emplea una metodología estadística de prueba de hipótesis para comparar la diferencia de medios.

**Tabla 4** Aplicación prueba de hipótesis para diferencia de medios

| Enero-Junio     |            | Julio             |                                      |
|-----------------|------------|-------------------|--------------------------------------|
| n1              | 20         | n2                | 20                                   |
| SC              | 7.2895     | SC                | 25.3295                              |
| S <sup>2</sup>  | 0.38365789 | S <sup>2</sup>    | 1.333131579                          |
| media           | 9.195      | media             | 11.695                               |
| Sc <sup>2</sup> | 0.85839474 | 0.858395          |                                      |
| Sx1-x2          | 0.29298374 |                   |                                      |
| tc              | 8.53289665 | Valor t calculado | Pvaue 2.31072E-10                    |
| Tt              |            | Valor t tabla     |                                      |
| GL              | 38         |                   |                                      |
| alpha           | 0.05       |                   |                                      |
| alpha/2         | 0.025      |                   |                                      |
| t(0.025,18)     | 2.02439416 | Tc<Tt             | Se rechaza Ho, es decir se acepta Ha |

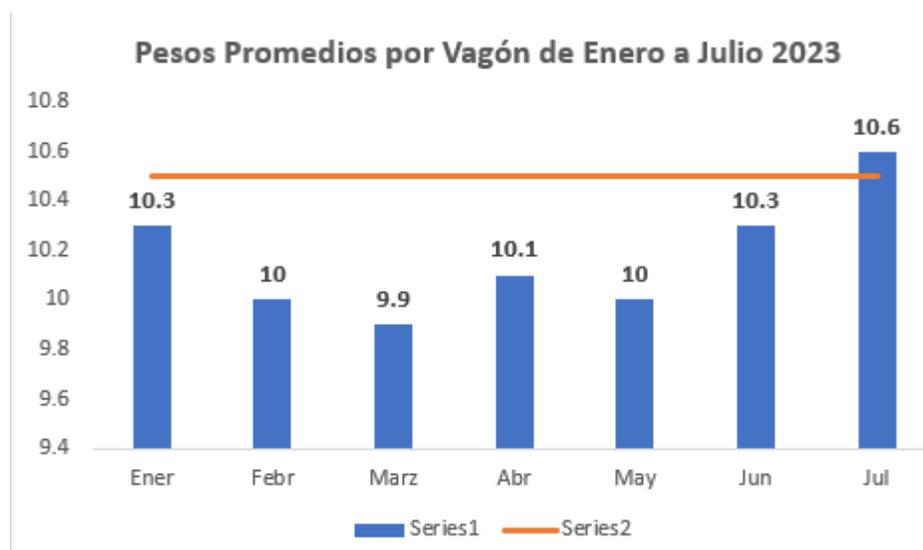
**Fuente** Elaboración propia

Como lo demuestra la tabla 4 la metodología que se está aplicando en el proyecto si es viable y genera un ahorro en el costo, donde se ve reflejado que los pesos promedios por vagón aumentan después de comenzar con este proceso.

## 14 Comparar el Impacto de la Relación Toneladas/Costo Actual Versus la Relación Toneladas/Costo Mejorando la Eficiencia en el Transporte

En la figura 44 se observa el peso promedio por vagón obtenido durante un periodo de 7 meses “enero a julio”, donde se evidencia que de enero a junio los pesos promedios por vagón estuvieron por debajo del promedio estandar o la meta del ingenio “10.5 Ton/Vagón”, la diferencia se observa en el mes de Julio, mes donde se empezó a trabajar y aplicar la metodología para lograr aumentar la eficiencia en el transporte y/o peso promedio por vagón, logrando así estar una tonelada por encima de la meta, un resultado muy satisfactorio a pesar de todas las inconvenientes que se presentaron a la hora de implementar esta metodología, algunos operadores tardaron más en poner en práctica este estándar siendo resistentes al cambio los cuales fueron reentrenados y tuvieron un mayor acompañamiento por parte del formador y supervisor de turno, se analizó con todo el equipo de trabajo, si la metodología se aplica correctamente y de forma continua se pueden lograr pesos promedios por encima de 11 ton/vagón según los datos que nos arrojó el mes de julio.

**Figura 44** Pesos promedios por vagón enero-julio 2023



**Fuente** Elaboración propia

## 14.1 Comparación Toneladas/Costo de Enero a Julio del 2023

**Tabla 5** Comparación toneladas/costo siendo efectivos en el transporte.

|   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| Toneladas ingresadas Manuales entre Ene-Jun 2023                        | 343326            |   |
| Viajes reales con eficiencia promedio de 10.1 ton/vagon de Ene-Jun 2023 | 6799              | 50.5 Peso promedio por viaje de 5 vagones |
| Viajes Necasarios con eficiencia 10.6 ton/vagon real de Julio 2023      | 6478              | 53 Peso promedio por viaje de 5 vagones   |
| Cantidad de viajes reducidos vía eficiencia                             | 321               |   |
| Costo transporte por tonelada promedio Ene-Jun 2023                     | \$ 21,095.00      |   |
| Reducción de costo teniendo en cuenta la mejora en la eficiencia        | \$ 358,537,721.29 |   |

**Fuente** Elaboración propia

En la tabla 5 se observa la cantidad de toneladas de caña manual transportadas durante los primeros 6 meses del año de enero a junio 343.326 ton, tambien se observa la cantidad de viajes hechos para transportar estas toneladas 6799 viajes con un peso promedio de 50.5 toneladas por viajes es decir 10.1 ton/vagon estando compuestos los viajes de a 5 vagones, en el mes de julio se obtuvo un peso promedio por vagon de 10.6 ton, peso promedio que se tuvo en cuenta para hacer una simulación con las mismas toneladas ingresadas entre los meses de enero y junio dando como resultado un ahorro de 321 viajes menos con diferencia a los viajes reales, al gantizar menos viajes esto representa un ahorro en el costo de **\$358,537,721,29**.

**Tabla 6** Comparación toneladas/costo siendo efectivos en el transporte. Agos-Dic

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| Toneladas Presupuestadas Manuales entre Agosto-Diciembre 2023           | 405827                   |   |
| Viajes reales con eficiencia promedio de 10.1 ton/vagon de Ene-Jun 2023 | 8036                     | 50.5 Peso promedio por viaje de 5 vagones |
| Viajes Necesarios con eficiencia 10.6 ton/vagon real de Julio 2023      | 7657                     | 53 Peso promedio por viaje de 5 vagones   |
| Cantidad de viajes reducidos vía eficiencia                             | 379                      |   |
| Costo transporte por tonelada promedio Agosto-Diciembre 2023            | \$ 19,840.00             |   |
| <b>Reducción de costo teniendo en cuenta la mejora en la eficiencia</b> | <b>\$ 398,594,439.60</b> |   |

**Fuente** Elaboración propia

En la tabla 6 se ve reflejado la cantidad de caña presupuestada para los meses agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, para un total de 405.827 toneladas de caña manual, se hace la simulación con el promedio del peso de ton/vagon que nos dio en los primeros 5 meses del año “10.1” ton/vagón, llevando a realizar 8036 viajes para transportar las toneladas presupuestadas cada viaje de a 5 vagones, si se aplica la eficiencia alcanzada en el mes de Julio de 10.6 ton/vagon se harian 7657 viajes, es decir, 379 viajes menos con respecto a lo estimado en el número de viajes hechos sin poner en practica el POE, generando un ahorro de **\$398.595.439.60**.

Con la implementación de el procedimiento estandar operativo se refleja el ahorro que genera la compañía en el transporte de caña manual, como lo destaco el gerente desde el inicio del proyecto necesitando mejorar el costo de la cosecha con procesos que no tuvieran inversion o de serlo que fuera minimo, en este proyecto fue un costo cero, en el cual no se invirtio ya que todo el proyecto fue liderado y ejecutado por personal de la misma area con el objetivo de aumentar la eficiencia en el transporte de caña manual y sin afectar la operación de cosecha.

## 15 Establece un Plan de Control Garantizando la Viabilidad de la Solución a Largo Plazo

Dentro de los procesos de cosecha se encuentra la torre de control uno de lo mas importantes con el cual se va a controlar la eficiencia en el transporte y/o peso promedio por vagón, desde allí el controlador se encarga de direccionar los equipos de transporte dependiendo las condiciones de trabajo de cada sección (humedad, eficiencia, número de maquinas, distancia), al validar esta información con los supervisores de cada sección se debe garantizar que la sección no pierda tiempo por equipo de transporte, tambien encontramos el supervisor de patio es el encargado de ayudar a solucionar todos las inconvenientes que se puedan presentar durante el turno (maquinaria varada, requerimiento de maquinaria y equipos de apoyo, combustibles, información basica de las fincas que se estan cosechando, etc..), con el fin de cumplir con la meta de entrada de caña diaria y demas indicadores de la cosecha.

**Figura 45** Torre de control



**Fuente** Elaboración propia

Para garantizar que los pesos promedios por vagón esten dentro de los establecido por el proyecto se crean dos alternativas, la primera es el control del peso promedio por vagon y la segunda es las obsevaciones o evaluaciones que va realizar el supervisor durante el

turno.

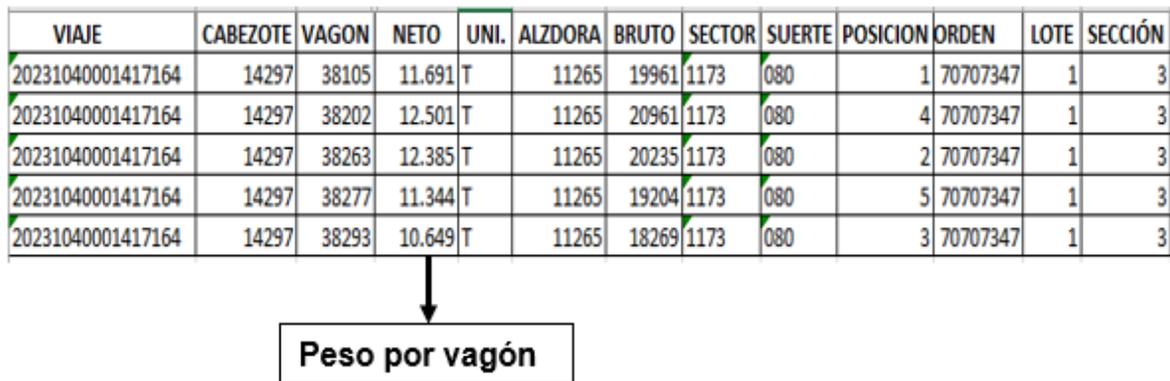
El control del peso promedio por vagón se va realizar desde la torre de control, durante el turno el supervisor de patio debe validar los viajes entrados de cada sección y los pesos promedios de cada uno, informando al supervisor de sección vía radio o celular como estan los pesos por vagón, si los pesos promedios están por debajo de los establecido, allí se deben tomar acciones inmediatas para evitarlos y trabajar para el objetivo, cuando el supervisor de alce manual tiene problemas de humedad, o esta alzando caña en verde, debe dar aviso al supervisor de torre para que este enterado del porque de los pesos por debajo de la meta, al presentarse humedad en la suerte los vagones se deben cargar bajitos para evitar daños de la suerte, tambien cuando se esta alzando caña verde que por la cantidad de biomasa (hojas, guasca y chulquines), la caña no logra acomodarse bien dentro del vagón llevando un menor peso.

**Figura 46** Caña entrada por sección



*Fuente* Elaboración propia (SAP)

**Figura 47** Viajes entrados por bascula



**Fuente** *Elaboración propia (SAP)*

El supervisor de patio tiene dos formas de validar la información por SAP como se ve en las figuras 46 y 47, la primera es validar la caña ingresada durante el día y la cantidad de vagones utilizadas para transportarla, se hace una división de la caña entrada/por vagones entrados dando como respuesta el peso promedio por vagón esto es para tener el peso promedio por vagón de forma general de la sección, tal y como se observa en la figura 46, la otra forma es validar por SAP viajes entrados el cual no arroja la información más detallada de cada viaje entrado por bascula allí nos damos cuenta en peso de cada vagón como se observa en la figura 47.

Si el supervisor de torre de control es importante para garantizar el peso promedio de vagón por que brinda la información clara y oportuna a la hora que se presenta alguna novedad, la labor del supervisor de alce es mucho más importante por que de allí es donde se inicia la labor del alce manual y debe garantizar que el operador de la alzadora cumpla con el estandar, esto lo hace por medio de la observación o evaluación que se le hace al operador al momento de ejecutar la labor, el supervisor revisa el procedimiento operativo estandar y valida que el operador este cumpliendo con cada uno de los puntos establecidos, de presentarse alguna novedad en la ejecución de alguno de los puntos se debe arrimar al operador hacerla la aclaración y comprometerlo a que la labor se debe realizar como lo estipula el POE.

## 16 Conclusiones

**Desde lo Metodológico.** Se pudo evidenciar la efectividad de la aplicación de la metodología DMAIC con los resultados alcanzados, en primer lugar, la meta definida por el equipo multidisciplinario en la etapa de definición era alcanzable teniendo en cuenta las variables que se podían controlar, se compararon posibles metas para el peso promedio de los vagones teniendo en cuenta los últimos años y el peso promedio de la industria. En segundo lugar, en la etapa de medición de la situación actual con respecto al indicador del costo de transporte manual logró poner en evidencia la estructura o distribución de costos para definir exactamente donde se debían realizar los esfuerzos del proyecto, esta etapa fue crucial para empezar a direccionar la investigación, y fue un paso indispensable para alcanzar el resultado obtenido, a partir de este momento ya se empezó a definir el control de la eficiencia del llenado de los vagones como variable crítica a trabajar, pero se afianzó con mayor detalle al revisarse en la etapa de análisis estadístico. En dicha etapa después de un trabajo en conjunto del equipo se entró al detalle del análisis de variabilidad y capacidad del proceso de llenado de vagones como tal, este permitió poner en evidencia la cantidad de causas especiales, alguna evitables y otras inherentes al proceso como por ejemplo la necesidad de cargar mucho más bajo cuando llueve y los vagones no se pueden llenar totalmente para que no se pegue la maquinaria en los cultivos de caña. Sin embargo, se abrió la posibilidad de investigar que causas especiales se podían atacar para reducir en cierta cantidad las mencionadas causas especiales. Por otro lado, también se evidenció en el análisis de capacidad que se debía revisar al detalle el proceso como tal ya que la “media” de los cargues de caña estaba ligeramente desplazada hacia la izquierda de los límites de especificación impuestos por la empresa, lo que dio a conocer la incapacidad del proceso para cumplir. Después de mostrar estos

resultados a la gerencia, se direccionaron los esfuerzos principalmente en atacar las causas especiales trabajables y se pidió revisar la implementación de un proceso para mejorar estos pesos, esto pensando que se debía presentar una mejora que implicaría revisar si los límites de especificación impuestos (por la misma gerencia) se debían modificar acorde con la capacidad real del proceso después de alinearlos lo mejor posible. Esta dirección dio paso a la etapa final del proyecto donde se definieron las propuestas que finalmente mejorarían el proceso y por ende los costos del transporte como tal. Después de utilizar diferentes métodos para identificar las causas raíz, se elaboró un plan de acción muy aterrizado con los recursos a disposición del proyecto, realizado en conjunto con personas que cumplían diferentes roles dentro de la compañía y que brindaban puntos de vista diferentes, pero en busca del mismo resultado. La acción más efectiva según lo evidenciado en campo fue implementar el Procedimiento Operativo Estándar (POE) para el cargue y acomodo de caña y el entrenamiento de este en conjunto del operario mejor capacitado en la labor, se pudo ver una mejoría progresiva en la eficiencia del cargue de caña la cual se dejó plasmada en los resultados alcanzados.

**Desde lo práctico.** Se logró evidenciar al final del proyecto que vía eficiencia de llenado de los vagones de transporte manual se genera una reducción del costo de **\$398.595.439.60 COP** con respecto al presupuesto de los meses agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2023 en el costo de las tractomulas de transporte de caña manual sin tener en cuenta el mes de julio donde se logró aumentar la eficiencia. Para entender cómo se logró esta mejora, debemos fijarnos en como la distribución del peso de los vagones redujo su variabilidad, reduciendo los vagones con menor peso de la meta esperada. Podría decirse que se pasó de tener el 70.4% de los pesos de los vagones dentro de un peso esperado a tener el 83.2% de dichos pesos dentro de lo esperado, una mejoría del 12.8% en el cargue. Esta eficiencia se vio representada en un menor número de viajes necesarios para ingresar la caña, para ser más exactos 379

viajes menos con respecto al presupuesto para estos meses. Estos resultados se empezaron evidenciar gracias a la mejoría en la aplicación del procedimiento operativo de cargue y acomodo de caña por parte de las alzadoras en los vagones de transporte manual, por la estandarización del tamaño de la uña o prensa de agarre para que cargaran una cantidad de caña muy similar, el reentrenamiento en el diligenciamiento de planillas para mejorar la confiabilidad de la información entre otras acciones definidas al final de los análisis que le apuntaban a mejorar dicha eficiencia.

## 17 Recomendaciones

Con la realización de este proyecto, donde se desarrolló un estándar para mejorar una práctica en la operación y se disminuyó el costo del transporte aumentado la eficiencia de llenado del vagón para caña manual se hacen las siguientes recomendaciones:

**Análisis Continuo:** Seguir analizando regularmente los procesos para identificar posibles áreas de mejora. La eficiencia es un objetivo en constante evolución, por lo que es crucial mantenerse al tanto de las tendencias y tecnologías emergentes que podrían beneficiar tu operación.

**Innovación:** Fomentar una cultura de innovación en tu equipo. Anima a los empleados a proponer nuevas ideas y soluciones para los desafíos que enfrenta la empresa. La innovación constante puede ayudar a mantener la eficiencia y reducir los costos a largo plazo.

**Capacitación y Desarrollo:** Invierte en la capacitación y el desarrollo de tus empleados. Cuanto mejor preparados estén, más eficientes serán en sus roles. Además, un equipo bien capacitado puede adaptarse rápidamente a los cambios y adoptar nuevas tecnologías de manera efectiva.

**Gestión de Proyectos:** Utiliza herramientas de gestión de proyectos para organizar las tareas y asignar recursos de manera eficiente. La planificación adecuada y el seguimiento regular del progreso son fundamentales para mantener la eficiencia y evitar costos innecesarios.

**Optimización de Recursos:** Optimiza el uso de recursos como materiales, tiempo y talento humano. Asegúrate de que los recursos estén siendo utilizados de manera eficiente y no haya desperdicio innecesario.

**Sostenibilidad:** Considera prácticas sostenibles en tus operaciones. A veces, los métodos más ecológicos también son los más eficientes y pueden ahorrar costos a largo plazo, además de mejorar la imagen de tu empresa.

Aplicar esta estrategia para la caña mecanizada en una revisión que se realizó arrojaron datos que se pueden mejorar y lograr mejores resultados significativos para la compañía. Por último, seguir en la estandarización de otros procesos que nos ayudaran a generar más ganancias para la empresa.

## 18 Referencias

- Anaya Tejero, J. J. (2015). *Logística Integral La gestión operativa de la empresa*. Madrid: ESIC EDITORIA.
- Arbones Malisani, E. A. (2009). *Logística empresarial*. Spain: Marcombo: <https://elibro-net.bdigital.sena.edu.co/es/ereader/senavirtual/45865?page=1>.
- Barba Castañeda, J. P., & Orozco Vanegas, S. (2014). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL TIEMPO DE CICLO (LEAD TIME) DEL TRANSPORTE DE CAÑA EN EL INGENIO RIOPAILA-CASTILLA S.A.* CALI, COLOMBIA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI.
- Cubillos Rodríguez, M. C., & Rozo Rodríguez, D. (2009). EL CONCEPTO DE CALIDAD: HISTORIA, EVOLUCIÓN E IMPORTANCIA PARA LA COMPETITIVIDAD. *UNIVERSIDAD DE LA SALLE*, 82.
- Garza Villegas, J., & Abrego Traslaviña, R. A. (2015). Reducción y control de costos en empresa de manufactura con Seis Sigma. *Innovaciones de Negocios*.
- Lopez Perero, N. M. (2017). *Transportación de caña de azúcar, propuesta de un plan de mejoras en tiempos y costos en la compañía azucarera Valdez*. GUAYAQUIL, ECUADOR: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
- Mendez Álvarez, C. E. (2011). *METODOLOGÍA DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN CON ENFASES EN CIENCIAS EMPRESARIALES*. Mexico: LIMUSA, S.A. de CV Grupo Noriega Editores.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Diccionario de la lengua española 23 ed., [versión 23.3 en línea]*. <<https://dle.rae.es>> [fecha de consulta 26/09/2020].
- Vélez Maya, T. (2014). *Logística Empresarial*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Yepes, V., & Pellicer, E. (s.f.). Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. *Universidad Politécnica de Valencia*.