

**MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZUCAR
DE UN INGENIO AZUCARERO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA**

JAIME ANDRES CAICEDO ENDO

MAURICIO ALEJANDRO ERAZO ALVAREZ



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
3751
ZARZAL – VALLE DEL CAUCA
2019**

**MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZUCAR
DE UN INGENIO AZUCARERO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA**

JAIME ANDRES CAICEDO ENDO

MAURICIO ALEJANDRO ERAZO ALVAREZ

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

Director

Ing. Julián González Velazco

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

3751

ZARZAL – VALLE DEL CAUCA

2019

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido forjar mi camino con sabiduría, amor y humildad, por sembrar en mí sentimientos de paz e iluminar cada día mi camino hacia el éxito.

A mi madre, Kerly Álvarez, gracias por darle sentido a mi vida, por sus consejos, sus valores y motivación para superarme, doy gracias a Dios por darme tan maravillosa madre que de no ser por su sacrificio no sería hoy en día posible el cumplimiento de esta meta, te estaré eternamente agradecido “Mi madre, mi vida, mi mujer valiente”.

A mi padre, William Erazo, gracias por darle sentido a mi vida, por sus consejos, sus valores y su motivación constante.

A mis abuelos, Oscar Erazo y José Leónidas; y abuelas, Rubiela Bernal y Carmelina Clavijo, que de no ser por ellos este sueño de ser ingeniero no podría haberse cumplido, doy gracias a Dios por brindarme la oportunidad de haber compartido con tan maravillosos abuelos, que me enseñaron sin duda alguna el valor de la humildad y del esfuerzo, para ellos que han compartido junto a mi sus sueños, que no solo recorrieron este camino si no que le dieron sentido y me ayudaron a construir mi presente y sobre todo a creer en mi futuro, para ellos quiero decirles esta hermosa frase que define todo mi amor y que llevo plasmada en mi piel para siempre recordarlos: “**Los abuelos que crían a sus nietos dejan huellas en sus almas**”.

A mis hermanos, les agradezco de su compañía y comprensión, para que siempre tengan en cuenta que todo lo que nos propongamos en la vida lo podemos lograr si trabajamos fuerte y continuamente con rectitud, sigan adelante y para que mis éxitos de hoy sean los suyos mañana y siempre, los amo muchas gracias por ser parte de mi vida.

A nuestras familias y amigos, que han compartido junto a nosotros, sus enseñanzas y logros en estos años, así como quienes han estado para darnos una voz de aliento en los momentos más difíciles, le damos gracias porque nos permitieron entrar en sus vidas, llena de momentos históricos y aprendizajes mutuos.

Mauricio

DEDICATORIA

primeramente, doy gracias a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desistir en las dificultades que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la esperanza y desfallecer en el intento.

A mi madre, Danelly Endo, por ser ella el árbol principal que me cobijo bajo su sombra dándome así la fuerza para seguir caminando y lograr alcanzar esta meta tan anhelada, que hoy gracias a Dios conjuntamente con ella lo he logrado. Dios la bendiga, le de salud y mucha vida para poder retribuirle un poco de lo que como Madre me ha brindado, la amo para ti este logro y todos los que me falta por alcanzar, este es solo el comienzo de una vida llena de éxitos que serán dedicados a mi madre, mi vida y mi razón de ser.

A mi familia, la cual es la base fundamental de mi esfuerzo para conseguir este logro, a mis compañeros, que estuvieron presentes a lo largo de toda mi formación como profesional, y a los docentes que dieron un poco de su conocimiento para estar hoy aquí, les quiero dedicar este logro ya que sin ellos no hubiera podido conseguirlo.

Sólo me queda decirles a todos ustedes, **GRACIAS**, por haber puesto su confianza en mí, y sobre todo a mí mismo, a mis sacrificios, a mi dedicación, a mi esfuerzo, porque a pesar de las dificultades y a mis tropiezos, pude levantarme y así salir adelante en esta carrera, **GRACIAS TOTALES**.

Jaime

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
FORMULACION DEL PROBLEMA	11
OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
JUSTIFICACION.....	11
ANTECEDENTES.....	12
DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACION	13
DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA DEL INGENIO AZUCARERO	15
IDENTIFICACION DE LOS FACTORES CRÍTICOS DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA Y PLANTEAMIENTO DEL PLAN DE MEJORA.....	25
INDENTIFICACION DE LOS FACTORES CRITICOS.....	25
PLAN DE MEJORA	29
REESTRUCTURACION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	29
MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	30
REESTRUCTURACION DEL PROCESO DOCUMENTAL	31
HABILITACION DE BASCULA	32
VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN	34
DISEÑO DEL EXPERIMENTO EN ARENA.....	34
SIMULACION EN ARENA	39
RESULTADOS DEL EXPERIMENTO	42
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos Curso grama analítico	22
Tabla 2. Cursograma del proceso de transporte de caña de azucar	22
Tabla 3. Tiempos del sistema actual.....	24
Tabla 4. Tabla de frecuencias de la problemáticas.....	25
Tabla 5. Tabla de frecuencias acumuladas de las problemáticas	26
Tabla 6. Tiempos del proceso con mejoras propuestas	34
Tabla 7. Entidades del experimento.....	35
Tabla 8. Atributos del experimento.....	35
Tabla 9. Recursos del experimento.....	35
Tabla 10. Filas del experimento	36
Tabla 11. Eventos del experimento.....	37
Tabla 12. Medidas de efectividad y evaluación del experimento	38
Tabla 13. Análisis comparativo de los escenarios	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico	14
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de transporte de caña de azúcar.	19
Figura 3. Indicador de Ciclo de Transporte Cosecha 2018	20
Figura 4. Indicador de Ciclo de Patio Cosecha 2018	21
Figura 5. Diagrama de Pareto	27
Figura 6. Diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 7. Báscula vista aérea	33
Figura 8. Modelo conceptual de la simulación	39
Figura 9. Experimento en Arena.....	40

INTRODUCCIÓN

La industria azucarera tiene gran importancia a nivel nacional y departamental, inmersos en la región del Valle del Cauca, para 1930 solo se contaba con la participación de 3 ingenios azucareros: Manuelita, Providencia y Riopaila que para el siglo XX eran los pioneros en la transformación de caña de azúcar; hoy en día la industria se va en expansión, y en la actualidad se cuenta con alrededor de 12 ingenios: Riopaila Castilla, Incauca, Central Tumaco, Manuelita, María Luisa, Pichichi, Providencia, San Carlos, Carmelita, La Cabaña y Mayagüez. (Asocaña, Técnicaña, Fedepanela 2018).

Uno de los aspectos más problemáticos dentro del ingenio azucarero, es el abastecimiento de materia prima, dado que los vehículos encargados de esta labor deben recorrer grandes distancias hasta los sitios de cosecha, recolectar y transportar la carga hacia la planta, y esperar en patio de caña para realizar su abastecimiento. En este proceso, se ve integrado la necesidad de tener el menor tiempo posible en el área de operaciones agrícolas de esta industria. Se puede observar que los tiempos de transporte presentan demoras que influyen directamente en la calidad de la materia prima y en los costos de la empresa. Para cumplir con este suministro en el tiempo adecuado, es fundamental enfocarse en la optimización del sistema actual, por ser una labor importante dentro del proceso de la caña de azúcar

En general, este tipo de problemas genera un reto para la logística vehicular, es por ello que existe gran interés de encontrar técnicas eficientes que resuelvan esta problemática, utilizando la menor cantidad de recursos.

El propósito del presente documento es proporcionar los elementos, las propuestas y las herramientas adecuadas que permitan el mejoramiento del proceso de transporte de caña de azúcar de un ingenio azucarero ubicado en el Norte del Valle del Cauca. Con la finalidad de reducir los tiempos para el abastecimiento de caña que permitan disminuir la pérdida de sacarosa, además de la disminución de peso por pérdida de humedad que se presenta después del corte y levante de la materia prima.

El documento se divide en diferentes capítulos donde se hace la planificación y elaboración de la propuesta de mejora. Se realizó un diagnostico al estado actual del proceso de transporte de caña de azúcar, basado en una revisión de literatura de investigaciones previas, además de un estudio de tiempos donde se plasmaron los tiempos de entrada, procesamiento y salida de cada tren cañero a sus diferentes destinos, además de las diferentes irregularidades dentro de estos viajes realizados para llevar el control de la frecuencia con la cual se presentan estas fallas, así se logró

identificar los focos de mejora y las fallas que presentaba el proceso de transporte de materia prima para el abastecimiento en patio de caña y los puntos críticos del proceso de transporte.

Una vez identificadas las causas que generan pérdida de tiempo, se plantean estrategias para mejorar el tiempo de instancia del tren cañero dentro de patio de caña y evitar el desperdicio de propiedades de la caña de azúcar por permanencia, estas estrategias de mejora se presentan luego de realizar el diagnostico, enfocándose en el estudio de tiempo además de la identificación de las problemáticas. Con el desarrollo del presente trabajo, se permite presentar una adecuada propuesta de mejora para disminuir los tiempos de desperdicio en el área de patio de caña, disminuyendo el tiempo de permanecía de la caña de azúcar evitando la perdida de propiedades, además de regular una distribución uniforme del trabajo para que no tiempos perdidos, mejorando los procesos de entrega de documentación en las estaciones requeridas para el ingreso de caña de azúcar. Todo esto mejorando el tránsito en patio de caña teniendo el limitante que este tiene un área demasiado limitada.

Finalmente, mediante herramientas avanzadas de simulación y optimización se valida la propuesta realizando la simulación del estado actual del proceso de transporte y también el estado del proceso implementando las mejoras propuestas. esta comparación tanto en el terreno como en la herramienta de simulación para así conocer qué tanto el proyecto mejora la problemática de forma cuantitativa

GENERALIDADES DEL PROYECTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los tiempos de espera y tiempos muertos en una organización son un problema que aqueja a todas y cada una de las empresas, sin importar su naturaleza o tamaño. La disminución de los mismos permite un flujo más adecuado de los procesos y un tiempo total de procesamiento menor. Aumentando así la eficiencia y disminuyendo el costo de sobreuso de maquinaria y de personal.

El tiempo de espera que se genera en la zona de descargue tiene relación con el tiempo de descargue y con la aleatoriedad de llegada de las tractomulas. En este sentido, es importante mencionar que las condiciones que se presentan en los patios de fábrica, tales como el ritmo de molienda, la capacidad de las mesas utilizadas, el gerenciamiento y la coordinación del proceso, entre otras, repercuten en el aumento del tiempo de permanencia de las tractomulas en la zona de descargue. La prolongación del tiempo en la estación se debe a tiempos de operación no estandarizados (Ballesteros, 2014).

El transporte de la caña es de gran importancia, su objetivo es recolectar la materia prima disponible en campo con alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuno y suficiente a la fábrica, en el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (especialmente de hojas), y al menor costo, pues el propósito es obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos. Su incidencia en los costos producción siempre ha tenido alta significancia, por lo que cualquier variación que se registre en esta etapa, resultara de gran impacto en la rentabilidad del producto (CONADESUCA, 2015)

El deterioro de la caña y la pérdida de sacarosa entre el corte y la molienda han sido objetos de varios estudios. Se sabe que este deterioro empieza casi inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en los patios del molino o en el campo. La tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales, de la variedad y del sistema de manejo (CENICAÑA, 1983; Larrahondo, 1983).

En el valle geográfico del río Cauca se ha encontrado que cuando la caña se quema e inmediatamente se corte, el brix (% caña) aumenta entre 10% y 16% en las primeras 48 horas, en relación con la que se corta sin quemar; esta diferencia se debe a la pérdida de humedad en los tallos de la primera. Los resultados muestran una pérdida diaria de 2.7% en sacarosa, siendo esta mayor después de 48 horas realizada la cosecha (Larrahondo, 1983).

El grupo Agroindustrial Riopaila Castilla es una empresa con más de 100 años de experiencia en el mercado azucarero y no es ajena a esta problemática. Incursionando en variedades y fomentando la sostenibilidad y el compromiso con el medio ambiente, actualmente es una de las industrias líder en la producción de azúcares y alcoholes en Colombia. El problema detectado en el Ingenio Riopaila se relaciona con la demora en el transporte de materia prima (Caña de Azúcar) que va desde la salida del patio de caña, hasta el descargue para el área de molienda. El cual se evidencia con mayor fuerza al momento de ingresar al patio de caña, y en los procesos realizados en la misma hasta llegar a descargar la caña cortada para entrar a fábrica, ocasionando un flujo de trenes en espera que en muchas ocasiones origina tener que desenganchar vagones y dejarlos en un lugar de espera mientras el cabezote (Tren de arrastre) es enganchado con vagones vacíos para realizar otro viaje empezando su ciclo desde cero.

De acuerdo con lo anterior, se planteó una propuesta de plan de mejora, que busca optimizar el proceso de transporte para la eficiencia del tiempo, pero también debe ser lo

suficientemente estructurada y preservar la seguridad tanto del conductor como de la materia prima, y su adecuada planificación puede significar considerable ahorro.

FORMULACION DEL PROBLEMA

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué propuesta de mejoramiento se puede plantear para el proceso de transporte de caña de azúcar para hacer eficiente el abastecimiento de caña de un ingenio azucarero del norte del Valle del Cauca?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer acciones para el mejoramiento para el proceso de transporte de caña de azúcar y abastecimiento de caña de un ingenio azucarero del norte del valle del cauca

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico al proceso de transporte de caña del Ingenio Azucarero por medio de la identificación de focos de mejora con el fin de conocer el estado actual del proceso.
- Identificar los factores críticos del proceso de transporte de caña de azúcar y plantear estrategias de mejora con los datos obtenidos para mejorar los tiempos de ciclo.
- Validar la propuesta de mejora caso de estudio por medio de la comparación de la situación actual vs la propuesta del transporte de caña de azúcar utilizando herramientas avanzadas de optimización y simulación

JUSTIFICACION

Uno de los factores importantes del porque una compañía tiene éxito radica en la toma de decisiones, del plan de organización y en la forma en la que reducen sus gastos para así mejorar progresivamente. La gran demanda que han tenido los ingenios azucareros a través del tiempo ha generado un mayor flujo de procesos de transporte de su materia prima creando un proceso de transporte más complejo. El presente estudio se enfoca en la mejora de los tiempos de ciclo en el transporte de materia prima realizando un análisis

donde se recolecta información brindada por la entidad y recolectada en la toma de datos, para responder e identificar las causas y los efectos de lo que se está investigando y así poder llegar a un estado óptimo y brindar una serie de soluciones.

El rigor investigativo y la utilización de herramientas de ingeniería en la planeación y realización de la propuesta admite de primera mano utilizar los conocimientos adquiridos en la academia. Permitiendo así, utilizarlos para dar soluciones oportunas, dinámicas y efectivas en donde se requiera. Creando un espacio de cooperación de la empresa objeto de estudio y la universidad teniendo como puente los estudiantes, demostrando así la capacidad de brindar soluciones en su entorno.

ANTECEDENTES

Hablar del azúcar es hablar de la caña de azúcar. El cultivo y extracción, la caña de azúcar llegó al Valle del Cauca – Cali traída por Sebastián de Belalcázar (1540), quien la plantó en su estancia en Yumbo; de allí el cultivo se diseminó por la cuenca de río Cauca. Previamente, en 1538 Pedro de Heredia introdujo la caña a Colombia a través de la ciudad de Cartagena, la caña vino a Colombia en el año 1535 a través del puerto de Cartagena y dos años después en 1540 entró por Buenaventura al valle geográfico del río Cauca en Arroyohondo y Cañas Gordas, lugares muy cercanos a Cali, donde operaron sendos trapiches paneleros. (Asocaña, 2018)

A mediados del siglo XVI se inicia el cultivo sistemático de la caña de azúcar. Hacia 1560 se fundaron tres ingenios a orillas del río Amaine: el de San Jerónimo, perteneciente a Gregorio de Astigarreta, y los dos, uno a Andrés y otro a Lázaro Cobo. Hubo también un ingenio en Caloto, propiedad de Francisco Belalcázar, en el año 1600 ya existían ingenios en Ocaña, Vélez, Mahates, Tocaima, Guátara, La Palma, Ibagué, Buga, Cali Y otras regiones del País. (Asocaña, 2018)

Cerca del año 1915 el ferrocarril llegaba al Valle del Cauca desde Buenaventura, pronto, en 1917 llegó a Palmira, donde se dio una gran expansión hacia Cartago y Popayán, gracias a esto, se dinamizó el intercambio de mercancías, la movilización de gentes y la transculturización de costumbres. Se articularon entre sí los distintos circuitos y se acentuó para la comarca una vocación exportadora a otros mercados que se había iniciado desde finales del siglo XIX con exportaciones internacionales de café e internas de tabaco a Antioquia. (Asocaña, 2018)

Así mismo, se abordaron trabajos e investigaciones relacionadas con la temática. Leal, Martínez, Elizabeth, Raquel y Torres (2005) en su trabajo Optimización del manejo y transporte de caña de azúcar en el ingenio La Magdalena, S.A. Otra propuesta

dignificante, en donde los autores describen el proceso solucionador a las problemáticas referentes al Manejo y Transporte de dicha materia prima, las cuales fueron identificadas mediante una investigación especializada para detectar síntomas, causas y efectos.

Luego, Barba & Orozco (2014) presentan una propuesta de mejoramiento del tiempo de ciclo (LEAD TIME) de transporte de caña en el ingenio Riopaila-Castilla S.A. Donde se aborda la problemática desde las diferentes áreas que se involucran en el transporte de la caña de azúcar, se identifica los puntos críticos del sistema por medio de una caracterización y a partir de los datos obtenidos se proponen mejoras para acercarse al óptimo de un sistema de transporte más óptimo, su contribución logro reducir el tiempo de ciclo que oscilaba entre 155 y 170 minutos a un aproximado de 65 minutos por ciclo, e identificar los equipos de mayor consumo durante la operación.

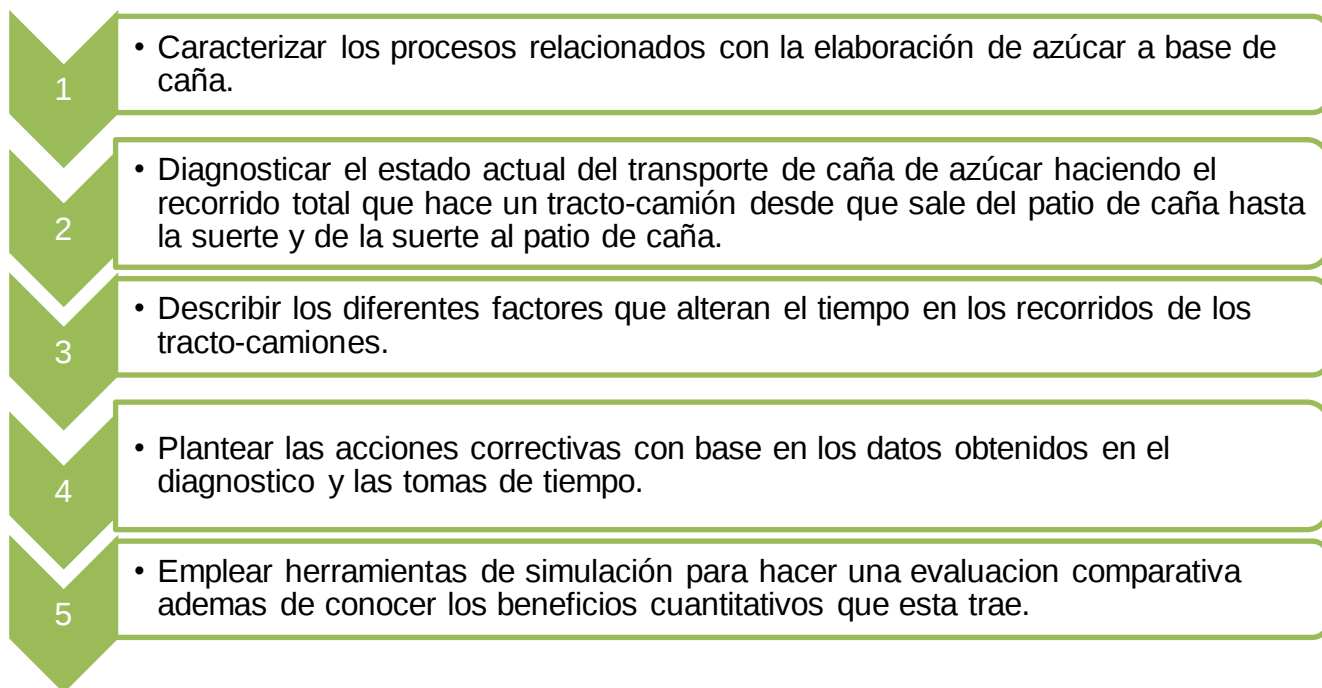
Finalmente, Luís Guillermo Amú Caicedo (2011) en su trabajo Modelo de simulación y optimización para la gestión logística del sistema de abastecimiento de caña en un ingenio sucro-alcoholero colombiano. Presenta un modelo matemático que mediante la simulación y la optimización del sistema de abastecimiento de caña de un ingenio azucarero, asigna la cantidad de vehículos de transporte (tractores, tracto mulas) y de maquinaria (Alzadoras, Cosechadoras) a los frentes de cosecha de forma óptima, de acuerdo con los requerimientos diarios de molienda, la capacidad y la disponibilidad operativa de los recursos, entre otros, el proceso de las variables de entrada fueron identificadas mediante el análisis estadístico de información registrada en tiempo real entre el año 2007 y 2010 siguiendo los formatos utilizados por Cenicaña. En modelo fue formulado en Excel y corrido con el software Crystall Ball, una herramienta especializada en simulación estocástica.

Todos estos trabajos investigativos fueron base para identificar y mejorar lo planteado en esta investigación, en especial lo relacionado con el tiempo de ciclo en el transporte de materia prima, para responder e identificar las causas y los efectos de esta problemática, y así brindar posibles soluciones.

DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACION

La figura 1, permite visualizar el diagrama de flujo que presenta los pasos que se requieren realizar para conseguir la plena realización de los objetivos previamente establecidos.

Figura 1. Diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la primera sesión de la solución de los objetivos se realiza un diagnóstico al proceso de transporte de caña de azúcar para así conocer en qué estado está el proceso. Además de cuánto tiempo se está desperdiciando en cada trayecto que hace un tracto-camión que es proceso base del diagnóstico y así identificar las bases de la problemática para tomar las medidas necesarias para mitigar esa pérdida.

Luego se pasa a identificar cuáles son los factores negativos más significativos al momento de hacer el trayecto de un tracto-camión y con los datos obtenidos se pasa a formular un sistema de mejora acorde con lo identificado para así proceder a mejorar el sistema reduciendo los tiempos perdidos.

Finalmente, con una herramienta avanzada de optimización y simulación podremos conocer cuánto es el tiempo óptimo al que se reduce y así tener un flujo más adecuado de entrada de la caña de azúcar. Pero para poder reconocer los resultados primero se debe conocer las variables y las restricciones a las que se someten los tracto-camiones a la hora de hacer el recorrido estipulado por la torre de control.

DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA DEL INGENIO AZUCARERO

Riopaila Castilla S.A. es una empresa Agroindustrial Colombiana con 100 Años de experiencia en la producción y comercialización de azúcar, miel y alcohol para el mercado nacional e internacional. En su búsqueda por el crecimiento y la sostenibilidad, realiza un importante plan de crecimiento y diversificación en otras regiones. El 24 de septiembre de 1918 Hernando Caicedo, empresario Vallecaucano, inauguro en el norte del Valle del Cauca al Ingenio Riopaila Castilla S.A.; años más tarde en 1945 abre las puertas de Central Castilla S.A.; empresas comercializadoras y productoras de productos como: Azúcar Refinada, azúcar Blanca, azúcar Morena, azúcar Pulverizada, Jarabe, Melaza, Bagazo, Mieles, Alcoholes Carburantes, aceite de palma.

Riopaila Castilla S.A. se encuentra ubicada en el Departamento del Valle del Cauca, al suroccidente de Colombia, la empresa cuenta con dos plantas productoras de azúcar, una ubicada en el Km1 vía la Paila, Zarzal (Planta Riopaila) y la otra en el Km 30 vía Cali, Florida (Planta Castilla). La incidencia geográfica de la empresa se extiende a los municipios de Tuluá, Andalucía, Bugalagrande, Zarzal, Roldanillo, La Unión, La Victoria, Obando, Pradera, Florida, Candelaria y Palmira en el Valle del Cauca y Miranda, Corinto Puerto tejada y Caloto en el Departamento del Cauca.

La industria azucarera en el Valle del Cauca está compuesta por 2 etapas claramente diferenciadas: la agrícola y la industrial. El producto único de la etapa agrícola es la caña de azúcar, que tiene varias fases desde antes de cultivar la semilla hasta cortar el tallo de la caña dulce. La etapa industrial, que en un principio estuvo basado en productos como la panela y el pan de azúcar, para llegar después a la azúcar sulfatada y por último a la azúcar refinada tiene también diversas operaciones desde la molienda de la caña hasta la obtención del producto comercial final.

El cultivo de la caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 hasta 17 meses. En este periodo a la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento y maduración. En tanto, el desarrollo de las socas (segundo corte de la caña) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amocollamiento, rápido crecimiento y maduración (Fira, 2010: 14).

La faena (actividad) de recolección se lleva a cabo entre los 11 y 16 meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y

caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza. En ciertos casos se quema la plantación para eliminar malezas que impiden el corte de la caña, así como plagas (ratas de campo, víboras, tuzas, etc.) que pudiese causar daño a los cortadores. El instrumento usado para cortarla suele ser un machete de unos 50 cm de longitud y 13 cm de anchura. La caña se corta cerca del suelo al igual que por el extremo superior, cerca del ultimo nudo maduro, ya cortadas se apilan a lo largo del campo, de donde se recogen para su transporte al ingenio (Saccharum Officinarum, 2015 Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar).

Descripción del ciclo de transporte de caña de azúcar. Se comienza con el enganche de los vagones al cabezote (tren de arrastre), luego se procede a realizar un chequeo de peso en bascula para así poder verificar que el peso del vago este dentro de los estándares permitidos, se permite solo un peso que no exceda el 8% de la capacidad estructural y de la tara del vagón, si este peso excede puede ser por factores como mucho lodo o aún tiene mucha caña en su interior ocasionando que vuelva a la mesa de caña para ser vaciado de nuevo.

Luego del proceso anterior, inicia el ciclo de transporte, salida de patio de caña a la sección o suerte correspondiente (suerte= Kilómetro cuadrado de caña) siguiendo con la llegada a la suerte se inicia con el desenganche de los vagones vacío y se procede a enganchar los vagones ya disponibles con caña de azúcar.

Después de ser enganchados los vagones con la tonelada de caña adecuada y permitida por las características del tren cañero que puede estar entre 12 o 20 toneladas según el tren de carga utilizado, y la capacidad de sus vagones, sale de la suerte o sección de nuevo hacia el ingenio. A su llegada al patio de caña para poder ser procesada; pasa por la primera estación, que es báscula donde se lleva el registro de caña cortada y que se ingresa al ingenio. De ahí, llega a la estación de muestreo, donde toman la muestra para establecer el tipo y la calidad de la misma. Una vez terminada estas dos estaciones, se ingresa a la tercera estación que es la mesa de auto-volteo donde se enganchan los vagones para descargar la caña ya sea trozada o larga en una banda que la transporta directo a ser procesada.

En muchas ocasiones los operarios de los vehículos deben esperar, ya que depende del pedido que se realice desde fabrica, se procede solo a descargar caña larga o trozada en el que su ciclo no es mayor a los 10 minutos por tren cañero, a diferencia de si el pedido es de caña revuelta que su ciclo oscila entre los 15 y 30, puesto que hay una mesa solo para caña trozada y una solo para caña larga; descargue que se hace

intermitente entre estas dos mesas, porque que no funcionan simultáneamente. Una vez descargada la caña el proceso termina.

Finalmente, el vehículo debe observar si debe abastecer combustible, calibrar las llantas, realizar un paso por bascula nuevamente con los vagones vacíos y termina con el proceso de enganche de vagones, donde se procede a cambiar vagones o simplemente después de su paso por bascula y verificar que los vagones están en buen estado iniciar de nuevo su ciclo de transporte.

Molinos y conductores: La caña una vez preparada según los pasos anteriores, cae al primero molino, de este a través de un conductor pasa a un segundo molino, y así sucesivamente atraviesa hasta el último molino según el tamaño de la batería (4 a 7 molinos los más usados). Su misión es la extracción del jugo de la caña.

Conductores: Son los encargados de llevar el bagazo de un molino a otro, existen varios tipos: los de cadena de arrastre o de rastrillo, los de tablilla persiana, de banda etc.

Purificación del guarapo: Clarificación: El jugo de color oscuro procedente de los molinos es ácido y turbio. El proceso de clarificación o defecación, diseñado para remover las impurezas tanto solubles como insolubles, emplea en general cal y calor agentes clarificantes. La lechada de cal, alrededor de 16 (0.5 kg((CaO) por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del guarapo, formando sales insolubles de calcio. El jugo clarificado transparente pasa a los evaporadores sin tratamiento adicional.

Evaporación: el jugo clarificado que tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído, contiene aproximadamente un 85% de agua. Dos terceras partes de esta agua se evapora en evaporadores de vacío de múltiples efectos, y el vapor producido por la evaporación de agua en el primer efecto es utilizado para calentar el segundo y así, sucesivamente, hasta llegar al quinto efecto que entrega sus vapores al condensador. El condensador es enfriado por agua en recirculación desde el estanque de enfriamiento. Todo este proceso de ebullición ocurre al vacío.

Clarificación del jugo crudo: el proceso es similar a la fosfatación de refundido en unas refinerías de azúcar. En este caso, se añaden al jarabe o meladura cal y ácido fosfórico, luego se airea junto con la adición de un polímero floculante.

Cristalización: la meladura pasa a los tachos donde continua la evaporación de agua, lo que ocasiona la cristalización del azúcar. Es decir que, al seguir eliminando agua, llega un momento en el cual la azúcar disuelta en la meladura ser deposita en forma de

cristales de sacarosa. Los tachos trabajan con vacío para efectuar la evaporación a baja temperatura y evitar así la acaramelización del azúcar.

Centrifugación o Purga: en los tachos se obtiene una masa, denominada masa cocida, que es mezcla de cristales de azúcar y miel. La separación se hace por centrifugación en las máquinas destinadas a esa labor. De las centrifugas sale azúcar cruda y miel. La miel se retorna a los tachos para dos etapas adicionales de cristalización que termina con los conocimientos, o melaza.

Refinado: Mediante la refinación, se eliminan los colorantes o materias inorgánicas que el licor puede contener. El azúcar disuelto se trata con ácido y sacarato de calcio para formar un compuesto que arrastra la impureza, el licor resultante se concentra, se cristaliza de nuevo en un tacho y se pasa a las centrifugas para eliminar el jarabe.

Secado: el azúcar refinado se lava con condensadores de vapor, se seca con aire caliente se clasifica según el tamaño del cristal y se almacena en sitios para su posterior envasado.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de transporte de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Elementos que intervienen

Maquinaria. Los equipos utilizados para el ciclo de transporte de caña de azúcar son de tipo agroindustrial con características específicas como:

- Tracto Mulas: Se cuenta con 39 tracto mulas de las cuales 17 son propias y 22 son contratadas, con una disponibilidad del 85%.
- Vagones: Se cuenta con diferentes tipos de vagones que varían según su tipo y capacidad HD-12000 (12 Toneladas), HD-24000 (24 Toneladas) y HD-32000 (32 Toneladas), con una cantidad de 160 vagones propios y 100 contratados, con una disponibilidad del 75%.

Mano de obra. El ingenio goza de personal calificado y de experiencia para realizar labores y desplazamientos. Estas personas tienen el cargo de operadores de tracto mulas y de tractores. También se cuenta con operadores en la torre de control, y son los encargados de coordinar y digitar los movimientos de los demás operadores, con la previa autorización del jefe de logística de las operaciones agrícolas. Además de ellos, se cuenta con los supervisores de cosecha, para las suertes, zonas o frentes, que son los lugares donde los operarios del tracto mulas y tractores se desplazan, las cuales pueden ser cosecha mecanizada o manual. Existe también un personal de apoyo a las labores de transporte, los cuales son: Mecánicos en el patio de caña y en las suertes, operador de gasolinera, calibrador de llantas, digitadores de muestreo y de báscula y operarios de cosechadora, alzadoras, corteros, etc.

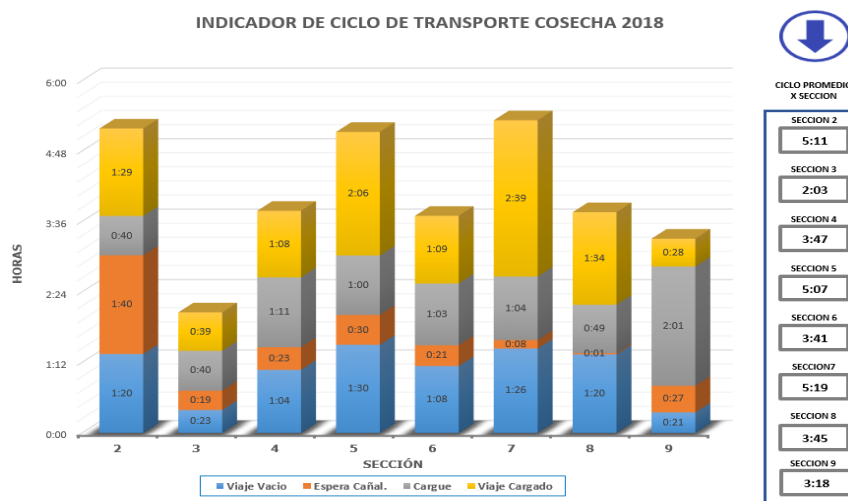
Materia prima. La materia prima en esta empresa, está conformada por:

- Caña Larga. Se obtiene mediante el corte manual hecho por los corteros de caña y se puede quemar previamente.
- Caña Picada. Son trozos de caña de aproximadamente 14 cm de largo y se obtiene mediante el corte mecanizado hecho por las cosechadoras.

Realizando un análisis a los datos suministrados por la Torre de Control del Grupo Agroindustrial Riopaila Castilla S.A, se pudo obtener parámetros e indicadores de ciclo de tiempo asociados al transporte hasta las secciones y su llegada y espera en patio de caña. La logística empresarial supone la ejecución, planificación y control de todas las actividades relacionadas con la obtención, almacenamiento y traslado de materiales (ya sea desde las materias primas necesarias en las primeras etapas del proceso de producción). (Informes ciclo de cosecha, Estadísticas del ingenio Riopaila-Castilla S.A. 2018, 2019)

En la Figura 3 Se observa un diagrama de barras en unidad de tiempo con respecto al número de secciones del ingenio, este diagrama representa el tiempo en promedio que tarda un tren cañero en completar su ciclo de transporte correspondiente a cada sección, esto con la finalidad de tener una mejor comprensión de los tiempos de fluctuación que hay entre las secciones y así llevar un registro del tiempo de las actividades que se realizan dentro de este ciclo de transporte y su variabilidad frente a las otras secciones, y en su mejor caso el tiempo promedio de cada ciclo por sección. En la parte derecha de la gráfica se aprecia el tiempo por horas del ciclo promedio por sección.

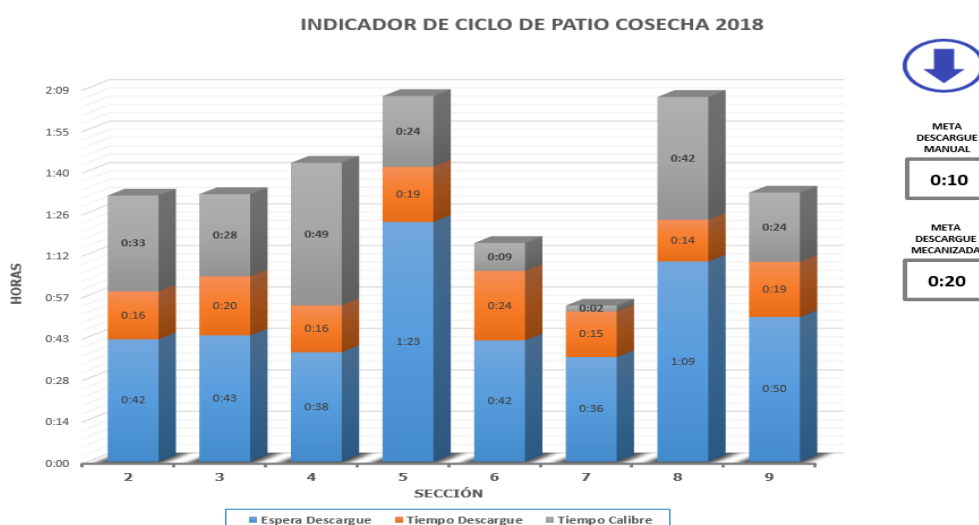
Figura 3. Indicador de Ciclo de Transporte Cosecha 2018



Fuente: (Informes ciclo de cosecha, Estadísticas del ingenio Riopaila-Castilla S.A. 2018, 2019)

En la Figura 4 Se observa de forma más detallada el tiempo de espera en cada sección para descargar la materia prima (Caña de azúcar), también se evidencia el tiempo de descarga de la caña de azúcar y el tiempo de calibración del tren cañero, esto con la finalidad de evidenciar la magnitud de la problemática que se presenta en el momento en el cual el tren cañero está a la espera del descargue en la mesa de auto-volteo.

Figura 4. Indicador de Ciclo de Patio Cosecha 2018



Fuente: (Informes ciclo de cosecha, Estadísticas del ingenio Riopaila-Castilla S.A. 2018, 2019)

Vehículos

Con la Resolución 4100 del 28 de noviembre el Gobierno Nacional dispuso los límites de peso y dimensiones del transporte terrestre, lo cual se describe a continuación:

Límites de peso y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera para su operación normal en la red vial nacional.

El Ministerio de Transporte adopta la configuración de los vehículos y los pesos límites autorizados para el transporte de carga, además de ellos, se establecen ciertos criterios de cumplimiento estricto como lo son: Priorizar la seguridad de las personas en el sector de transporte, el estado ejercerá seguridad y vigilancia de la presentación del servicio de transporte, siendo este un operador de servicio público. (Resolución 4100, 2004)

A continuación, se presenta el estado actual del proceso de transporte de caña. Este es un proceso que se ve afectado al momento en que el tren cañero ingresa al patio de caña, y debe realizar el paso por cada una de las estaciones obligatorias que son: báscula, muestreo y mesa de caña. Esta área denominada patio de caña, es la fuente más significativa en pérdida de tiempo que aqueja el ciclo de este transporte. En la siguiente tabla se observa la toma de tiempos para los elementos que conforman las estaciones del ciclo en esta área:

Se presenta la tabla simbólica del curso grama donde se definen como visualmente se presentarán las actividades de:

- Proceso
- Inspección
- Transporte
- Almacenamiento y
- Espera

Tabla 1. Símbolos Curso grama analítico

Proceso	inspección	transporte	Almacenamiento	Espera
				D

Fuente: Elaboración propia, 2019

- El círculo representa una operación.
- El cuadrado, una inspección.
- La flecha, un transporte.
- La letra D, una espera.
- El triángulo un almacenamiento

Tabla 2. Cursograma del proceso de transporte de caña de azúcar

		Proc.	Ins.	Tran.	Almac.	espera		
INDICE	ACTIVIDAD						TIEMPO ESTIMADO (Minutos)	DISTANCIA (Mts)

1	Llegada de los vehículos al área de Patio-Caña	X					12,62	N/A
2	Tanqueo de los vehículos	X				X	26,99	480
3	Enganche de los vehículos	X					10,28	71
4	Calibración de llantas		X			X	34,08	85
5	Transporte del patio-caña hacia la suerte en la sección designada			X			127,44	N/A
6	Cargue de la caña cortada a los vagones	X					119,41	N/A
7	Transporte de la suerte hacia el ingenio al área de patio-caña			X			132,57	N/A
8	Pesaje en bascula de la caña recolectada	X				X	5,88	131
9	Muestreo de la caña para conocer calidad y nivel de suciedad		X			X	4,42	186
10	Descargue en mesa de caña de autovolteo	X				X	27,66	290

	para suplir área de molienda							
11	Salida del vehículo del sistema			X			0,00	100
TOTAL							501,35	1343

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como conclusiones del Cursograma analítico, existen varios procesos que generan esperas, en los que se emplean 501 minutos y 1343 metros. Sin tener en cuenta la distancia de desplazamiento del ingenio a las suertes y viceversa, que se podrían disminuir planeando cambios en la secuencia de los procesos y los requerimientos que tienen cada uno de los mismos. Para así tener a disposición lo requerido en cada uno de los mismos y tener un flujo del proceso más lineal y fluido. El problema fundamental de los desplazamientos evidenciados en el proceso no es exclusivamente el tiempo necesario en recorrerlos, sino que es una fuente de distracciones y esos tiempos excesivos podrían incrementarse fácilmente, sin tener control de ello.

A continuación, se presenta el análisis de tiempos realizado como parte del diagnóstico de la situación actual del proceso de transporte de caña de azúcar en el ingenio objeto de estudio, el estudio de tiempos completo se observa en el anexo A.

Tabla 3. Tiempos del sistema actual

Actividad	Promedio (Minutos)
Entrada de vehículos	12,62
Tiempo de tanqueo	26,99
Tiempo de enganche	10,28
Tiempo de calibración de llantas	34,08
Tiempo de transporte del patio a la Sección	127,44
Tiempo de cargue	119,41
Tiempo de transporte de la Sección al patio	132,57
Tiempo de Bascula	5,88
Tiempo de Muestreo	4,42
Tiempo de Descargue	27,66

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se evidencia que hay exceso de tiempos en todos y cada uno de los procesos relacionados con el transporte. Omitiendo, teniendo en cuenta el enfoque de la investigación los tiempos de desplazamiento del ingenio-suerte, suerte-ingenio.

IDENTIFICACION DE LOS FACTORES CRÍTICOS DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CAÑA Y PLANTEAMIENTO DEL PLAN DE MEJORA

INDENTIFICACION DE LOS FACTORES CRITICOS

Luego de realizar el estudio de tiempos del proceso, se creó un estudio de problemáticas a la hora del transporte de la caña de azúcar, para así conocer cuáles eran las problemáticas que más afectaban al proceso y su subprocesos que son: La entrada de vehículos, el de tanqueo, el enganche de los vagones al cabezal, la calibración de llantas, el desplazamiento del vehículo del patio a la Sección, el proceso de cargue de la caña a los vagones, el desplazamiento de vuelta hasta el ingenio, el pesaje del vehículo con la carga, el muestreo para conocer la calidad de la materia prima, su nivel de sacarosa. el nivel de humedad y mugre que esta trae y finalmente la salida del vehículo del patio de caña para realizar el siguiente recorrido. teniendo en cuenta la frecuencia de las problemáticas evidenciadas de estas en el transcurso del estudio de tiempos en el patio de caña del ingenio. estos datos sirvieron de base para proponer el plan de mejora, enfocándose en las problemáticas que más tiempos perdidos generan y que más ocurrencia tiene. Para así poner proponer un plan que abarque lo más posible del proceso. A continuación, se presenta la metodología de Pareto, donde primero se presentan las causas de las fluctuaciones excesivas de tiempo en el proceso, junto con su frecuencia de ocurrencia.

Tabla 4. Tabla de frecuencias de las problemáticas.

CAUSAS	Frecuencia	Frec. Normalizada
Falta de documentación para ingreso y salida de vehículos	33	30%
Falta de personal para cumplir con la carga laboral	17	16%
Retrocesos por desconocimiento de los procesos de pesaje	7	6%
Exceso de vehículos en espera por poca capacidad disponible	25	23%
Cuestiones climáticas	4	4%
Accidentes en la vía	3	3%
Averías de los trenes cañeros	17	16%

Confusiones en las rutas	3	3%
--------------------------	---	----

Fuente: Elaboración propia, 2019

Luego para hacer una priorización de la problemática, se organiza de modo descendente, además se presenta la frecuencia porcentual acumulada de las problemáticas.

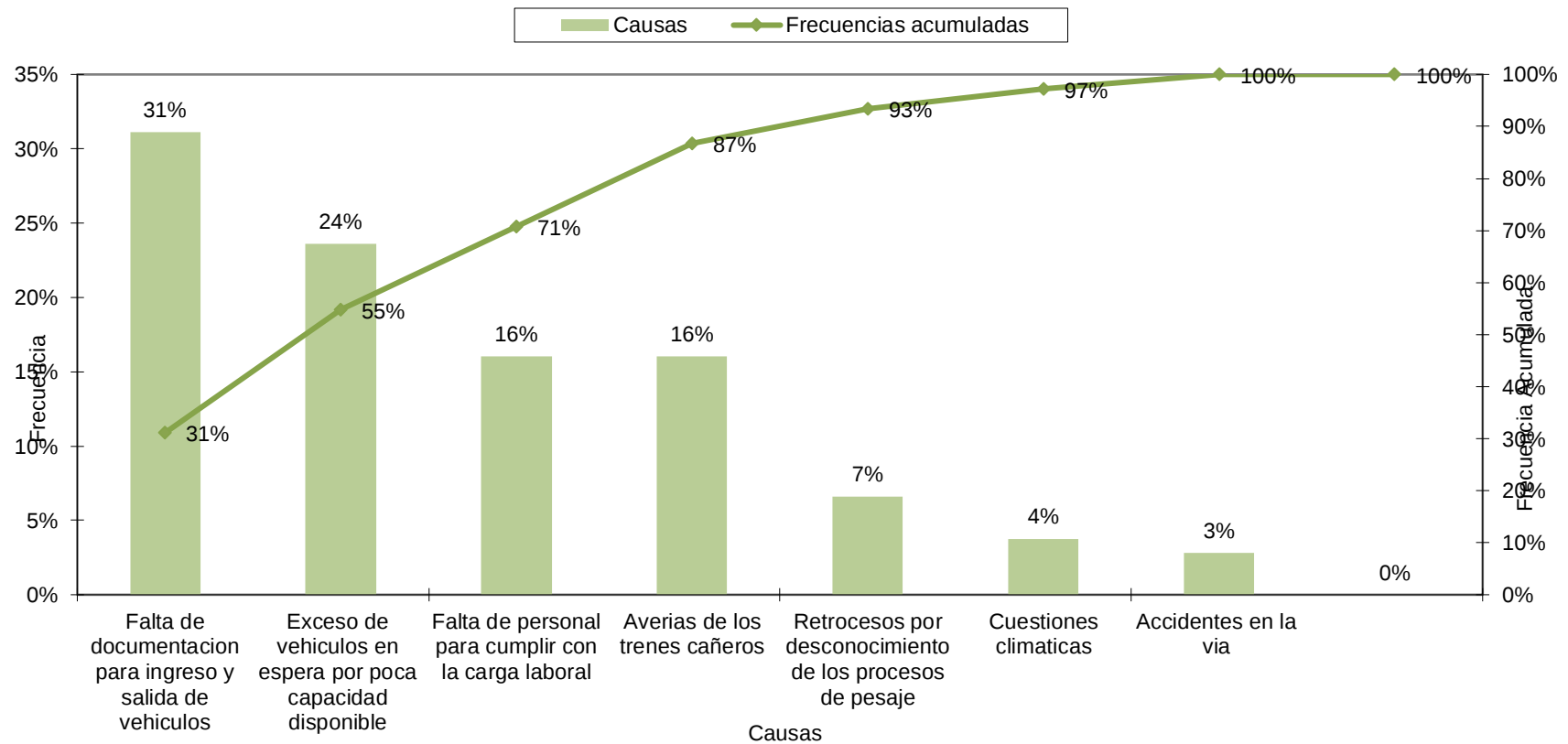
Tabla 5. Tabla de frecuencias acumuladas de las problemáticas

CAUSAS	Frecuencia	Frec. Normaliz	Frec. Acumulada
Falta de documentación para ingreso y salida de vehículos	33	30%	30%
Exceso de vehículos en espera por poca capacidad disponible	25	23%	53%
Falta de personal para cumplir con la carga laboral	17	16%	69%
Averías de los trenes cañeros	17	16%	84%
Retrocesos por desconocimiento de los procesos de pesaje	7	6%	91%
Cuestiones climáticas	4	4%	94%
Accidentes en la vía	3	3%	97%
Confusiones en las rutas	3	3%	100%
TOTAL		0%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2019

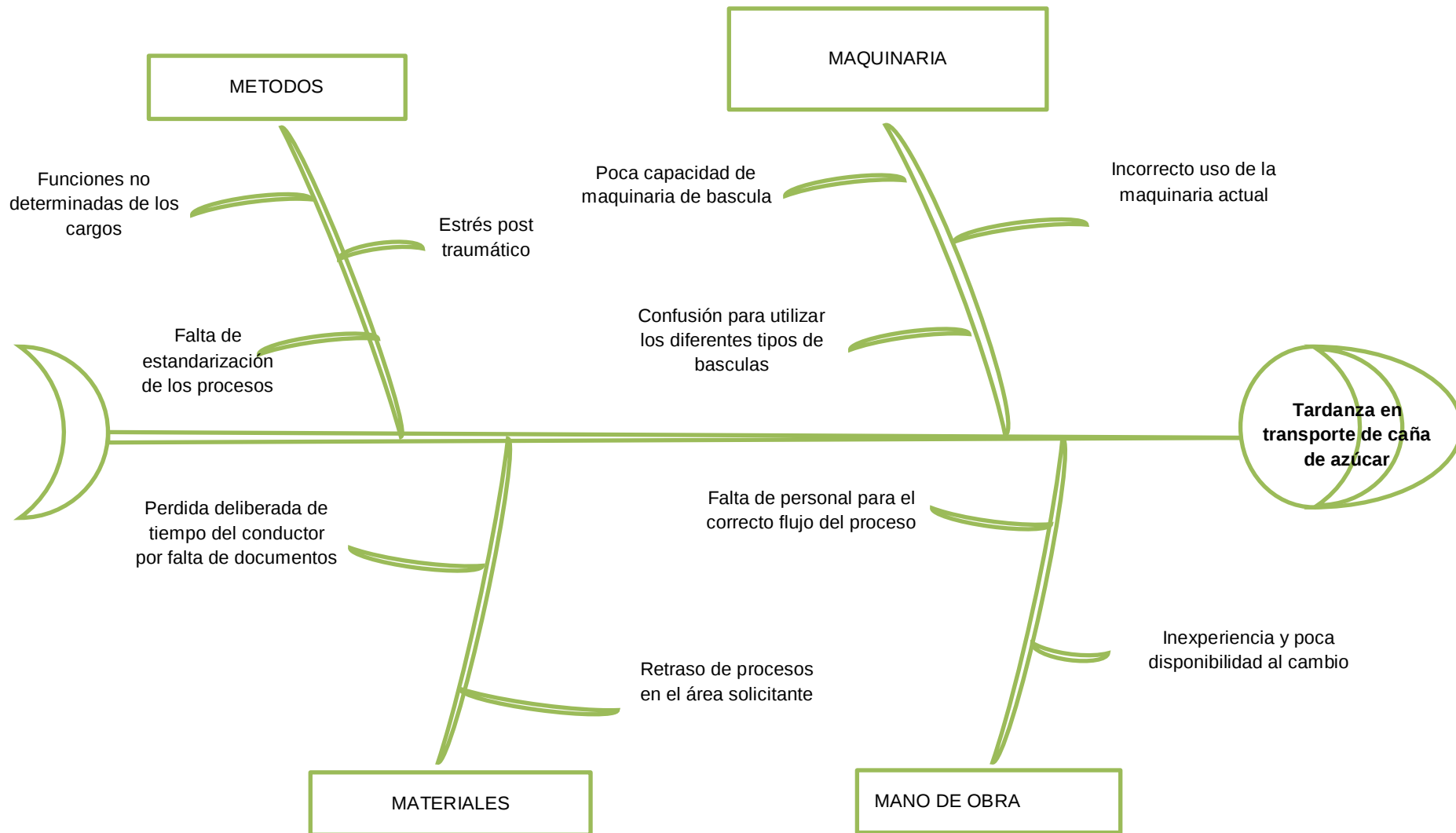
Se presenta gráficamente el crecimiento porcentual teniendo en cuenta cada uno de las problemáticas a tratar. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla.

Figura 5. Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 6. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2019

Teniendo en cuenta los hallazgos y resultados de las herramientas diagnosticas para conocer el estado actual del proceso de transporte y sus puntos críticos de falla. Se presenta un plan de mejoramiento acorde a las necesidades del sistema, permitiendo proponer una mejora que abarque todo el abanico de posibles mejoras.

PLAN DE MEJORA

Se propone un plan de mejoramiento del proceso basado en cuatro pilares de mejora, que sería una reestructuración de la documentación y una reasignación del personal requerido para los vehículos que entran, se pesan, se controlan y salen en el proceso, un plan de mantenimiento preventivo para los vagones de transporte de caña, plantear los requerimientos necesarios para la utilización de la báscula nueva que se tiene sin uso. A continuación, se presenta el plan de mejoramiento:

REESTRUCTURACION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Objetivo: Reducir las demoras de los operarios.

Descripción de la propuesta.

Centralizar los servicios complementarios de mantenimiento (calibre, inspecciones visuales), se opta por tener un operario encargado de estas actividades disponible en patio de caña para asegurar la disponibilidad del avance, la propuesta busca centralizar específicamente un encargado de listas de chequeo en patio de caña con una pronta respuesta para mantener los equipos en perfectas condiciones y los trenes de avance listos para la operación, surge por la necesidad y la solicitud a los requerimientos de los operarios del tren cañero que no encuentran respuesta oportuna a la hora del servicio, y los tiempos excesivos que se identificaron en el proceso. Además, la operación debe focalizar todos sus esfuerzos para que esté al alcance de todas las áreas que intervienen en la operación, así eliminando los tiempos de espera por parte de los operarios que realizan labores personales u otras, no acordes con su horario de trabajo; y así obteniendo una pronta respuesta por parte de ellos.

La acción de respuesta por parte de los operarios frente algún daño ocasionado en el ciclo de transporte a la maquinaria, es un muy lenta, ocasionando que el tiempo de ciclo para el tren cañero se retrase; ante esto, centralizar los servicios y fomentar ideologías de trabajo JIT (Just it time), la solicitud agiliza los procesos; logrando así la reparación de la maquinaria en tiempos requeridos, con esto se logra despejar la zona de monta llantas para un óptimo rendimiento a la hora de realizar labores.

Pasos para la implementación.

- -Presentación de la propuesta al jefe de logística de operaciones agrícolas.
- -Realizar una jornada de capacitaciones sobre los peligros asociados a la utilización de objetos personales como el teléfono celular en áreas con cargas extradimensionadas y paso de vehículos de extensa longitud.
- -Capacitar a los operarios en metodologías justo a tiempo y otras metodologías que permitan dar la capacidad de respuesta oportuna ante cualquier eventualidad en el funcionamiento mecánico de la maquinaria

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Objetivos:

- -Evitar el fallo de los equipos.
- -Evitar la pérdida del ciclo de vida por falta de mantenimiento.
- -Mantener la maquinaria en óptimas condiciones para ejercer su labor.

Descripción de la Propuesta. El ingenio cuenta con tiempos establecidos para el mantenimiento preventivo, este consta de 2 tipos: mantenimiento preventivo cada 2 meses y el llamado “pico y placa” cada 8 días. En el pico y placa como es denominado por el ingenio se realiza una revisión al tren cañero, donde se le hace medición del aceite, los comandos de navegación y una revisión que suele ser muy superficial. En el mantenimiento preventivo, se realizan todos los ajustes necesarios para poder tener en óptimas condiciones los trenes de arrastre.

Esta propuesta pretende aplicar un programa de mantenimiento, encaminado a los vagones que han sido olvidados por los operarios, en la actualidad se encuentra que hay vagones que llevan más de 2 meses en las secciones sin ser intervenido; en ocasiones, estos vagones en pésimas condiciones duran un determinado tiempo sin ser reportados o sin intervención mecánica, causando la desmantelacion de los mismos.

Esta propuesta requiere la creación de un formato llamado Check List vagones, que contendrá las descripciones más importantes, para ser monitoreados visualmente, esto con el fin de que al ingresar al patio de caña y pasar por la estación de bascula se realice este chequeo visual al estado con que entra y sale el tren cañero

Pasos para la implementación.

- Se presenta formalmente la propuesta para la creación de un formato de lista de chequeo para vagones. La creación de esta con todos los ítem y descripciones más importantes que se puedan generar visualmente.
- Capacitaciones a los operarios relacionados con el proceso de los conceptos básicos de mantenimiento y la importancia del mismo.

Requerimientos:

Humanos:

- Supervisores de taller: Son los encargados de realizar la lista de chequeo para la revisión visual y los encargados de hacer la socialización con los operarios de cómo se ejecutarán estas listas de chequeo.
- Operadores del sistema eléctrico: Son los encargados de inspeccionar la parte eléctrica de los equipos, estos operarios, son los más requeridos, ya que, en la toma de tiempos, los diferentes conductores hicieron énfasis en la demora y poca responsabilidad y falta de un operario eléctrico en patio de caña con disponibilidad.
- Nuevo puesto de trabajo: Será el encargado de realizar la inspección visual y la lista de chequeo de los trenes cañeros que ingresan al patio de caña, haciendo una revisión visual de los vagones y cabezote, llevando un registro sobre los requerimientos o estados de ellos.

Financieros:

- Este nuevo puesto de trabajo, no genera costo alguno, se observa que, en esta área, se encuentra mucho operario reubicado por condiciones físicas que pueden realizar estas inspecciones visuales, sin alterar su condición de excepción; aprovechando al máximo estos operarios, puesto que pasan la mayor parte de su tiempo sin alguna actividad que ejercer, generando un puesto de trabajo que garantizará el registro y el chequeo de los vagones y así poder llevar un inventariado de estos.

REESTRUCTURACION DEL PROCESO DOCUMENTAL

Objetivos:

- Disminuir los tiempos de entrega de documentos en estas dos áreas en patio de caña.

- Estandarizar la documentación requerida para la entrada y salida de vehículos

Descripción de la propuesta. Una vez identificado los factores que más influyen en la pérdida de tiempo, se presenta la propuesta de generar un nuevo puesto de trabajo, un operario encargado de recibir los documentos y entregarlos en el puesto de control de la báscula, así se disminuye el tiempo de traslado de conductores, tiempo monitoreado en la báscula actual. Si al paso del tren cañero la báscula paralela se encuentra ocupada y en funcionamiento, el conductor demorará menos en la entrega de la documentación. Este nuevo puesto de trabajo viene unificado con la labor, de la inspección de los vagones, puesto que, al recibir la documentación, inmediatamente se realizará la inspección visual siendo una persona la encargada de estas dos labores.

Requerimientos: Creación de la documentación necesaria para el requerimiento en recursos humanos de la reubicación de uno de los trabajadores en condiciones especiales que tiene actualmente el ingenio.

HABILITACION DE BASCULA

Objetivos:

- Plantear la necesidad de la terminación de los requisitos mínimos de utilización de la bascula
- Aumentar la capacidad y el flujo de vehículos

Descripción de la propuesta. Para mejor condiciones de pesaje de los trenes cañeros del ingenio, el ingenio construye una báscula más grande, considerada la más grande de Colombia, ubicada al otro extremo de las dos que ya se tiene. El propósito de esta construcción es poder tarar el tren cañero en su totalidad en una sola pasada, pero siguiendo los parámetros del proceso anterior, donde el conductor debe entregar la documentación, la plataforma para que el conductor baje del tren y lleve el documento al puesto de control está al otro lado de la vía.

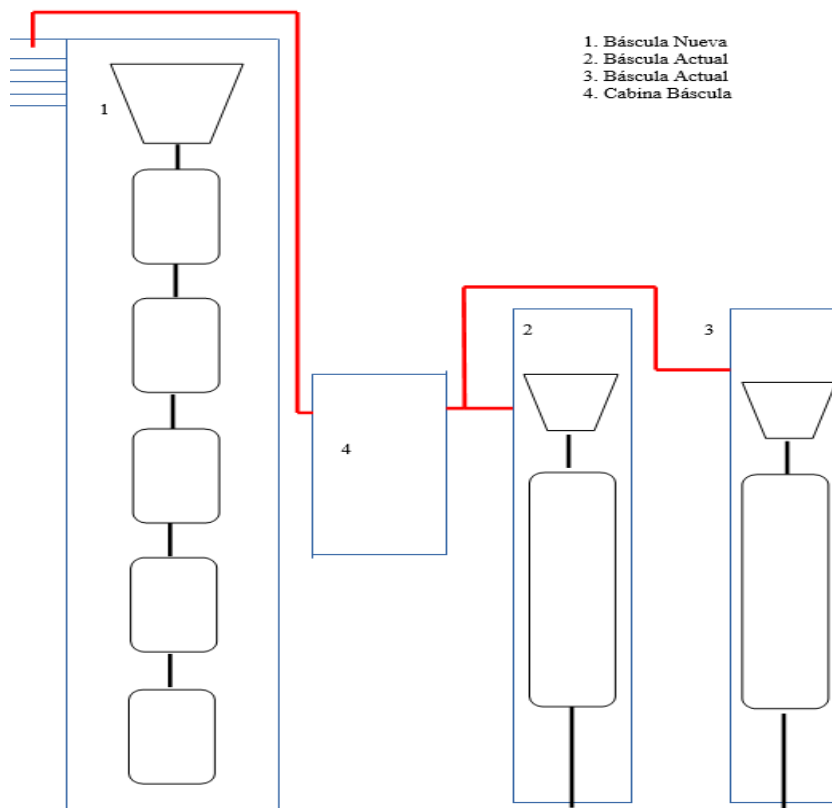
Actualmente no se tienen definidos los estándares de calibración ni mantenimiento de la misma. Por lo que el uso de la misma se veía imposibilitado, se permitió utilizarla para realizar el estudio de tiempos y reconocer de qué manera y cuantitativamente que impacto generaba en el proceso de pesaje. Se realizaron mediciones y en promedio el entregar la documentación y volver al tren cañero, sin tener en cuenta que actividades realice el conductor antes de, como: no llevar las botas puestas, realizar acciones personales en este recorrido, hablar con algún compañero, o el clima sea de lluvia y el

terreo de traslado este en pésimas condiciones. Permitiendo así conocer el beneficio de hacer el uso de esta maquinaria en desuso.

Esta nueva báscula se ve beneficiada con la creación del puesto de trabajo de un personal encargado de recibir la documentación, evitando el desplazamiento del conductor lo que a su vez evita que tenga eventos como los anteriormente mencionados en horas de trabajo, y no se retrase el ciclo de transporte, optando por una alternativa que disminuirá y hará más efectivo el tiempo.

Requerimientos: Creación de la documentación necesaria para la estandarización de los procesos de calibración, seguimiento, control y mantenimiento de la nueva bascula.

Figura 7. Báscula vista aérea



Fuente: Elaboración propia, 2019

Se aprecia en esta figura la báscula nueva (1), las dos actuales (2,3) y la cabina báscula (4).

En la figura anterior, se evidencia que en las basculas dos y tres solo caben, el cabezote y un vagón, luego caben de a dos vagones, mientras que, en la báscula nueva, bascula 1 cabe el tren cañero entero, la línea roja denota el recorrido que debe hacer cada conductor dependiendo en que bascula se encuentre.

A continuación, se presentan los tiempos tomados en la simulación en terreno de la propuesta. Para así conocer de forma cuantitativa el cambio generado por la propuesta, el estudio de tiempos completo de la propuesta se observa en el Anexo B.

Tabla 6. Tiempos del proceso con mejoras propuestas

Actividad	Promedio (Minutos)
Entrada de vehículos	12,62
Tiempo de tanqueo	17,32
Tiempo de enganche	6,02
Tiempo de calibración de llantas	3,86
Tiempo de transporte del patio a la Sección	137,45
Tiempo de cargue	167,16
Tiempo de transporte de la Sección al patio	211,05
Tiempo de Bascula	2,96
Tiempo de Muestreo	2,42
Tiempo de Descargue	27,66

Fuente: Elaboración propia, 2019

VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN

DISEÑO DEL EXPERIMENTO EN ARENA

El modelado del sistema, debe representar las dinámicas de interés del sistema bajo las condiciones de un estudio particular. La simulación consiste en realizar experimentos sobre el modelo del sistema. De esta forma, los resultados generados por el simulador, permiten prever con cierta exactitud los resultados que se obtendrían si se realizara el experimento sobre el sistema real.

Teniendo en cuenta la información recolectada para el experimento de la simulación se determinaron las siguientes características, esto con el fin de asemejar lo más posible a la realidad y poder hacer la comparativa cuantitativa de los cambios generados por la mejora propuesta. El experimento no tuvo en cuenta el tipo de caña que traen los vagones porque esta no afecta el tiempo de transporte.

Entidades: Las entidades son aquellas personas, objetos, piezas... reales o imaginarios, cuyos movimientos a través del sistema causan un cambio en su estado. Por tanto, se consideran entidades, a aquellos documentos, clientes, piezas, que son producidos o atendidos o que de cualquier otra manera influyen en el proceso
Se toman dos entidades. La primera siendo TREN_CAÑERO que serían los vehículos de carga de caña de azúcar cortada que entrarían en el sistema.

Tabla 7. Entidades del experimento

ENTIDADES
TREN_CAÑERO

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Atributos: Son las características que caracterizan a las entidades según propiedades de estas como puede ser el tamaño, precio, prioridad, etc. Los atributos son imprescindibles para controlar el flujo de entidades en el sistema. Para el experimento se tuvo en cuenta el tiempo de llegada de cada uno de los vehículos al sistema

Tabla 8. Atributos del experimento

ATRIBUTOS
HORA_LLEGADA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Recursos: Los recursos representan todo aquello necesario para realizar un proceso: personas, máquinas, herramientas, etc. Son elementos estáticos del modelo y en ellos son alojadas las entidades, presentando posibles estados distintos definidos por el usuario: ocupados, libres, en fallo, etc. En este caso se habla de las estaciones de los procesos del transporte de caña.

Tabla 9. Recursos del experimento

RECURSOS
TANQUEO
ENGANCHE
CALIBRACION
T_SUERTE
CARGUE
T_PATIO
BASCULA
MUESTREO
DESCARGUE

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Filas: Son espacios de espera para las entidades en su movimiento por el sistema, cuando estas han sido detenidas por causas del fallo del sistema. Por ejemplo, si un determinado recurso está ocupado y la entidad quiere acceder a él, ha de esperar hasta que esté disponible. Son elementos pasivos del modelo, no se pueden crear durante la ejecución del programa. En este caso se habla posibles filas de las estaciones de los procesos del transporte de caña

Tabla 10. Filas del experimento

FILAS
F_TANQUEO
F_ENGANCHE
F_CALIBRACION
F_CARGUE
F_BASCULA
F_MUESTREO
F_DESCARGUE

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Evento: A la hora de ejecutar el modelo, básicamente todo se centra en los eventos. Un evento es algo que ocurre en un instante de tiempo (simulado) que puede hacer cambiar, atributos, variables o acumuladores estadísticos, como pueden ser: la llegada o la salida del sistema de una entidad, el final de la simulación, etc. Para poder ejecutar, una simulación debe seguir los eventos que se supone que ocurrirán en el futuro (simulado).

En Arena, esta información es guardada en un calendario de eventos. En este experimento los eventos son las acciones que realizan los vehículos de carga de caña de azúcar desde que entran al patio a tanqueo, su recorrido, su cargue y su disposición final en el patio de caña para la molienda

Tabla 11. Eventos del experimento

EVENTOS
Llegada de los vehículos al patio
Tanqueo de los vehículos
Enganche de los vehículos
Calibración de llantas
Transporte del patio hacia la suerte
Cargue de los vagones
Transporte de la suerte hacia el patio de caña
Pesaje en bascula
Muestreo de la caña
Descargue en mesa de caña
Salida del vehículo del sistema

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Finalmente se presenta la forma en la que se evaluarán las simulaciones. Esta acción basada en las siguientes medidas de efectividad, estos también llamados **Acumuladores Estadísticos**. Estos se usan para conseguir medidas de los resultados o salidas llevados a cabo, hay que hacer uso de varias variables que actúan como acumuladores estadísticos conforme la simulación progresa, como pueden ser: el número de partes producidas, el total de tiempo esperando en una cola, número de entidades que han pasado a través de una cola, el mayor tiempo que se ha permanecido en la cola, el total de tiempo que pasa en el sistema para todas las entidades que van desapareciendo, el área ocupada debajo de la curva de algunas funciones, etc.

Tabla 12. Medidas de efectividad y evaluación del experimento

MEDIDAS DE EFECTIVIDAD
TIEMPO_SISTEMA
VEHICULOS_IN
VEHICULOS_OUT
% UTILIZACION TANQUEO
% UTILIZACION ENGANCHE
% UTILIZACION CALIBRACION
% UTILIZACION CARGUE
% UTILIZACION PESAJE
% UTILIZACION MUESTREO
% UTILIZACION DESCARGUE

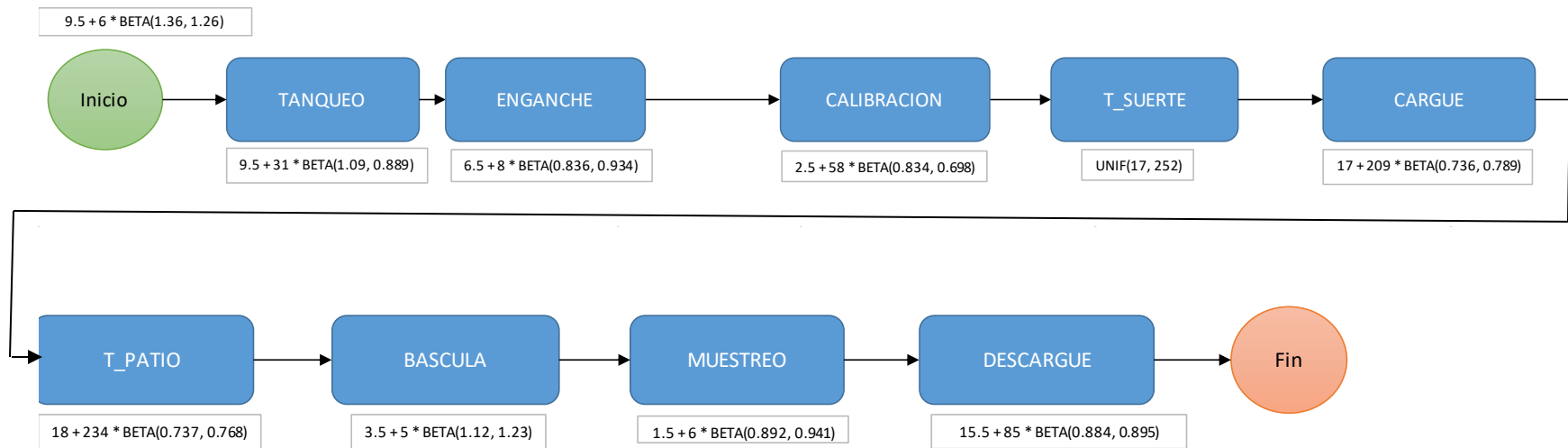
Fuente: Elaboración propia, 2019.

- La medida de efectividad y evaluación TIEMPO_SISTEMA mostraran el tiempo total de los vehículos de carga de caña de azúcar dentro del sistema
- Las medidas de efectividad y evaluación VEHICULOS_IN, VEHICULOS_OUT, mostraran la cantidad de vehículos de carga que entran y salen en el periodo de tiempo establecido
- Las medidas de efectividad y evaluación del porcentaje de los procesos TANQUEO, ENGANCHE, CALIBRACION, CARGUE, PESAJE, MUESTREO, DESCARGUE son para conocer el porcentaje utilizado de los procesos de transporte de caña que pueden llegar a generar las filas.

SIMULACION EN ARENA

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se presenta el diagrama de flujo del proceso con sus respectivas distribuciones de probabilidad y todas las características previamente mencionadas en lenguaje de Arena: La distribución de los procesos como lo son la llegada de vehículos y la preparación (carga y descarga de productos hortofrutícolas) se comportan de la misma forma en la distribución a evaluar y en la propuesta en el proyecto. Viéndose los cambios reflejados en el flujo de vehículos que cada una tiene la capacidad de tener dependiendo de su distribución y las restricciones con que viene:

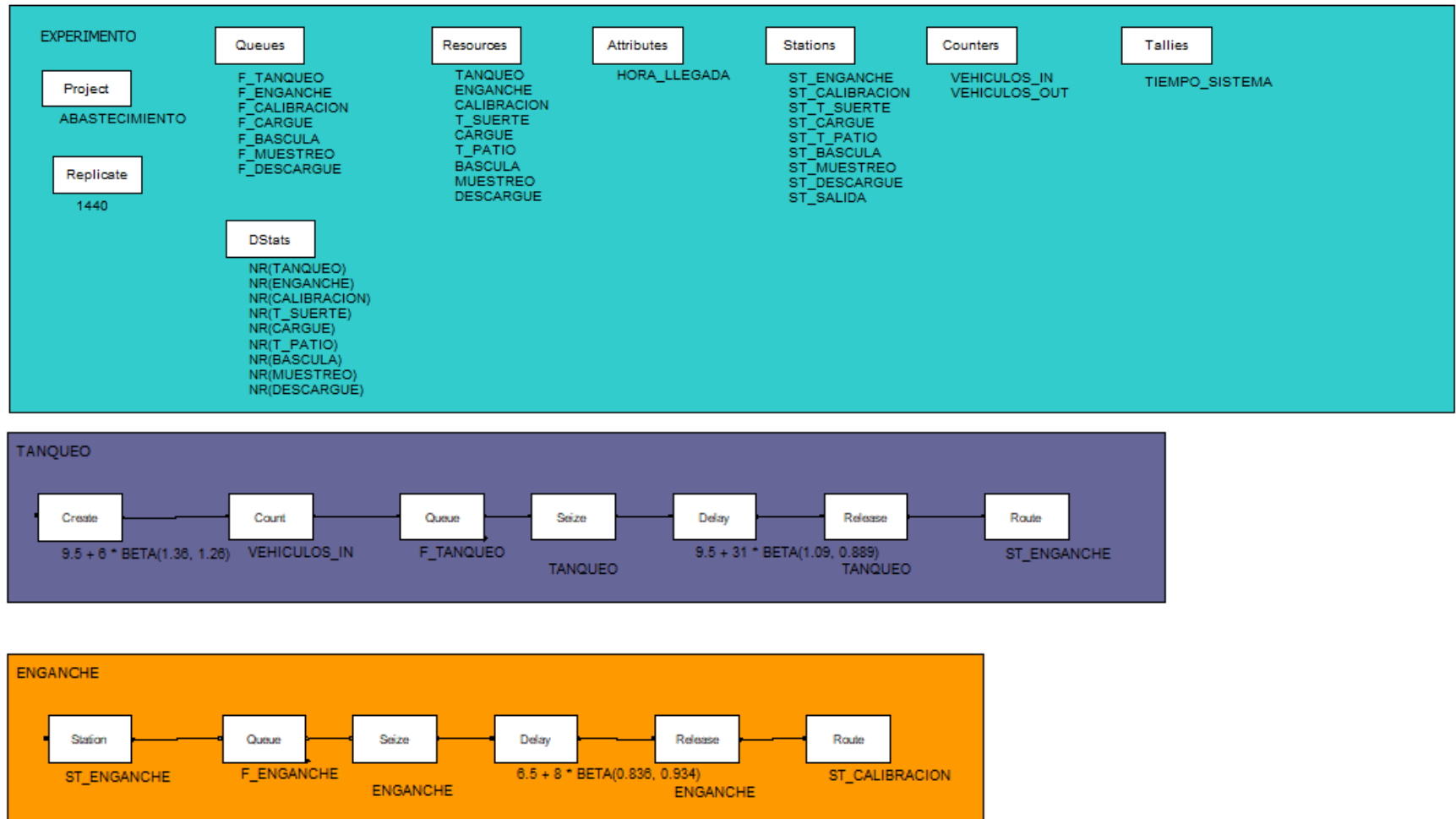
Figura 8. Modelo conceptual de la simulación

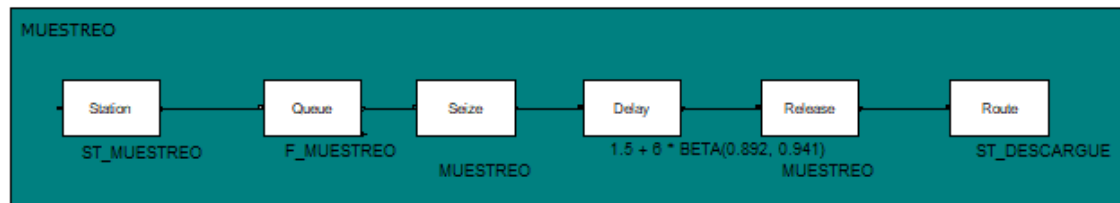
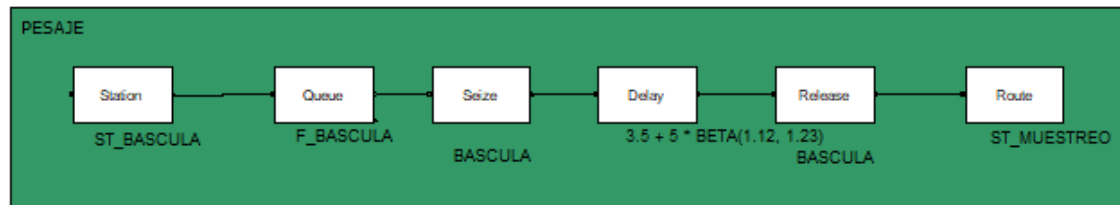
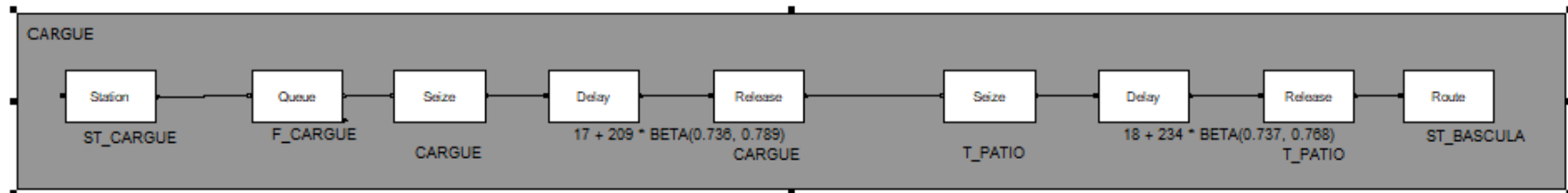
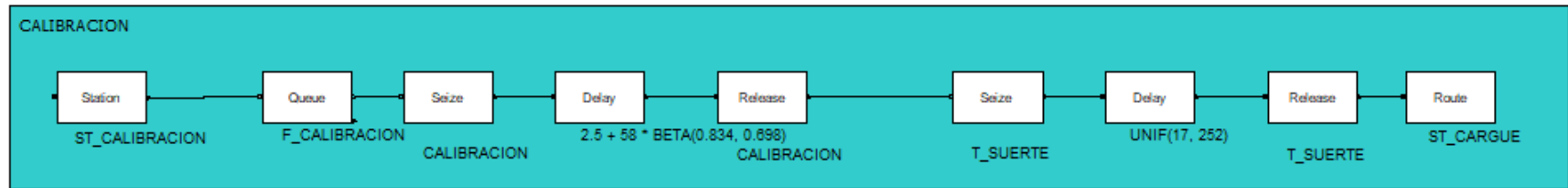


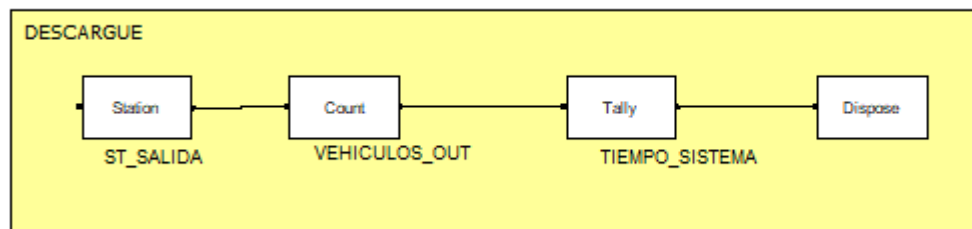
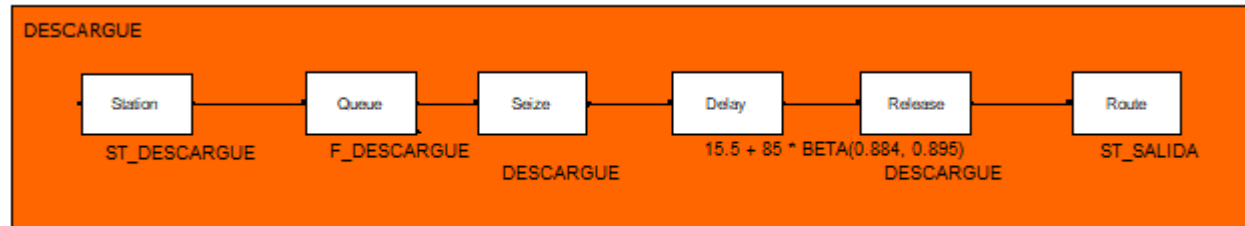
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Luego, se muestran todos los rasgos anteriormente indicados en el diseño del experimento, manejando el lenguaje de Arena Simulator.

Figura 9. Experimento en Arena







Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para la evaluación comparativa del escenario real con el escenario propuesto se tuvo en cuenta con los tiempos tomados en la simulación en terreno. Donde de forma real se podrían aplicar los planes de mejora propuestos y así conocer cuál era la disminución de los tiempos totales del proceso de transporte de caña de azúcar. La comparación se realizó haciendo el promedio de las medidas de efectividad y evaluación de las iteraciones realizadas. Para así conocer la cantidad de vehículos que entraron y salieron del sistema, los tiempos de permanencia y la utilización de las posibles colas de los procesos de transporte de caña de azúcar.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

Los resultados de las iteraciones de cada uno de los escenarios, permite evidenciar como el sistema interactúa y reacciona ante los cambios propuestos en el presente proyecto y cuantificar este cambio para poder definir la viabilidad de la propuesta demostrándose en minimización de tiempos del transporte de caña. Aumentando la productividad y disminuyendo el porcentaje de sacarosa perdido por exceso de tiempo en su envío

Tabla 13. Análisis comparativo de los escenarios

MEDIDAS DE EFECTIVIDAD	UNIDAD	TRANSPORTE ACTUAL	TRANSPORTE PROPUESTO	NIVEL DE MEJORA
TIEMPO_SISTEMA	Promedio. (min)	984,83	940,69	44,14
	Mínimo (min)	437,83	232,17	205,66
	Máximo(min)	1411,7	1401,3	10,40
	Observaciones	34	66	32
VEHICULOS_IN	Cantidad	114	119	5
VEHICULOS_OUT	Cantidad	34	66	32
% UTILIZACION TANQUEO	Porcentaje	99,42%	71,18%	28,24%
% UTILIZACION ENGANCHE	Porcentaje	18,68%	11,85%	6,83%
% UTILIZACION CALIBRACION	Porcentaje	55,22%	7,87%	47,35%
% UTILIZACION CARGUE	Porcentaje	6,89%	4,31%	2,58%
% UTILIZACION PESAJE	Porcentaje	15,25%	7,43%	7,82%
% UTILIZACION MUESTREO	Porcentaje	25,36%	11,91%	13,45%
% UTILIZACION DESCARGUE	Porcentaje	70,78%	65,28%	5,50%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

CONCLUSIONES

El diagnóstico del proceso de transporte de la caña de azúcar en el ingenio caso de estudio mostro evidencias de falencias en los procedimientos de los subprocesos que este tiene, como por ejemplo de documentación, falta de capacitación y mala administración de los activos disponibles. Esto generando tiempos excesivos en cada uno de los procesos del transporte de caña, desde el tanqueo hasta el descargue en patio de caña demostrando así que se requiere de medidas de mejora en varios puntos críticos del proceso que permitan tener un tiempo de ciclo de transporte de caña adecuado a las condiciones que permite actualmente el sistema, maximizando el nivel de sacarosa posible en la materia prima y la disminución de los tiempos perdidos.

Basándose en los hallazgos diagnósticos del estado actual del sistema de transporte, se plantearon mejoras relacionadas con las problemáticas más críticas y más recurrentes que tiene el proceso. Esto siendo afectado por factores humano involucrando la supervisión y los servicios auxiliares, al mismo tiempo que la mano de obra directa, de maquinaria abarcando el equipo de patio caña, las herramientas que se utilizan y su utilización, de estandarización de procesos, el factor movimiento, englobando transporte inter o intraseccional, así como manejo en las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones y el factor espera, incluyendo los almacenamientos temporales y permanentes, así como las esperas. Se propone así, un plan de mejoramiento con una estructura con cuatro bases que permitirá dar una posible solución a las problemáticas encontradas en el proceso. Mejorando así los tiempos de ciclo de transporte de caña de azúcar.

La simulación permitió respaldar los tiempos tomados en terreno antes y después de aplicar la propuesta de mejora que abarca los procesos relacionados con el transporte de caña de azúcar, obviando los tiempos y recorridos que el vehículo realiza fuera del ingenio. El análisis comparativo arrojó que con los nuevos tiempos mejorados por la propuesta ahorrarían en promedio cuarenta y cuatro minutos por tren cañero (44) y aumentaría en treinta y dos (32) la cantidad de vehículos que podían salir del sistema en las 1440 horas simuladas. Además, se demostró tanto en el terreno como en la simulación la disminución de colas en los procesos del transporte de caña. Existiendo una disminución porcentual de uso en cada una de las estaciones, esta disminución teniendo un promedio de un 16%.

RECOMENDACIONES

Para el caso piloto estudiado en el ingenio caso de estudio, de acuerdo con los resultados de las simulaciones y lo observado durante el levantamiento de información y el estudio de tiempos, se proponen las siguientes prácticas para la gestión logística de un sistema de abastecimiento de caña para futuras investigaciones:

- Control de la maquinaria y equipo en función de los tiempos en la suerte, distancias, tiempos de transporte, vejez de la caña y requerimiento de molienda (modelo de optimización).
- Control de colas en la suerte parando equipos en patio o reasignándolo a otros frentes.
- Proponer una base de datos global para seguimiento y control de tiempos de permanencia del transporte de caña de azúcar en las suertes.

Teniendo en cuenta la propuesta del uso de la nueva báscula, se deja definida la necesidad de realizar un estudio de distribución de planta del área de pesaje actual del ingenio, buscando generar alternativas de ubicación de las básculas para un flujo más constante del proceso.

Para la reasignación del personal, como se tiene presente el uso de personas en condiciones especiales que están reubicadas. Se plantea el requerimiento de crear una ficha de puesto de trabajo relacionado con las labores de documentación e inspección de vehículos. Para así dejar definido sus obligaciones, responsabilidades, requisitos y su ubicación en la cadena de mando del patio de caña del ingenio, buscando así la formalización del mismo en la empresa.

Finalmente se recomienda realizar un nuevo estudio de modelo de ruteo, para las diferentes haciendas o secciones del Ingenio Riopaila-Castilla para definir nuevas rutas que favorezcan el transporte de caña de azúcar por vías internas y optimizar los recursos dentro de este, y así favoreciendo el plan de ser los pioneros en solo transitar por vías internas para la recolección, transporte y abastecimiento de caña de azúcar.

BIBLIOGRAFÍA

- Amú L. (2011).** Modelo de simulación y optimización para la gestión logística del sistema de abastecimiento de caña en un ingenio sucro- alcoholero colombiano. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Industrial, Universidad del Valle, Cali. Disponible en: <https://docplayer.es/2915868-Modelo-de-simulacion-y-optimizacion-para-la-gestion-logistica-del-sistema-de-abastecimiento-de-cana-en-un-ingenio-sucro-alcoholero-colombiano.html>
- Amú L. (2010).** Logística de Cosecha: Evaluación de tiempos y movimientos. Indicadores y control. Disponible en: http://www.tecnicana.org/pdf/2010/tec_no26_2010_p27-32.pdf
- Barba y Orozco (2014).** Propuesta de mejoramiento del tiempo de ciclo (LEAD TIME) de transporte de caña en el ingenio RioPaila-Castilla S.A., Tesis de grado Universidad Javeriana seccional Cali, para optar el título de Ingeniería Industrial. Disponible en: <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/3155?show=full>.
- Colombia. (2005).** Resolución 003800 diciembre 2 del 2005, Derogada por el art 21, Resolución del Min. Transporte 4959 de 2006. Ministerio del Transporte. Ley 769 de 2002 y el Decreto 2053 de 200
- Colombia. (2015).** Norma técnica informativa Diciembre del 2015
- Colombia. (2017).** Resolución 04667 Junio 22 del 2017, Ministerio de transporte, instituto nacional de vías, Delegado mediante decreto N° 1944 del 2015
- Colombia. (2017).** Resolución 09330 Noviembre 30 del 2017, Ministerio de transporte, instituto nacional de vías, Delegado mediante decreto N° 1944 del 2015
- Colombia. (2017).** Resolución 08816 Noviembre 14 del 2017, Ministerio de transporte, instituto nacional de vías Delegado mediante decreto N° 1944 del 2015
- Rodríguez C. (2013).** Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4537/1015404763-2013.pdf?sequence=1>

Grupo Agroindustrial Rio Paila-Castilla. Disponible en: <https://www.riopaila-castilla.com/>

Gobernación del Valle del Cauca. Vías y carreteras del Valle del Cauca. Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/60138/vias-y-carreteras-del-valle-->

Leal, Martínez y Torrez (2005). Optimización del manejo y transporte de caña de azúcar en el ingenio La Magdalena, S.A., tesis de grado, Universidad de El Salvador, para optar el título de Ingeniería Industrial. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13905/1/OPTIMIZACI%C3%93N%20DEL%MAGDALENA,%20S.A..pdf>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). Disponible en: <https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/lang--es/index.htm>

Pyne.Net. La logística empresarial. Disponible en: <https://www.emprendepyme.net/la-logistica-empresarial.html>

Tecnocreativos. Sistema de gestión del transporte. Disponible en: <https://www.tsolco.com/tms-gestion-de-transporte/?gclid=CjwK>

ANEXOS

ANEXO A

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Actividad	Entrada de vehiculos	Tiempo de tanqueo	Tiempo de enganche	Tiempo de calibracion de llantas	Tiempo de transporte del patio a la Seccion	Tiempo de cargue	Tiempo de transporte de la Seccion al patio	Tiempo de Bascula	Tiempo de Muestreo	Tiempo de Descargue
1	1	15	32	10	49	153	112	36	8	2	18
2	2	11	17	7	37	249	150	171	5	7	17
3	3	15	11	7	37	223	132	31	4	6	27
4	4	15	17	13	43	65	70	206	4	6	36
5	5	14	38	11	12	83	170	225	7	3	34
6	6	11	12	7	22	52	100	23	4	2	34
7	7	12	24	12	53	84	189	55	7	2	39
8	8	13	21	14	49	139	211	147	4	3	32
9	9	12	28	8	13	163	30	245	5	5	15
10	10	14	20	10	36	50	29	145	6	6	24
11	11	14	19	11	53	84	188	162	6	5	15
12	12	13	27	9	58	164	24	235	5	6	39
13	13	12	33	12	54	177	226	223	4	7	30
14	14	13	24	9	51	193	102	49	7	3	38
15	15	10	40	14	26	195	104	214	6	7	24
16	16	10	12	9	60	185	29	143	5	4	36
17	17	10	23	11	38	19	192	129	4	6	33
18	18	15	16	13	51	22	44	146	8	4	26
19	19	14	39	12	16	146	203	190	5	2	19
20	20	13	26	8	4	71	130	46	4	6	38
21	21	10	37	11	52	222	52	209	7	2	23
22	22	11	27	12	42	37	209	187	8	2	26
23	23	13	34	7	34	120	81	102	7	2	30
24	24	13	20	12	39	212	205	130	8	3	39
25	25	12	34	7	6	120	126	130	4	4	37
26	26	13	17	8	7	26	77	251	6	4	22
27	27	12	12	13	54	182	137	142	5	3	31
28	28	13	38	9	16	51	45	35	7	7	38
29	29	10	25	8	13	177	151	90	7	5	23
30	30	10	10	10	44	229	154	31	4	2	24
31	31	15	31	7	48	71	186	252	6	3	32
32	32	13	14	10	33	234	61	100	6	4	18
33	33	14	36	8	59	32	179	41	7	7	22
34	34	13	13	12	10	40	172	151	7	3	29
35	35	15	10	7	21	252	74	250	5	3	39
36	36	13	37	11	58	189	123	160	4	7	22
37	37	15	39	8	53	70	204	241	7	6	15
38	38	10	40	12	59	237	24	169	5	5	22
39	39	13	40	14	18	55	166	252	5	7	34
40	40	12	18	7	60	206	53	224	6	3	22
41	41	14	39	12	53	106	192	134	5	5	18
42	42	13	25	14	57	115	35	51	4	2	34
43	43	11	39	11	60	177	19	55	5	4	22
44	44	10	12	13	7	149	206	221	5	6	20
45	45	11	32	9	43	170	30	197	6	7	39
46	46	11	26	13	52	56	66	129	5	3	18
47	47	14	27	13	17	36	113	214	5	5	37
48	48	15	19	14	51	157	162	97	7	7	24
49	49	11	38	8	13	224	139	229	5	5	19
50	50	14	29	11	60	132	213	18	8	5	29
51	51	12	29	13	49	95	206	129	4	2	32
52	52	12	39	8	41	80	148	120	7	7	25
53	53	11	29	12	29	217	62	55	4	2	26

ABEXO B

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Actividad	Entrada de vehiculos	Tiempo de tanqueo	Tiempo de enganche	Tiempo de calibracion de llantas	Tiempo de transporte del patio a la Seccion	Tiempo de cargue	Tiempo de transporte de la Seccion al patio	Tiempo de Bascula	Tiempo de Muestreo	Tiempo de Descargue
1											
2											
3	1	15	11	7	4	139	59	154	2	3	18
4	2	11	14	6	4	101	8	370	3	3	17
5	3	15	13	6	3	54	126	274	4	2	27
6	4	15	18	7	3	133	163	29	4	2	36
7	5	14	16	7	5	147	127	117	4	3	34
8	6	11	10	5	4	210	325	178	3	3	34
9	7	12	18	6	5	142	18	58	3	2	39
10	8	13	24	6	5	57	131	355	4	3	32
11	9	12	25	6	5	88	302	475	3	2	15
12	10	14	19	5	4	21	57	191	3	2	24
13	11	14	24	6	3	109	172	10	4	2	15
14	12	13	11	6	3	168	234	280	2	2	39
15	13	12	23	7	3	196	38	243	2	3	30
16	14	13	17	5	5	201	23	258	3	2	38
17	15	10	21	7	4	58	32	68	4	2	24
18	16	10	13	7	3	214	32	55	2	2	36
19	17	10	24	5	4	139	96	399	2	2	33
20	18	15	10	6	3	208	258	131	3	2	26
21	19	14	16	6	4	189	228	104	3	2	19
22	20	13	23	6	3	88	315	367	2	3	38
23	21	10	11	5	3	124	20	401	2	3	23
24	22	11	25	7	5	76	321	411	2	2	26
25	23	13	25	5	3	221	297	429	3	3	30
26	24	13	18	5	3	155	192	202	2	2	39
27	25	12	20	7	5	170	132	123	4	3	37
28	26	13	15	7	4	197	231	33	2	2	22
29	27	12	10	6	4	32	244	299	3	2	31
30	28	13	19	6	5	156	114	101	2	2	38
31	29	10	24	6	3	171	205	188	3	2	23
32	30	10	17	5	3	153	112	366	2	3	24
33	31	15	11	5	3	196	176	239	2	3	32
34	32	13	23	6	5	76	243	298	4	3	18
35	33	14	23	5	4	210	187	30	3	2	22
36	34	13	24	6	5	166	38	25	2	2	29
37	35	15	13	5	5	125	317	263	4	3	39
38	36	13	22	7	3	234	30	59	4	3	22
39	37	15	22	5	4	181	88	191	4	3	15
40	38	10	18	7	4	26	214	403	2	2	22
41	39	13	19	7	5	235	188	194	3	2	34
42	40	12	23	5	3	63	148	270	4	2	22
43	41	14	14	6	5	88	231	176	3	3	18
44	42	13	13	5	3	41	161	209	4	3	34
45	43	11	23	7	3	200	173	277	2	2	22
46	44	10	11	6	3	68	8	373	4	3	20
47	45	11	21	7	5	135	64	70	2	3	39
48	46	11	10	7	4	58	238	293	2	3	18
49	47	14	24	5	5	189	100	178	2	2	37
50	48	15	21	5	4	231	192	99	4	2	24
51	49	11	12	5	3	87	301	33	4	2	19
52	50	14	14	5	4	74	189	313	4	2	29
53	51	12	10	6	4	173	285	57	4	3	32
54	52	12	24	7	3	196	117	326	3	2	25
55	53	11	15	6	5	120	10	324	4	3	26