

**DIAGNÓSTICO DE LOS TIEMPOS DE PERMANENCIA DE LOS VEHÍCULOS
EN LOS PATIOS DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO DEL VALLE DEL
CAUCA**

ANUAR FABIAN RAMIREZ SARMIENTO

ISABEL CRISTINA REYES VÉLEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA

2011

**DIAGNÓSTICO DE LOS TIEMPOS DE PERMANENCIA DE LOS VEHÍCULOS
EN LOS PATIOS DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO DEL VALLE DEL
CAUCA**

ANUAR FABIAN RAMIREZ SARMIENTO

ISABEL CRISTINA REYES VÉLEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
ingeniero industrial**

Director

Ing. Juan José Bravo Bastidas Msc.

Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA

2011

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Palmira, Agosto 5 de 2011.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios que siempre ha guiado mi camino y ha puesto en él a las personas justas e indicadas. A mi mamá y mi hermana que siempre han sido el motor de mi vida y mi apoyo incondicional, a mi abuela que aunque no esté presente siempre confió en mí y desde el cielo me protege, y por último y no menos importante a todos mis amigos y asesores, quienes con su experiencia y conocimientos siempre me impulsaron al éxito.

Isabel Cristina Reyes Vélez

Dedico este trabajo de grado en primer lugar a Dios que me lleno de esperanza y de fe en todos los momentos, en segundo lugar a mis padres Olga Lucia y Anuar, a mis hermanos Alejandro, Danie y a mi familia que han sido mi apoyo incondicional, en tercer lugar a mis amigos Daniel, Cristhian y Catalina que me regalaron un consejo y una sonrisa especialmente en los momentos difíciles y por último a mis maestros y asesores que su experiencia y conocimiento hicieron posible la realización de este proyecto.

Anuar Fabián Ramírez Sarmiento.

AGRADECIMIENTOS

Debemos expresar nuestros sinceros agradecimientos:

A Dios, por permitirnos llegar a este punto tan especial con las personas que consideramos importantes para nosotros, por aquellos momentos difíciles que nos enseñaron a vivir cada instante profundamente y formaron nuestro carácter.

A nuestros maestros y asesores, gracias por sus sabios consejos, sin ellos esto no hubiese sido posible llegar a este punto, Al Ing. Juan José Bravo Bastidas, nuestro director, por habernos guiado y acompañado en el desarrollo de este trabajo, con sus invaluable ideas y recomendaciones, encaminados siempre al logro del éxito.

Al Ing. Jimmy Gilberto Dávila Vélez, por su constante apoyo y direccionamiento.

A nuestros amigos, por tener siempre una palabra de aliento y confianza contante en nosotros.

Al Ingenio azucarero, por abrirnos las puertas de sus instalaciones y darnos la oportunidad de generar conocimiento a través de la aplicación del trabajo de grado.

A la Universidad del Valle, por habernos dado la oportunidad de formar parte de ella.

TABLA DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	26
3.1. OBJETIVO GENERAL	26
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	26
4. ESTADO DEL ARTE	28
5. METODOLOGÍA.....	33
6. MARCO REFERENCIAL	36
6.1. Intervalos de confianza.....	36
6.2. Diagrama de operaciones.....	37
6.3. Estudio de tiempos	38
6.3.1. Método continuo.....	39
6.3.2. Método regreso a cero	40
6.4. Etapas del estudio de tiempos.....	40
6.5. Elementos de un estudio de tiempos	41
6.5.1. Tamaño de la muestra	41
6.5.2. Ritmo tipo	42
6.5.3. Tiempo básico.....	43
6.5.4. Tiempo básico promedio	43

6.5.5.	Valoración	43
6.5.6.	Escalas de valoración	44
6.5.7.	Operador de tractomula eficiente y en condiciones de entorno normales.....	45
6.5.8.	Tiempo tipo (standard time).....	45
6.5.9.	Estándares para la aplicación de suplementos por medio de teoría de colas. 46	
6.5.10.	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	47
6.6.	Definición de sistemas	48
6.7.	Pensamiento sistémico	49
6.8.	Dinámica de sistemas.....	50
6.9.	Diagramas conceptuales	51
6.10.	Estructura elemental de sistemas.....	53
6.10.1.	Bucle de realimentación de refuerzo o positivo:.....	53
6.10.2.	Bucle de realimentación de compensación o negativo:	54
6.11.	Árbol del problema	56
7.	DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS	57
7.1.	Descripción de actividades observadas.....	57
7.1.1.	Muestreo de material extraño:.....	57
7.1.2.	Pesaje	59
7.1.3.	Espera para descargar:.....	59
7.1.4.	Descargue.....	59
7.1.5.	Tara.....	60
7.1.6.	Otros	60
7.1.7.	Despacho.....	60

7.2. Método utilizado:.....	61
7.3. Determinación del tamaño de la muestra:	61
7.4. Intervalos de confianza.....	62
7.5. Calculo del tiempo estándar	67
8. DIAGNÓSTICO SISTÉMICO “IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS”	80
8.1. Entrevistas ingenio azucarero del valle del cauca	80
8.2. Representación de la dinámica del problema “altos tiempos de permanencia de los vehículos transportadores de caña al interior del patio del ingenio”	90
8.3. ÁRBOL DEL PROBLEMA:.....	99
9. REVISIÓN DE METODOS	102
10. APROXIMACIÓN AL COSTEO POR DEMORAS	114
11. CONCLUSIONES	123
12. GENERACION DE PROPUESTAS.....	127
13. BIBLIOGRAFIA	130

LISTA DE TABLAS

	<i>Página</i>
Tabla 1. Resultado estudio de tiempos realizado por el Ingenio en el año 2008. ..	23
Tabla 2. Escala de valoración Británica	44
Tabla 3. Resultado estadísticos con un	62
Tabla 4. Intervalos de confianza.	64
Tabla 5. % de participación de los tiempos promedio.	65
Tabla 6. Tiempo básico promedio de operación para caña picada.	69
Tabla 7. Tiempo básico promedio de operación para caña larga.	69
Tabla 8. Valores de entrada para determinar el tiempo promedio de espera para cada elemento	71
Tabla 9. Tiempo promedio de espera para caña picada	72
Tabla 10. Tiempo promedio de espera caña larga.....	73
Tabla 11. Tiempo estándar requerido para caña picada.....	74
Tabla 12. Tiempo estándar requerido para caña larga.	75
Tabla 13. Comparación tiempos caña picada	76
Tabla 14: % de participación de las ineficiencias por demoras presentadas en el descargue de caña picada	77
Tabla 15. Comparación tiempos caña larga.....	78
Tabla 16: % de participación de las ineficiencias por demoras presentadas en el descargue de caña larga.....	79
Tabla 17. Resultado entrevistas realizadas.	82
Tabla 18: Cuadro resumen revisión de métodos.	109
Tabla 18: Matriz de costos	120

LISTA DE GRAFICAS

	<i>Página</i>
Tabla 1. Resultado estudio de tiempos realizado por el Ingenio en el año 2008. ..	23
Gráfica 1. Distribución de tiempos	24
Grafica 2. Diagrama de relaciones (Directa e Inversa)	51
Gráfica 3. Bucle de realimentación de refuerzo	54
Gráfica 4. Bucle de realimentación de refuerzo	56
Grafica 5: Diagrama de flujo de proceso.....	58
Grafica 6: Red de causas.....	91
Grafica 7: Bucle 1	92
Fuente: Los autores	92
Gráfica 8. Bucle 2	94
Gráfica 9. Bucle 3	¡Error! Marcador no definido.
Grafica 10. Árbol del problema	99
Gráfica 11. Distribución de tiempos de llegada al patio	105
Grafica 12: Diagrama de recorrido.....	108

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADO TOMA DE TIEMPOS	133
ANEXO 2. FORMATO TOMA DE TIEMPOS	138

GLOSARIO

ALCE: actividad de recolección de la caña en el lugar de siembra.

CABO: personal ubicado en el patio del Ingenio y está encargado de registrar y controlar todos los movimientos realizados al interior del patio del Ingenio.

CAÑA LARGA: esta caña es cortada con personas que emplean machetes que cortan los tallos de la caña de azúcar (generalmente después de quemada la planta) y luego la organizan en “chorras” para que seguidamente sea recolectada y transportada hasta el ingenio.

CAÑA PICADA: esta caña es cortada y picada en fracciones pequeñas por medio de una cosechadora, esta cosechadora a su vez se encarga de ubicarla en los vagones que conducirán la caña hasta el Ingenio.

CATE: proceso de corte, alce, transporte y entrega de caña.

CHORRA: agrupación y alineación de la caña manualmente en el campo.

FRENTE DE ALCE: Equipo conformado por personas, tractomulas, trenes de avance, cosechadoras y demás equipos utilizados en las labores de CATE.

MINIPATIO: zona donde las tractomulas esperan su turno para descargue y/o hacen la operación de enganche y desenganche de vagones.

PAROS DE FABRICA: son las actividades que interrumpen el proceso e incurren en un determinado tiempo de inactividad de la fabrica, sea por conceptos de: *falla en procedimiento, falta de capacidad de equipo, alto nivel de lodos, arranque de molienda brusco, aseo en equipo no programado, bagazo húmedo, daño en motor hidráulico, recalentamiento de equipo, daño en las cuchillas, atraso en el mantenimiento, sobrecarga, mala calidad de combustible, entre otros.*

PAROS PROGRAMADOS: son las actividades preestablecidas para ejecutar labores de mantenimiento preventivo de la maquinaria en la fabrica.

TARAR: actividad que realizan todos los equipos de transporte de caña y consiste en el pesaje de sus máquinas como de los vagones que transportan, en el momento en que se dirigen hacia el punto de recolección de la caña, este proceso, ayuda a determinar cuál es el peso de la caña cuando ellos retornan al Ingenio, de forma más exacta.

TRACTOMULA: vehículo especial autopropulsado que se usa para halar vagones, por las vías internas, públicas o al interior del patio del Ingenio.

TREN DE AVANCE: medio de transporte, que consta de un vehículo (sea tractor o tractomula) que hala una serie de vagones, está encargado de transportar en el interior del patio del Ingenio los conjuntos de vagones que las tractomulas transportadoras de caña han dejado disponibles con caña en el patio.

VAGONES: equipo empleado para el almacenamiento temporal o transporte de la materia prima.

INTRODUCCIÓN

La gestión logística de sistemas de abastecimiento en procesos continuos, como lo es el caso de la producción de azúcar, representa un reto cuando se trata de mejorar y mantener eficiencias integrales a partir de la coordinación entre las actividades agrícolas (campo) y los procesos industriales (fabrica)¹. Los recursos que se manejan y la variabilidad en las actividades involucradas en el proceso azucarero requieren de la aplicación de herramientas especializadas que contribuyan, desde un punto de vista sistémico, a la toma de decisiones acertadas antes, durante y después de las operaciones.

El suministro de caña a la fábrica en las cantidades pactadas, en las condiciones requeridas, en los tiempos estipulados y con el mejor aprovechamiento de los recursos, es la meta de cualquier ingenio, específicamente del área de cosecha. Con el ánimo de conseguir el cumplimiento del plan de molienda intervienen tres macro procesos Campo, Cosecha y Elaboración, este proyecto se enfatizará en el proceso de Cosecha.

Partiendo de un estudio que se realizó a través de una matriz de optimización para control de flotas² se pudo determinar que una tractomula debería estar efectuando

¹ Hahn; Ribeiro, 1999.

² Propiedad intelectual Ingenio, Ing. Jorge Olarte.

en promedio en condiciones normales 7 ciclos por día, que traducido en tiempo por ciclo de CATE, (proceso que inicia desde el corte, alce, transporte y finaliza con la entrega de la caña de azúcar en las instalaciones del Ingenio) se estaría hablando de alrededor de 3.4 horas por ciclo. Actualmente las tractomulas del Ingenio realizan 4.5 viajes/día³ con un tiempo aproximado de 5.3 horas por ciclo. De lo anterior se podría inferir que en estos momentos el Ingenio se encuentra trabajando con un 35.9% de ineficiencia por demoras con respecto al tiempo estipulado como meta por ciclo por el Ingenio.

Es por esto que este proyecto se concentrará en las demoras generadas en los diferentes procesos que interactúan para la recepción, descargue y despacho de los vehículos en el patio de recepción del Ingenio.

Con el fin de determinar los principales causantes de ineficiencia por demora, este proyecto se dividirá en tres etapas: La primera comprende la realización de un estudio de tiempos, donde se establecerá la situación actual de la empresa, tomando como base las demoras no inherentes al proceso. Este estudio identifica los tiempos reales de permanencia de los vehículos en el patio de caña del Ingenio. La segunda etapa, utiliza las herramientas que aporta el pensamiento sistémico para el análisis de la estructura y el comportamiento del sistema. Por último, la fase de cuantificación de los costos en los que está incurriendo el Ingenio a causa de la poca rotación de los vehículos.

³ Información suministrada por el Software SIAGRI, junio de 2010.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los objetivos principales de todas las organizaciones es la satisfacción del cliente, bien sea interno o externo, en el caso particular, el Ingenio en los procesos de cosecha tiene como objetivo primordial satisfacer las necesidades del proceso de elaboración, teniendo en cuenta que la materia prima (MP) de esta área es directamente suministrada por el proceso de Cosecha. Es por esta razón, que ésta última debe tener procesos logísticos totalmente coordinados, con el fin de suministrar la caña a la fábrica en las cantidades pactadas, en las condiciones requeridas, en los tiempos estipulados y con el mejor aprovechamiento de los recursos, con el fin de realizar un buen proceso de elaboración y en última instancia entregar un producto final (azúcar, alcohol, energía y compost) al cliente externo, dentro de especificaciones establecidas y en el tiempo pactado, teniendo en cuenta que de esto último depende la sostenibilidad de la industria en el mercado.

Para conocer e identificar el problema es preciso reconocer el proceso en el cual se está trabajando, en este caso el CATE (corte, alce, transporte y entrega) como un sistema, que comprende los procesos de planificación del alce, la entrada del equipo a la suerte, el levantamiento y disposición de la caña en el equipo transportador, la llegada y entrega de la caña (materia prima) en los patios de caña, visualizando éste como un conjunto de partes que están directamente relacionadas trabajando por un objetivo en común, que es la consecución de

tiempos óptimos en la recolección de la caña y el cumplimiento en los estándares de calidad.

El proceso de cosecha inicia con la planificación de los programas de alce, esto incluye la programación de los equipos que se requieren por alce, siempre tratando de tener el número óptimo de estos con el fin de no generar un sobre-stock de maquinaria y pérdidas de tiempo en la suerte o aún más grave un faltante de maquinaria para el proceso de alce. Continuando el proceso con la coordinación de la llegada de la tractomula cargada de caña al ingenio, hasta la disposición de ésta en las mesas receptoras de caña. Todo el proceso anteriormente mencionado se resume en un ciclo, cuyos componentes son: tiempo en que la tractomula o equipo conduce vacío hasta el alce; tiempo en el alce que comprende: el tiempo que este espera para iniciar el proceso de cargue, más el tiempo que se demora el proceso de cargue de la caña en los vagones; a este tiempo se le suma el tiempo de transporte cargado de caña y por último el tiempo que se tarda desde que la tractomula llega al ingenio cargada hasta que sale vacía a reanudar el ciclo.

Tiempos de ciclo:

- ✓ Tiempo de conducción vacío
- ✓ Tiempo en el alce (espera + cargue)
- ✓ Tiempo de conducción lleno y
- ✓ Tiempo en patios de caña.

El último proceso del ciclo es el más crítico para Cosecha y donde se centra el estudio de este proyecto.

Según Naranjo⁴, de las 5.3 horas que tarda el ciclo en completarse, aproximadamente 2 horas se encuentra la tracto-mula en el patio*, de acuerdo a estudios previos una tracto-mula debe tardarse aproximadamente 30 minutos en descargar la caña en la mesa⁵ y en promedio 10 minutos en las operaciones de despacho hacia el alce, entonces el tiempo promedio ideal de un vehículo en el patio debe ser de 40 minutos, al comparar el rendimiento actual con el ideal la ineficiencia por demora estudiada solo para el ciclo generado al interior del Ingenio (Core Sample, báscula, espera para descargue, descargue, tara y despacho) estarán incrementando el tiempo de permanencia en patios en un 67% , disminuyendo el rendimiento en el número de ciclos por día de los vehículos con los que cuenta el Ingenio para el proceso de CATE.

⁴ Entrevista con Ing. Felipe Naranjo, funcionario del Ingenio, Cauca, 25 de mayo de 2010.

Entrevista con Ing. Alejandro Estrada, Ingeniero Investigador en Logística, Cauca 1 de junio de 2010.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las causas que están generando los altos tiempos de permanencia de los vehículos en los patios de caña del Ingenio y cuál es el costo en que está incurriendo el Ingenio por causa de los altos tiempos de permanencia que se esperan identificar en el estudio de tiempos?

2. JUSTIFICACIÓN

El Ingenio tiene una capacidad instalada de molienda que oscila entre 15000 y 16000 toneladas diarias⁶ en condiciones normales, en los primeros 4 meses del año 2010 la molienda había oscilado entre 9000 y 12000 toneladas/día⁷, comportamiento similar a como es hoy en día, notándose en primer lugar, que según datos históricos al comparar los datos de molienda presentados, éste último rango está indicando uno de los picos más bajos de molienda, en segundo lugar se evidencia una subutilización de la capacidad instalada. Las operaciones que componen el sistema de descargue de caña en los patios y despacho de vehículos no deberían estar presentando ineficiencias por demoras, se considera que la capacidad está presupuestada para 15000-1600 Ton/día y solo se usa de esta capacidad un 70%. Los procesos tendrían que estar fluyendo normalmente, sin presentarse demoras debido a que la capacidad de recibo de caña es superior a la tasa de llegada de caña cortada, caso contrario a lo que está ocurriendo actualmente.

Según datos suministrados por Cenicaña, un vehículo debería permanecer en el patio un tiempo aproximado de 40 minutos, como se mencionó anteriormente, el tiempo de permanencia actualmente en patios es de 120 minutos para el Ingenio caso de estudio, esta ineficiencia por demora está generando que los costos

⁶ Entrevista con Ing. Fernando Pérez, funcionario del Ingenio, Cauca, 20 de mayo de 2010

⁷ Entrevista con Ing. Fernando Pérez, funcionario del Ingenio, Cauca, 20 de mayo de 2010

operacionales aumenten y por consiguiente se ofrezca al cliente final un producto cuyo costo está por encima del costo que ofrece la competencia.

La poca rotación de los vehículos está generando una subutilización de éstos. Al disminuir los ciclos de cada vehículo se transporta menos caña cortada ocasionando así que el costo de transporte por tonelada de caña movida desde las diferentes suertes hasta la mesa de recepción de caña aumenten, debido a que los costos fijos se distribuyen entre una menor cantidad de toneladas movidas.

Cuando se trata de darle solución a un problema con el que se ha convivido durante ya bastante tiempo, la primera tarea que se debe afrontar es la búsqueda de la o las causas que están generando esta problemática, ésta es la única manera de contar con bases sólidas para propiciar estrategias y metodologías que conlleven a la reducción de los tiempos en el patio y así contribuir a un incremento del rendimiento de los vehículos, la cual impactará de manera directa en la cadena de abastecimiento del Ingenio. Por lo anterior la realización de este proyecto busca realizar un diagnóstico sistémico que permitirá identificar y relacionar la estructura y comportamiento del sistema para determinar las causas fundamentales generadoras de elevados tiempos de permanencia de los vehículos en los patios de caña, y de esta manera sentar un precedente que le permita al Ingenio contar con bases para dar solución a la problemática presentada.

Lo anterior obliga a que el proyecto identifique y caracterice las pérdidas de tiempo que se están generando en el patio de caña, tomando como base las demoras no inherentes al proceso, por medio de un estudio tiempos, que constituirá la base para la realización del diagnóstico sistémico, el cuál mostrará las causas fundamentales de las demoras por ineficiencia de los vehículos identificadas anteriormente con el estudio de tiempos. Posteriormente se calcularán los costos en que se incurre por dichos tiempos. Por último, se proporcionará al Ingenio recomendaciones que ayudarán al mejoramiento de los tiempos de permanencia de los vehículos en el patio de caña.

A continuación se presenta el estudio de tiempos realizado por el Ingenio previo a este proyecto en el año 2008, donde se registran las actividades realizadas y sus respectivos tiempos de operación.

Tabla 1. Resultado estudio de tiempos realizado por el Ingenio en el año 2008.

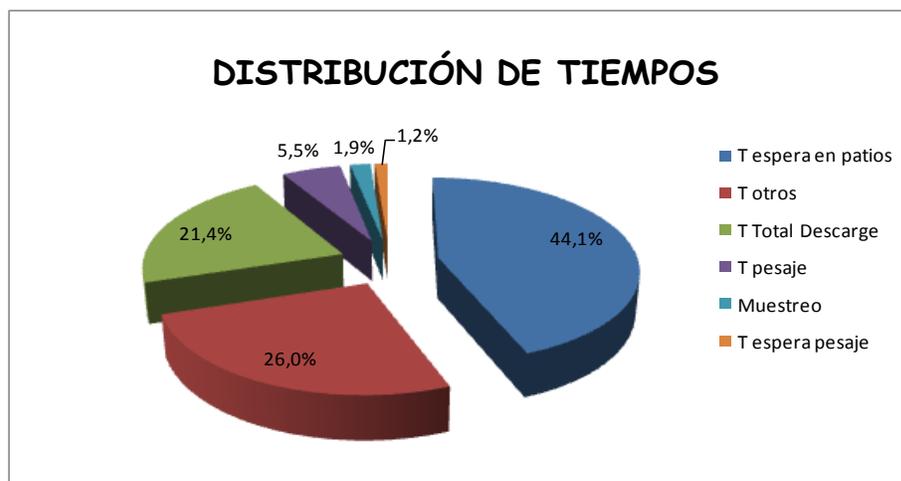
ACTIVIDAD	Tiempo (min)	Participación
Esperar en Patios	26:19	44%
Otros	15:31	26%
Descargue	12:46	21%
Pesaje	03:16	5%
Muestreo	01:08	2%

Esperar Pesaje	00:43	1%
TOTAL	59:43	100%

Fuente: Ingenio, departamento de Cosecha.2008.

Gráfica que muestra las distribuciones de tiempo de las diferentes actividades de transporte de la caña en el ciclo.

Gráfica 1. Distribución de tiempos



Fuente: Ingenio, departamento de Cosecha. 2008.

Si bien este estudio de tiempos está mostrando en su orden las actividades que están generando mayores pérdidas de tiempo en el área, es un estudio no

representativo de la realidad, ya que se realizó en solo un lapso del turno compuesto entre las 8:00 a.m y las 4:30 p.m, teniendo en cuenta que en el Ingenio se trabaja durante las 24 horas del día. Dividiendo estas operaciones en dos turnos, el estudio de tiempos debe realizarse tomando como base estos dos turnos y teniendo en cuenta las pérdidas de tiempo que se generan en los cambios de turno.

Conociendo la problemática presentada y los errores que se han venido cometiendo en la metodología para la recolección de datos, se hace necesario presentar un proyecto que incluya para su finalidad la realización de un nuevo estudio de tiempos que comprenda todos los turnos que se trabajan incluyendo los cambios de los mismos, y a partir de esto poder determinar la duración de cada operación, ya que el estudio de tiempo hará observaciones durante las 24 horas del día, y proporcionará una base para realizar un diagnóstico sistémico.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico de los tiempos de permanencia de los vehículos en el patio de recepción de caña de un Ingenio Azucarero del Valle del Cauca, que le permita al área de Cosecha, a través de aplicación de herramientas de diagnóstico sistémico y estudio de tiempos determinar las causas raizales del alto tiempo de permanencia de los vehículos y documentarlas para sentar un precedente a la solución de este problema.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Realizar un estudio de tiempos, tomando como base las demoras no inherentes al proceso, que conlleven a la identificación de los tiempos reales de permanencia de los vehículos en el patio de caña del Ingenio.

- ✓ Identificar y evaluar las causas que están generando la alta permanencia de los vehículos en los patios de caña, a través de un diagnóstico sistémico, que conlleve a dar respuesta al por qué de estos altos tiempos de permanencia en el patio.

- ✓ Cuantificar los costos en los que está incurriendo el Ingenio a causa de la poca rotación de los vehículos.

- ✓ Proporcionar al Ingenio algunas recomendaciones que conlleven al mejoramiento de los tiempos de permanencia de los vehículos en el patio de caña, por consiguiente al aumento del rendimiento por vehículo.

4. ESTADO DEL ARTE

En la revisión bibliográfica efectuada con respecto al tema de logística de caña de azúcar se pudo identificar a Andrew Higgins (2007)⁸, un investigador de origen australiano, como uno de los autores más actualizados en el desarrollo de herramientas para la solución a los problemas de las cadenas logísticas.

Debido a que las fases de cosecha y transporte constituyen dos de los factores que generan mayores oportunidades logísticas en la cadena de valor de la caña de azúcar, gran parte de la literatura dedicada a investigar este tema ha sido dirigida al desarrollo y la aplicación de modelos matemáticos destinados a mejorar la programación combinada de la cosecha y las actividades de transporte (reducción de costos) para el abastecimiento deseado de caña a la fábrica. Por este motivo Higgins⁹ propone el uso de la modelación matemática y de la simulación como medio de respuesta a los problemas de logística que se puedan presentar en la cadena productiva de caña de azúcar. En los artículos trabajados por Higgins et al (2007), se destaca el desarrollado de modelos orientados a mejorar la logística de cosecha y transporte de caña de azúcar en el mundo. Algunos trabajos de investigación realizados por: Higgins et al. (2004), Grimley y Horton (1997) en la industria azucarera australiana; Yosnual y Supsomboon (2004) en Indonesia; Perry y Wynne (2004) y Le Gal et al. (2004) en South África; Milán et al. (2003) en Estados Unidos; utilizan optimización matemática. También

⁸ Higgins AJ, Thorburn P, Archer A, Jakku E. Opportunities for value chain research in sugar industries * 2007. [Artículo en Internet] www.sciencedirect.com. [Consulta: Noviembre 2010]

⁹ Ibíd; [Artículo en Internet] www.sciencedirect.com. [Consulta: Noviembre 2010]

los siguientes autores han trabajado con el fin de proporcionar herramientas para la solución de problemas en las cadenas logísticas azucareras: Hansen et al. (1998) en Sudáfrica; Hahn y Ribeiro (1999), Lannoni y Morabito (2006) en Brasil; Díaz y Pérez (2000) en Cuba. Dentro del artículo “*Oportunidades Para La Investigación De La Cadena De Valor En La Industria Azucarera*”, escrito por Higgins en 2007; se identifican algunas oportunidades logísticas derivadas de la implementación de los modelos matemáticos desarrollados por los autores anteriormente mencionados. Dichos beneficios potenciales son:

- ✓ Reducción de costos entre AU\$1.00 y AU\$2.50 por tonelada de caña y la disminución del 95% en los retrasos: de acuerdo al nivel operacional, táctico y estratégico (Higgins et al., 2004; Grimley y Horton, 1997) en la industria azucarera de Australia.

- ✓ Lannoni y Morabito (2006)¹⁰ manifestaron la importancia de los sistemas logísticos coordinados como una de las principales fuentes de oportunidad para aumentar la eficiencia y el espíritu competitivo de las industrias agro brasileñas (Morabito et al., 2000). Usando como estudio de caso un sistema de abastecimiento de caña de azúcar, demostraron que una reducción del 13.5% en los tiempos de espera de los vehículos era posible cuando se simulaban cambios estratégicos en la reglas de despacho de los vehículos en la industria azucarera.

¹⁰Lannoni A.P, Morabito R. A discrete simulation analysis of a logistics supply system. Transport Research * 2006; Part E (42): 191 – 210.

- ✓ Le Gal et al. (2004)¹¹ mostraron que es posible incrementar la producción hasta en un 5% y la capacidad de transporte en 35% a través de la simulación con un mejor sistema de abastecimiento de caña en la región de Sezela en South África. Adicionalmente considera la organización de abastecimiento como un objeto estudiado per se (Le Bail, 2005), a fin de diseñar soluciones que maximizan los rendimientos de área de abastecimiento.
- ✓ Hansen et al. (1998)¹² enfocó sus modelos de simulación a la reducción en los tiempos de permanencia de la caña (tiempo que transcurre desde cuando es cortada hasta cuando es entregada a la fábrica), a través de la coordinación de las actividades de cosecha y molienda en un caso de estudio adelantado en South África, ello con el fin de alcanzar una reducción de hasta un 40% de ese tiempo. La disminución del tiempo de permanencia es importante debido al deterioro de la calidad de la caña que esta sufre, después del corte.

Hahn y Ribeiro (1999)¹¹ desarrollaron un modelo de simulación para la planeación del transporte de la caña de azúcar. Que tienen como base el uso de una heurística que automáticamente asigna los equipos disponibles en el ingenio a los diferentes puntos de recolección, buscando que la caña pueda ser transportada y

¹¹ Le Gal P.Y, Meyer E, Lyne P, Calvino O. Value and feasibility of alternative cane supply scheduling for a South African mill supply area. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association * 2004; (79): 81 – 94.

¹² Hansen A.C, Barnes A, Lyne P. Using computer simulation to evaluate sugarcane harvest-to-mill delivery systems. Seventh International Conference on Computers in Agriculture * 1998. Pág: 98 – 107.

entregada con el mínimo de equipos posibles. El estudio fue desarrollado en el estado de Sao Paulo Brasil.

M. Grunow et al. (2007)¹³ desarrolló un estudio en Venezuela sobre la optimización de la cadena de suministro para producción de azúcar enfocado en la disminución de los tiempos de permanencia de la caña y el suministro oportuno de esta materia prima a la fábrica. El problema fue planteado de una manera jerárquica en los siguientes niveles: (1) Cultivo de las haciendas, (2) Cosecha, y (3) despacho de los vehículos cargados.

Gómez, A.L., Plata A., A.M., Echeverri D., L.F. 1997. Resaltan que una vía para aumentar la productividad de un ingenio es mejorar el desempeño de las operaciones que se realizan en las estaciones de preparación y molienda, pues éstas inciden directamente sobre la cantidad de sacarosa que se logra aprovechar de la caña que llega a los patios, y por tanto, sobre la eficiencia económica del proceso.

Por su parte Pantoja Ojeda, C.A. 2008, enfatizó en la caracterización de los tiempos perdidos en los alces de dos ingenios de la región bajo la coordinación de Cenicaña para la recolección y análisis de la información necesaria para lograr dicho objetivo. Esta investigación permitió describir y analizar el tiempo desde la

¹³ Grunow M, Günther H.-O, Westin R. Supply optimization for the production of raw sugar. Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark, Produktionstorvet 425, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark; 2007.

partida de los equipos de la zona de cargue (alces) hasta su llegada a la zona de descargue (patios); con la cual, se pudo calcular y analizar estos ciclos de tiempo en función de propiciar estrategias para la reducción de estos en los dos procesos que impactan en la cadena de abastecimiento, que son las actividades realizadas en los alces y en los patio.

5. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento óptimo de los objetivos planteados, se realizarán las siguientes actividades:

1. Se realizará una descripción detallada del proceso que realizan las tractomulas desde que ingresan cargadas de MP al Ingenio, hasta que salen hacia la suerte, obteniendo como resultado de este proceso un flujo grama de tipo descriptivo y un flujograma de tipo pictórico, estos diagramas proporcionarán una visión general de las diferentes localizaciones por donde transitan las entidades (tractomulas).
2. Se realizarán entrevistas a todos los empleados de Ingenio que tengan una relación directa con el proceso de Cosecha, específicamente con el proceso realizado en los patios de caña. Estas entrevistas buscan determinar la caracterización de cada operación que ellos realizan y la visión que estas personas tienen del problema, proporcionarán información acerca de la estructura del sistema, lo que ellos creen que está causando las demoras por ineficiencia y algunas recomendaciones que tengan para dar una óptima solución. Luego se procesará la información recolectada en las entrevistas realizadas a los empleados del Ingenio y convertir esa información en un lenguaje sistémico.

3. Se realizará un proceso de consulta en el centro de investigación Cenicaña, tomando como base las investigaciones previas con el ánimo de obtener información que proporcione herramientas y teorías existentes que ayuden a generar una disminución en los tiempos de permanencia en los patios. También se harán entrevistas con el Señor Alejandro Estrada de Cenicaña, con el ánimo de recolectar información que pueda conducir a la búsqueda de las soluciones.

4. Realizar un estudio de métodos y tiempos con el ánimo de caracterizar las pérdidas de tiempo que se están generando en los patios de caña, tomando como base las demoras no inherentes al proceso, este estudio nos proporcionará los tiempos de permanencia promedio de los vehículos en el patio.
 - 4.1 Se hará el cálculo del número de observaciones que se requieren para tomar los tiempos, además de esto, se dividirán todas actividades realizadas en elementos, con el ánimo de subdividir todas estas y hacer la toma de tiempos más fácil, eficiente y precisa.

 - 4.2 Se creará un formato con el cual se pueda iniciar el proceso de toma de tiempos, es importante que este formato se adapte completamente a los requerimientos y a la situación específica de la empresa.

4.3 Se hará el debido procesamiento de la información que se obtuvo en la toma de tiempos; éste tratamiento incluye todas las posibilidades estadísticas y la realización de un informe tipo gerencial, que muestre cuales son los tiempos reales de permanencia de los vehículos en el patio de caña.

5. El diagnóstico se realizará teniendo en cuenta las entrevistas realizadas al personal del Ingenio; partiendo de estas entrevistas se hará la conceptualización del sistema, con el fin de definir los distintos elementos que integran la descripción, así las influencias que se producen de ellos, el resultado de esta fase es el establecimiento del diagrama de influencias del sistema y a su vez la estructura del mismo.

6. MARCO REFERENCIAL

En esta sección se presenta una revisión literaria donde se establecerán las bases conceptuales empleadas para desarrollar el diagnóstico de los tiempos de permanencia de los vehículos en los patios de caña de un ingenio azucarero del valle del cauca.

6.1. Intervalos de confianza

En estadística, se llama intervalo de confianza a un par de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto. Formalmente, estos números determinan un intervalo, que se calcula a partir de datos de una muestra, y el valor desconocido es un parámetro poblacional. La probabilidad de éxito en la estimación se representa con $1 - \alpha$ y se denomina *nivel de confianza*. En estas circunstancias, α es el llamado error aleatorio o *nivel de significancia*, esto es, una medida de las posibilidades de fallar en la estimación mediante tal intervalo. Estos se utilizarán con el fin de poder comparar el tiempo de operación y el tiempo estándar de cada operación, y la diferencia de éstos ayudará a determinar los costos a los que la organización incurre por presentarse ineficiencias por demoras en el proceso de descargue.

Para el cálculo de los intervalos de confianza se utiliza la siguiente fórmula¹⁴:

$$\left[\bar{x} \pm \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right]$$

Dónde:

X= Media población.

σ = Desviación estándar de la media poblacional.

Z= Probabilidad normal.

6.2. Diagrama de operaciones

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones requeridas para el proceso de recepción de caña de azúcar, inspecciones, márgenes de tiempo y herramientas que se utilizan desde la llegada de la materia prima hasta que se retira la tractomula del patio de caña. Para poder mejorar un proceso conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema¹⁵.

¹⁴ SPIEGEL, MURRAY R. Probabilidad y estadística, 1 ed, México, Mc Graw-Hill Interamericana, pág: 139.

¹⁵ NIEBEL, B. y FREIVALS, A. Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo.10 ed .México. Alfa Omega

La cuestión más importante que el analista tiene que plantear cuando estudia los eventos del diagrama de operaciones es “¿Por qué?”¹⁶ Las preguntas típicas que se deben hacer son:

“¿Por qué es necesaria esta operación?”

“¿Por qué esta operación se efectúa de esta manera?”

El diagrama de operaciones de proceso se utiliza para analizar las relaciones existentes entre operaciones.

6.3. Estudio de tiempos

El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determinar el denominado *tiempo standard*, entendiéndolo como tal, el que necesita un operador de tractomula eficiente y en condiciones de entorno normales para ejecutar la tarea a medir, según un método ya definido. Este tiempo tipo, (T_p), comprende no sólo el necesario para ejecutar la tarea a un ritmo normal, sino además, las interrupciones de trabajo que precisa el operador de la tractomula, cuando las condiciones de operación en el entorno no son las óptimas.

¹⁶ NIEBEL, B. y FREIVALS, A. Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos. 3 ed .México. Mc Graw-Hill Interamericana Pág: 29

El caso específico de estudio del proyecto busca determinar la duración de las actividades seleccionadas que se ejecutan desde que la tractomula ingresa al patio cargada de caña, hasta que se dirige vacía hacia el alce, teniendo en cuenta las demoras no inherentes al proceso.

Para la realización de estudio de tiempos se puede utilizar las siguientes técnicas:

6.3.1. Método continuo

El método continuo es una técnica que permite que el cronometro trabaje durante todo el estudio. En este método el analista lee el reloj en cada punto terminal de cada elemento y el tiempo sigue corriendo. Como se lee el cronómetro en los puntos terminales de cada elemento mientras las manecillas del reloj continúa su movimiento, es necesario hacer restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar el tiempo transcurrido en cada elemento. Por ejemplo, las siguientes lecturas pueden representar los puntos terminales en un estudio de 10 elementos: 4, 14, 19, 121, 125, 152, 161, 176, 211, y 216. Los valores elementales de este ciclo serían: 4, 10, 5, 102, 4, 27, 9, 15, 35 y 5.¹⁷

¹⁷ NIEBEL, B. y FREIVALS, A. Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. 10 ed .México. Alfa Omega.

6.3.2. Método regreso a cero

Este método regresa a cero el reloj cada que se lee el tiempo en el punto terminal en cada elemento e inicia la lectura cuando pasa al punto inicial del siguiente elemento, los escritores como Lowry, Naynard y Stegenerten (1940) exponen que una de las desventajas de este método es el tiempo perdido mientras la mano restablece el cronómetro a cero¹⁸.

6.4. Etapas del estudio de tiempos

Una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las ocho etapas siguientes¹⁹:

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.

¹⁸ NIEBEL, B. y FREIVALS, A. Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. 10 ed .México. Alfa Omega

¹⁹ Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo; Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición (revisada), 1996

3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado (cronometro), y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
6. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
7. Convertir los tiempos observados de espera.
8. Determinar el tiempo tipo propio de la operación.

6.5. Elementos de un estudio de tiempos

6.5.1. Tamaño de la muestra

Para determinar el número de ciclos a estudiar con el fin de llegar un tiempo estándar se utilizó el método estadístico²⁰, se efectuaron 25 observaciones preliminares, para un nivel de confianza del 95.45 por ciento y un margen de error de ± 5 por ciento es posible que se llegue a diferentes tamaños de muestra para cada elemento en este ciclo, debido a que los elementos tienen diferentes tiempos

²⁰La explicación de la derivación de esta fórmula cae fuera del marco del presente proyecto de grado. Véase: MAYER, Raymond. Production and operation management (Nueva York and y Londres), MacGraw Hill, 3 ed. 1975.516-517 p.

promedios. Para poder emplear la siguiente formula se cumplieron con los siguientes supuestos:

- ✓ Observaciones aleatorias y
- ✓ las observaciones no son causadas sin intencionalidad por el trabajador

—

Dónde:

n= tamaño de la muestra que deseamos determinar.

s= desviación estándar

x= tiempo promedio

k= probabilidad de error

t= probabilidad (p)

6.5.2. Ritmo tipo

Es el rendimiento que obtienen naturalmente y sin forzarse los operadores de tractomula eficientes y en condiciones de entorno normales, como promedio de la jornada o turno, siempre que conozcan y respeten el método especificado y que se los haya motivado para aplicarse. A ese desempeño corresponde el valor 100 en las escalas de valoración del ritmo y del desempeño.

6.5.3. Tiempo básico

Es el que se tarda en efectuar un elemento de trabajo al ritmo tipo.

6.5.4. Tiempo básico promedio

Es la sumatoria de cada uno de los tiempos básicos de cada uno de los ciclos observados dividido el número total de ciclos observados.

6.5.5. Valoración

La valoración tiene por fin determinar, a partir del tiempo que invierte realmente el operario observado, cual es el tiempo tipo que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base realista para la planificación, el control y los sistemas de primas. Por consiguiente, lo que debe determinar el analista es la velocidad con que el operario ejecuta el trabajo en relación con su propia idea de velocidad normal. La velocidad de trabajo representada por el tiempo invertido en ejecutar los elementos de la operación es, en realidad, lo único que se puede medir con el cronometro.

6.5.6. Escalas de valoración

Para poder comparar acertadamente el ritmo de trabajo observado con el ritmo tipo hace falta una escala numérica que sirva de metro para calcularlos. La valoración se puede utilizar entonces como factor por el cual se multiplica el tiempo observado para obtener el tiempo básico, o sea el tiempo que tardaría en realizar el elemento al ritmo tipo un operador de tractomula eficiente y en condiciones de entorno normales.

Tabla 2. Escala de valoración Británica

ESCALA DE VALORACIÓN BRITÁNICA	
0	Actividad nula.
50	Operación lenta.
75	El proceso parece lento pero no pierde tiempo.
100 (Ritmo tipo)	Condiciones óptimas de operación.
125	Operación rápida.
150	Operación muy rápida.

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association, Department of Work Study

6.5.7. Operador de tractomula eficiente y en condiciones de entorno normales.

Aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad. Y que además de esto, se encuentra respaldado su trabajo por condiciones en el entorno adecuadas para la correcta aplicación de las tareas asignadas.

6.5.8. Tiempo tipo (standard time)

Tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo, en esencia, corresponde al tiempo que debería tardar normalmente en hacer la tarea u operación un trabajador calificado medio que proceda como acostumbra hacerlo, pero con suficiente motivación para querer cumplir su cometido. En teoría, por lo tanto, el especialista en estudio del trabajo debería empezar por buscar al trabajador calificado medio.

6.5.9. Estándares para la aplicación de suplementos por medio de teoría de colas.

En todas las operaciones delimitadas en el diagrama de flujo de operaciones se establece un tiempo de espera para que cada tractomula pueda acceder a ellas (coresample, báscula, descargue y otras actividades), esto se da porque el flujo de llegada establece una demanda aleatoria de servicio en las instalaciones con una capacidad de servicio limitada. El tiempo entre una llegada y un servicio varía en forma inversa al nivel de la capacidad de servicio. Cuanto mayor es el número de estaciones de servicio y más rápida la tasa de servicio, menor es el tiempo que transcurre entre una llegada y un servicio. Es en este punto donde se debe elegir un procedimiento operativo que minimice el costo total de la operación, debe existir un equilibrio económico entre los tiempos de espera y la capacidad de servicio. Para determinar el tiempo promedio de espera de una llegada, es necesario utilizar la siguiente fórmula²¹:

_____ —

²¹NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos. 11ed .México. Alfaomega. 2004. 554p.

Dónde:

a = número promedio de llegadas por unidad de tiempo,

h = tiempo medio de servicio (tiempo básico de cada operación),

w = tiempo medio de espera para todas las llegadas,

n = número de llegadas presentes (es espera y en servicio) en cualquier momento dado,

s = número de servidores,

u = tasa de ocupación de los servidores)= —,

σ = desviación estándar del tiempo de servicio,

6.5.10. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Entre las herramientas utilizadas para la recolección de información se encuentran:

- A. Cronómetro Decimal de nueve memorias: Dicho cronómetro es capaz de cronometrar tiempos en minutos, segundos y horas. Con este modelo se pueden recuperar las últimas nueve lecturas. Cabe destacar que una de las ventajas que tiene este tipo de cronómetro, es la facilidad de interpretar los datos, así como de obtener una mejor precisión debido a la capacidad de estudiar los tiempos con tres decimales.

- B. Tablas: Las tablas para los estudios de tiempos van desde las baratas de clip hasta las digitales con varios cronómetros, pero todas tienen el mismo objetivo: sujetar el equipo para facilitar su manejo, cabe mencionar que para este estudio se utilizó la tabla simple con clip.
- C. Formularios: Con el propósito de guiar y facilitar el procedimiento correcto, y la impresión de datos se utilizó un formato el cual revela toda la información necesaria en una sola hoja.

La técnica utilizada para este estudio de tiempos, fue la de Estudio de tiempos continuos. Siendo esta la técnica más deseable para los estudios de tiempos, ya que el error generado en la medición del tiempo resulta ser el mínimo. El método continuo hace hincapié en dejar el cronometro en operación durante la duración del estudio y se registran los tiempos de terminación de los elementos.

El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determinar el denominado tiempo tipo o tiempo estándar, entendiendo como tal, el que necesita un operador de tractomula calificado para ejecutar la tarea a medir, según un método definido, en condiciones normales.

6.6. Definición de sistemas

Un sistema es un conjunto de partes que interactúan entre si persiguiendo un objetivo común. Existen diferentes clases de sistemas donde cada uno de los

sistemas que encontramos en la vida cotidiana pueden pertenecer a cada una de las siguientes clases: abiertos, cerrados, naturales, artificiales concretos, abstractos, determinísticos y probabilísticos²²

6.7. Pensamiento sistémico

El pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades. Es un marco para ver interrelaciones en vez de cosas, para ver patrones de cambio en vez de “instantáneas” estáticas²³. Esta disciplina es un conjunto de herramientas y técnicas específicas que se origina en dos ramificaciones: la realimentación y servomecanismo, más adelante en el desarrollo de este capítulo se explicará estos dos términos.

En un mundo donde la complejidad nos abrumba y donde los sistemas de las organizaciones son cada vez más complejos, poder dar solución a los problemas se convierte en un reto, pero con la ayuda del pensamiento sistémico se convierte en antídoto a las sensaciones de impotencia a la hora de dar solución, debido a que esta permite ver las estructuras que subyacen de situaciones complejas, y para discernir cambios de alto y bajo apalancamiento. El pensamiento sistémico radica en un cambio de enfoque:

²² OSORIO, Juan. Introducción al pensamiento sistémico. Programa editorial Universidad del Valle. 2007. 24-25 p

²³ SENGE. P., La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente. Granica, 1995

- ✓ ver las interrelaciones en vez de las concatenaciones lineales de causa-efecto; y
- ✓ ver procesos de cambio en vez de “instantáneas”.

6.8. Dinámica de sistemas

La *dinámica de sistemas* proporciona herramientas que ayudará a solución de problemas. Para empezar definiremos los dos partes que componen esta frase. En primer lugar, empecemos por **sistema**. Es un término que en la literatura encontramos diferentes definiciones, entre una de ellas está la siguiente “grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida”²⁴ donde la relación definida, es decir, que todas sus partes continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común, que para este proyecto es, descargar los vehículos que entran cargados de caña de al patio de recepción y despachar hacia alce requerido oportunamente, reduciendo al máximo las ineficiencias por demoras.

Por otro lado encontramos el término que encontramos en la frase *dinámica de sistemas* es dinámica, donde se hace referencia debido a que el sistema a estudiar no es estático, es de carácter cambiante a través del tiempo.

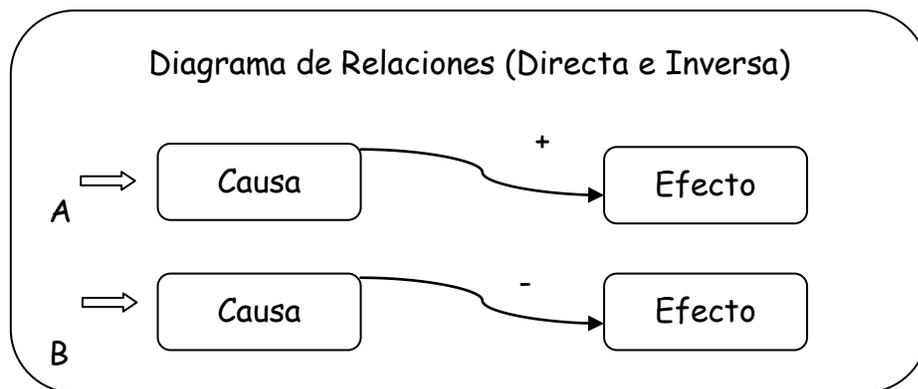
²⁴ JOHANSEN, Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002

Según Aracil, al hablar de la dinámica de un sistema se refiere a que las distintas variables que se pueden asociar a sus partes que sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas.

6.9. Diagramas conceptuales

Los también como mapa causales, éstos son una herramienta que permite representar gráficamente las variables y las relaciones causales que tienen lugar en la generación del asunto abordado. Las variables representan las opiniones, ideas y/o temas clave del problema investigado y son representados gráficamente mediante nodos. Estos nodos están conectados mediante flechas unidireccionales que muestran el sentido de la causalidad. En la siguiente gráfica muestra las dos posibles relaciones que puede tener todo par causa-efecto. El signo positivo (+) asignado a la punta de una flecha indica una relación directamente proporcional y el signo negativo (-) indica una relación inversamente proporcional.

Grafica 2. Diagrama de relaciones (Directa e Inversa)



El diagrama A, representa el estado directamente proporcional.

El diagrama B, representa el estado inversamente proporcional.

Fuente: los autores

Por otro lado FahmySalama, K., Luzzatto, D., Sianesi, A., Towill, D.R. 2009, proponen las siguiente metodologías: la primera “Therapiespath” ésta plantea que para la solución de un problema en una cadena de abastecimiento se debe seguir 4 pasos; el primero es definir los síntomas del problema, segundo construir el diagrama causal, tercero definir las diferentes estrategias que logren dar solución a la problemática, después se debe hacer una evaluación del impacto y el último paso es la implementación de la estrategia. La segunda metodología “Opportunitiespath” plantea que para dar mejoramiento a la cadena de abastecimiento se pueden seguir los siguiente pasos; el primero establecer en conjunto las posibles estrategias de mejoramiento y/o de solución, segundo realizar un diagnóstico por medio de diagrama causales sobre los diferentes efectos de las estrategias planteadas en el primer paso. El tercero paso es hacer la evaluación del impacto de la estrategia definida y el último paso es la implementación, cabe aclarar que las dos metodologías parten del paso de definir los síntomas que está generando la problemática.

6.10. Estructura elemental de sistemas

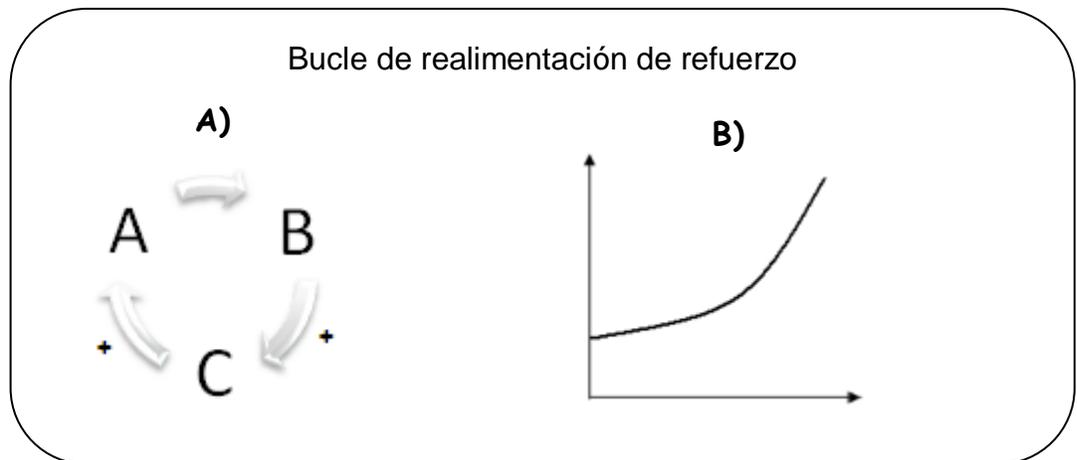
La descripción de un sistema es el primer paso para la resolución de problemas por medio de la dinámica de sistemas, dado que permite la identificación de su estructura y comportamiento en un sistema que está dado mediante un conjunto **C** de su composición, y por la relación **R** que establece la influencia entre esas partes. Para conocer la estructura de un sistema es necesario descomponerlo en cada uno de los elementos esenciales que lo integran, cómo están integrados éstos, cuáles son los mecanismos mediante los que se producen su coordinación, y cómo se producen las influencias entre ellos y lograr construir un diagrama de influencias que se componen de bucles de realimentación ya sean de compensación y de refuerzo y retrasos.

6.10.1. Bucle de realimentación de refuerzo o positivo:

Éste pretende amplificar el sistema a medida que se alcanzan los resultados, un ejemplo que aclara la anterior definición es el de la bola de nieve que a medida que va descendiendo por la pendiente va aumentando su tamaño sin ningún límite. La dirección del cambio puede ser positiva o negativa (cabe aclarar que no siempre el crecimiento es positivo). A continuación se puede ver gráficamente la estructura y comportamiento de un bucle de refuerzo por medio del siguiente diagrama de influencia en la gráfica; donde B se incrementa, por medio de las relaciones de influencia; si B crece, entonces C lo hará también, y a su vez C determina el

comportamiento de A, que según la relación de influencia que está representado con el signo positivo en virtud del signo determina el crecimiento de C, éste determina el crecimiento de A y la propia estructura, la gráfica B muestra el comportamiento, el crecimiento es exponencial.

Gráfica 3. Bucle de realimentación de refuerzo



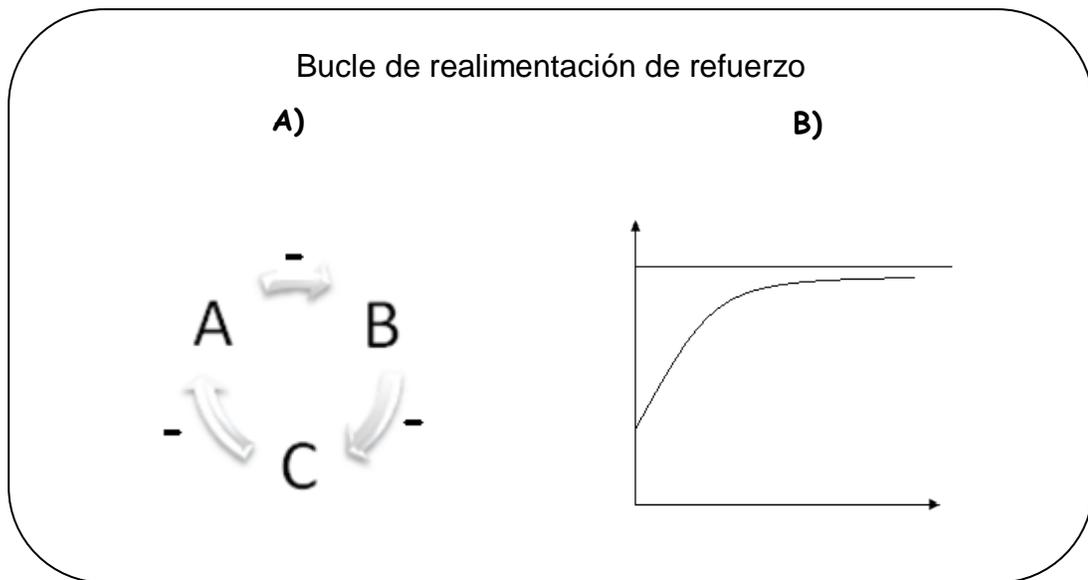
Fuente: los autores

6.10.2. Bucle de realimentación de compensación o negativo:

Éste busca que el sistema se mantenga estable en sus condiciones iniciales. Esta estructura persigue un objetivo, es decir que siempre trata de estabilizar el comportamiento del sistema. También son denominados como bucles reguladores o estabilizadores. Un ejemplo de estos bucles compensadores, son los

relacionados con el proceso de la sed o el hambre en las personas. Es conveniente observar que en un bucle de realimentación negativa lo que se realimenta es información. El agente necesita información sobre los resultados de sus decisiones para adaptarlas a los resultados que esas acciones van produciendo. En la siguiente gráfica se muestra la estructura y comportamiento de un bucle de compensación, donde encontramos tres elementos A, B y C, el B, se incrementa. En virtud de las relaciones de influencia, el incremento de B determinará el de C, ya que la relación de influencia correspondiente es positiva. A su vez, el incremento de C determinará el decrecimiento de A, ya que así lo determina el carácter negativo de la influencia. El decrecimiento de A dará lugar al de B, pues la relación es positiva. Por tanto, el incremento inicial de B le «vuelve», a lo largo de la cadena de realimentación, como un decremento; es decir, la propia estructura de realimentación tiende a anular la perturbación inicial, que era un incremento, generando un decrecimiento.

Gráfica 4. Bucle de realimentación de refuerzo



Fuente: los autores

6.11. Árbol del problema

Es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican.

Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por tanto es complementaria, y no sustituye, a la información de base.

7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

7.1. Descripción de actividades observadas.

Como bien se ha definido anteriormente, el área de Cosecha del Ingenio tiene a su cargo el proceso logístico llamado CATE (corte, alce, transporte y entrega) comprende los procesos de planificación del alce, la entrada del equipo a la suerte, el levantamiento y disposición de la caña en el equipo transportador, la llegada y entrega de la materia prima (MP) en los patios de caña. El interés de éste proyecto es enfocarse en las actividades que ejecuta el área desde que la tractomula ingresa cargada de caña hasta que la misma sale vacía para dirigirse hacia el Alce.

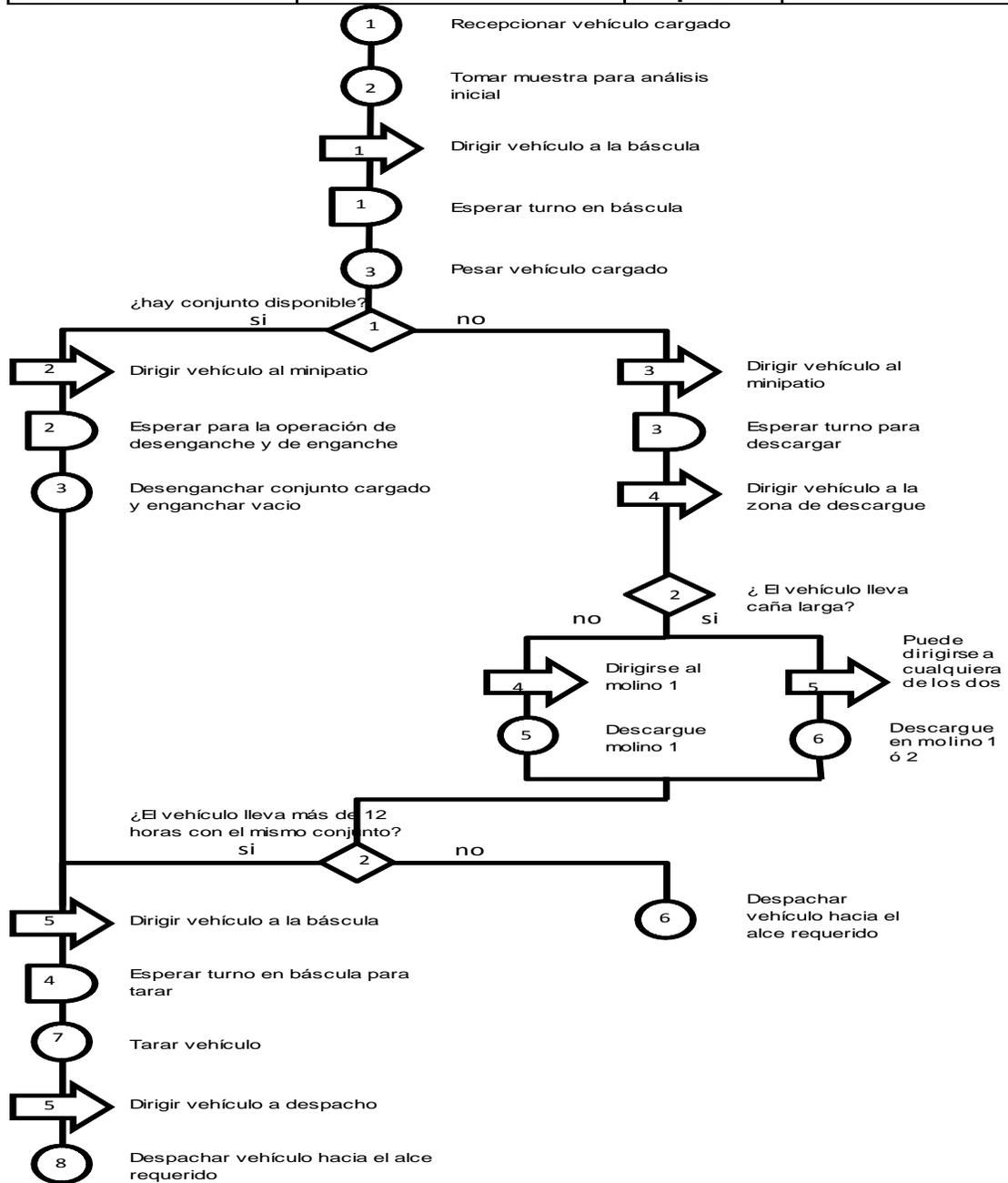
Las actividades que se analizaron de forma secuencial en el proceso a estudiar son las siguientes: (ver gráfica numero 5: diagrama de flujo de proceso).

7.1.1. Muestreo de material extraño:

En esta operación la tractomula ubica el primer vagón cargado de caña debajo del equipo que realiza el muestreo, éste equipo toma una muestra y la dirige de forma mecánica a la zona de análisis; cuando ésta operación se ha culminado la tractomula se puede dirigir hacia la báscula.

Grafica 5: Diagrama de flujo de proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
Objeto del diagrama:	Recepción de vehículos cargados con caña de azúcar	Diagrama: 1	
El diagrama empieza en:	Recepción vehículo cargado	Diagrama del método:	Actual
El diagrama termina en:	Despacho tractomula	Elaborado por:	A. RAMIREZ, I. REYES



Fuente: Los autores

7.1.2. Pesaje

En esta operación la tractomula se ubica sobre la báscula de piso, un operario del proceso se encarga de digitar y procesar la cantidad de caña en kilogramos que trae en los vagones.

7.1.3. Espera para descargar:

En este punto de la operación la tractomula tiene un tiempo de espera antes de dirigirse a la zona de descarga, siempre y cuando esta zona se encuentre ocupada con más tractomulas.

7.1.4. Descargue

El descargue se realiza por medio de dos mesas receptoras las cuales son las encargadas de recibir la caña que entra al Ingenio en las tractomulas y es descargada haciendo uso de unas grúas mecánicas, que toman por un costado cada uno de los vagones y precipitan la caña a la mesa para ser procesada y transportada hacia cada uno de los molinos.

7.1.5. Tara

Determina cuánto pesa la tractomula con sus vagones en vacío que se dirigirá al alce a cargar caña.

7.1.6. Otros

Se realizan actividades de mantenimiento menores a la tractomula, por ejemplo, revisión de llantas, combustible, etc.

7.1.7. Despacho.

En esta área se le dan las indicaciones previas al operario de la tractomula antes de que éste salga hacia el Alce, así como también se realiza el proceso de despacho formalmente, haciendo uso del software Siagri.

Una vez definidos los elementos en los cuales se dividieron las observaciones se dio paso a la identificación del método que se usaría para dicha observación.

7.2. Método utilizado:

Se determinó para este estudio de tiempos utilizar el método continuo, debido a que genera menor error en él la toma de tiempos. Se inicia el cronometro cuando entra una tractomula cargada al patio, y cada que se finalizaba una operación el tomar de muestra registraba el tiempo en minutos y segundos en los formatos, después se restaban los tiempos de cada actividad para determinar la duración de cada actividad.

7.3. Determinación del tamaño de la muestra:

Para la determinación del tamaño de muestra se utilizó el método estadístico expuesto en el numeral 7.6.1 de este proyecto, el tamaño de la muestra fue de 110 observaciones (ciclos), tomando como base una prueba piloto de 25 ciclos. La prueba piloto se realizó utilizando el método continuo expuesto anteriormente, posteriormente se analizaron los datos para determinar los diferentes factores que requieren en la fórmula para la determinación del tamaño de la muestra

7.4. Intervalos de confianza

El cálculo de éstos para cada una de las operaciones definidas en el estudio de tiempos permite determinar los rangos de tiempo para cada operación (La fórmula empleada para el cálculo se encuentra en el literal 7.1) Cabe resaltar, que el resultado obtenido es el tiempo actual que una tractomula promedio permanece dentro de las instalaciones del Ingenio.

Las actividades analizadas arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 3. Resultado estadísticos con un _ .

Actividad	X (min)	σ (min)
Core Sample	2,23	1,16
Espera Pesaje	3,33	3,76
Pesaje	2,89	1,03
Espera Descargue	41,15	36,83
Descargue	23,59	13,62

Espera Tara	25,07	35,81
Tara	4,15	3,18
En Otros	26,59	60,33
Despacho	1,25	0,53

Fuente: los autores

Al hacer el análisis de los datos de la tabla 3 se observan variabilidades elevadas para las actividades de Espera Pesaje, Espera Tara, En Otros, esto se debe a que en algunas ocasiones no se presentan demoras esto ocurre que haya mayor variabilidad.

A continuación se mostrarán los límites entre los cuales oscilan los tiempos actuales de operación para cada una de las actividades que se muestrearon, tomando una probabilidad de acierto del 95%.

Tabla 4. Intervalos de confianza.

Actividad	Intervalos de Confianza (min)		
	LI	Promedio	LS
Core Sample	2,10	2,22	2,35
Espera Pesaje	2,93	3,33	3,72
Pesaje	2,78	2,87	3,00
Espera Descargue	37,26	41,11	45,03
Descargue	22,15	23,50	25,03
Espera Tara	21,30	25,17	28,85
Tara	3,82	4,15	4,49
En Otros	20,23	26,89	32,95
Despacho	1,20	1,25	1,31
TOTAL:	113,78	130,49	146,73

Fuente: los autores

Tabla 5. % de participación de los tiempos promedio.

Actividad	Promedio	% de participación
Core Sample	2,22	2%
Espera Pesaje	3,33	3%
Pesaje	2,87	2%
Espera Descargue	41,11	32%
Descargue	23,5	18%
Espera Tara	25,17	19%
Tara	4,15	3%
En Otros	26,89	21%
Despacho	1,25	1%
TOTAL:	130,49	100%

Fuente: los autores

De la tabla anterior se puede concluir que:

1. El tiempo promedio que una tractomula debe esperar para descargar un conjunto de vagones supera en 14% al tiempo promedio que el mismo equipo se tarda en descargar el conjunto de vagones.

2. El tiempo que una tractomula debe esperar para pesar el conjunto que trae cargado solo difiere en 1% del tiempo que esta tractomula se demora en pesar el conjunto, teniendo el primer concepto mayor porcentaje de participación que el segundo, lo anterior es muestra de una ineficiencia por demoras en el proceso.
3. El tiempo de espera para tarar tiene una proporción que está muy por encima del tiempo que espera una tractomula para pesar (Tiempo de espera para tarar es igual a 25.17 min, con un % de participación del 19%. Tiempo de espera para pesar es igual 3.33 min, con un % de participación del 2%), a pesar de que se utiliza el mismo servidor para los dos procesos. Esta diferencia entre los dos, no solo se debe a la capacidad de recibo de la báscula, sino también a que durante gran parte de este periodo las tractomulas esperan en el patio hasta que el alce requiera el equipo, una vez requerido el equipo en el alce, la tractomula se dirige a la báscula para tarar.
4. El tiempo en “otros” (abastecer de combustible la tractomula, revisión general de las condiciones del equipo antes de dirigirse al alce, espacio de tiempo para que el operario realice las necesidades fisiológicas), no solo se utiliza en realizar las actividades anteriormente mencionadas, si no en esperar en el patio hasta que las tractomulas sean requeridas en el alce. Ésta es una forma en la que el Ingenio ha logrado disminuir tiempo de

operación en los alces, pero no se ha disminuido tiempo en el ciclo total, ya que el tiempo que la tractomula no espera en el alce, lo espera en el patio.

El resultado arrojado por los intervalos de confianza muestran los tiempos actuales de permanencia de un vehículo al interior del patio; lo que se pretende realizar con el siguiente paso, el desarrollo del estudio de tiempos, es determinar cuál es el tiempo que se debería tardar un vehículo al interior del patio. Lo anterior con fines de realizar una comparación entre los dos estados, determinar con ellos las ineficiencias por demora en la que está incurriendo el Ingenio en el área de cosecha y por último poder determinar el costo en el que se incurre a causa de esa ineficiencia.

7.5. Calculo del tiempo estándar

Como se acaba de mencionar este resultado pretende determinar cuál es el tiempo estándar de cada operación. El tiempo estándar para cada operación es el resultado de la suma del tiempo básico de cada operación (t_b) más el tiempo promedio de espera (w) para todas las llegadas en cada una de ellas (véase el numeral 6.5.9 sobre estándares para la aplicación de suplementos por medio de teoría de colas

Los tiempos totales de cada operación se dividen en dos elementos:

- ✓ tiempo de servicio y

- ✓ tiempo de espera para ser atendido en cada una de las estaciones de servicio.

A continuación se mostrarán los tiempos básicos promedios de los tiempos de servicio de cada operación, cabe aclarar que cada ciclo tuvo una valoración según el ritmo de operación de cada una de ellas en los diferentes ciclos de observación, cada valoración fue independiente y se tomó como base la tabla de valoraciones de escala Británica. Como la operación de descargue se condiciona según el tipo de caña (picada o larga), cuando la caña es larga tiene dos servidores en los cuales puede descargar, en otras palabras el vehículo cargado puede descargar en cualquiera de los dos molinos, pero cuando la caña es picada solo tiene un servidor para el descargue. Se calculará para estas dos condiciones un tiempo estándar de descargue.

- ✓ Tiempo básico promedio de operación para caña picada: ver tabla 5.
- ✓ Tiempo básico promedio de operación para caña larga: ver tabla 6.

Tabla 6. Tiempo básico promedio de operación para caña picada.

Operación	Tiempo básico promedio de operación (min)
Core Sample	2,2
Pesaje	2,7
Descargue	21,5
Tara	4,3
Otros	15,2
Despacho	1,1

Fuente: los autores

Tabla 7. Tiempo básico promedio de operación para caña larga.

Operación	Tiempo básico promedio de operación (min)
Core Sample	2,2
Pesaje	2,7
Descargue	20,9

Tara	4,3
Otros	15,2
Despacho	1,1

Fuente: los autores

A continuación se muestran los tiempos promedio de espera para cada una de las operaciones, en el anexo 1, se muestran los datos que fueron necesarios para determinar cada uno de ellos. Las operaciones de Despacho y “otros” no presentan tiempos de espera, por esta razón en la siguiente tabla no tienen valor, la siguiente tabla corresponde a los tiempos promedio de espera para cuando el tipo de caña en picada. Se realizaron 14 observaciones en una jornada de trabajo de 24 horas durante 8 días. La siguiente tabla muestra el resultado de cada uno de los tiempos de espera de las operaciones.

Dónde:

a= número promedio de llegadas por unidad de tiempo,

h= tiempo medio de servicio (tiempo básico de cada operación),

w= tiempo medio de espera para todas las llegadas,

n= número de llegadas presentes (es espera y en servicio) en cualquier momento dado,

s= número de servidores,

u= tasa de ocupación de los servidores)= —,

σ = desviación estándar del tiempo de servicio,

Los datos que se obtuvieron después de la aplicación anterior se observan en las tablas 9 y 10.

Tabla 8. Valores de entrada para determinar el tiempo promedio de espera para cada elemento

	ACTIVIDADES				
Factor	Espera Core Sample	Espera Pesaje	Espera Descargue caña picada	Espera Descargue caña larga	Espera Tara
a	0,0097	0,0097	0,0097	0,0097	0,0097
h	2,0	2,9	20,9	20,9	3,1
s	1,0	4,0	1,0	2,0	4,0
u	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0
δ	0,8	0,8	8,3	8,3	2,4
w	0,022	0,0111	3,090	1,370	0,019

Fuente: los autores

A continuación se muestra los tiempos promedio de espera para cada tipo, los tiempos están en minutos y se encontraran en las siguientes tablas, se aclara que las actividades de OTROS y DESPACHO, no presentan tiempos de espera significativos, por esta razón los realizadores de este proyecto decidieron no tenerlos en cuenta.

- ✓ Tiempo promedio de espera para caña picada: ver tabla 9.
- ✓ Tiempo promedio de espera para caña larga: ver tabla 10.

Tabla 9. Tiempo promedio de espera para caña picada

Operación	Tiempo de espera promedio de operación (min)
Espera Core Sample	0,022
Espera Pesaje	0,011
Espera Descargue caña picada	3,090
Espera tara	0,019

Fuente: los autores

La siguiente tabla permite observar los tiempos de espera cuando la caña que entra al ingenio es larga.

Tabla 10. Tiempo promedio de espera caña larga

Operación	Tiempo de espera promedio de operación (min)
Espera Core Sample	0,022
Espera Pesaje	0,011
Espera Descargue caña larga	1,370
Espera tara	0,019

Fuente: los autores

El tiempo estándar requerido para cada operación es la suma de los tiempos básicos de operación más el tiempo promedio de espera de cada una de ellas, el resultado obtenido es el siguiente:

- ✓ Tiempo estándar requerido para caña picada:

Tabla 11. Tiempo estándar requerido para caña picada.

Operación	Tiempo estándar por operación (min)
Core sample	2,2
Pesaje	2,7
Descargue	24,6
Tara	4,4
Otros	15,2
Despacho	1,1

Fuente: los autores

✓ Tiempo estándar requerido para caña larga:

Tabla 12. Tiempo estándar requerido para caña larga.

Operación	Tiempo estándar por operación (min)
Core sample	2,2
Pesaje	2,7
Descargue	22,3
Tara	4,4
Otros	15,2
Despacho	1,1

Fuente: los autores

A continuación se mostrarán dos tablas donde se comparan los tiempos reales de operación de cada una de las actividades observadas (intervalos de confianza) y el tiempo estándar de cada operación, esta comparación nos arroja las ineficiencias por demoras que se presentan en todo el proceso. Cabe aclarar que los tiempos estándar para caña picada y largar solo se diferencia en la actividad

debido a que el descargue aplica la restricción de que solo un molino puede descargar caña picada, para el resto de actividades no tiene ninguna restricción el hecho de que sea larga o picada.

La tabla 13 muestra que en el proceso de descargue de caña picada, existen ineficiencias por demoras de 82.59 minutos, las actividades más críticas son la operación de Descargue, Tara y Otros, incurriendo en ineficiencias de 42.31, 24.92 y 11.69 minutos respectivamente, éstas ineficiencias tan altas, invitan a la realización de un diagnóstico, donde se puedan establecer cuáles son los principales causantes de estas ineficiencias utilizando la herramienta del análisis sistémico, lo cual se desarrollará en el siguiente capítulo.

Tabla 13. Comparación tiempos caña picada

CAÑA PICADA			
	Promedio actual (min)	Tiempo Estándar (min)	Ineficiencias por Demoras (min)
Core Sample	2,22	2,20	0,02
Pesaje	6,2	2,70	3,5
Descargue	64,61	22,30	42,31
Tara	29,32	4,40	24,92

Otros	26,89	15,20	11,69
Despacho	1,25	1,10	0,15
TOTAL	130,49	47,9	82,59

Fuente: los autores

Para determinar el total de las ineficiencias por demoras en el proceso de descargue de caña, se sumaron cada una de las de las ineficiencias generadas en cada actividad para los dos casos (caña larga y picada)

Tabla 14: % de participación de las ineficiencias por demoras presentadas en el descargue de caña picada

	Ineficiencias por Demoras (min)	% de participación
Core Sample	0,02	0%
Pesaje	3,5	4%
Descargue	42,31	51%
Tara	24,92	30%
Otros	11,69	14%

Despacho	0,15	0%
TOTAL	82,59	100%

Fuente: Los autores

La siguiente tabla permite observar las ineficiencias por demoras para el proceso de descargue cuando el tipo de caña es larga; se encuentra una diferencia significativa para la actividad de descargue para este tipo de caña debido a que cuando una tractomula llega con caña larga pueden descargarla en cualquiera de los dos molinos. Se obtuvo que el total de las ineficiencias por demoras es de 72.89 minutos en todo el proceso de caña larga y las actividades con mayores ineficiencias por demoras son: Descargue, Tara y Otros, con 36.38, 22.11 y 11 minutos respectivamente.

Tabla 15. Comparación tiempos caña larga

	CAÑA LARGA		
	Promedio actual (min)	Tiempo Estándar (min)	Ineficiencias por Demoras (min)
Core Sample	2,2	2,2	0
Pesaje	6,2	2,7	3,31

Descargue	64,61	22,3	36,38
Tara	29,32	4,4	22,11
Otros	26,89	15,2	11,00
Despacho	1,25	1,1	0,19
TOTAL	130,49	47,90	72,89

Fuente: los autores

Tabla 16: % de participación de las ineficiencias por demoras presentadas en el descargue de caña larga.

	Ineficiencias por Demoras (min)	% de participación
Core Sample	0	0%
Pesaje	3,31	5%
Descargue	36,38	50%
Tara	22,11	30%
Otros	11	15%
Despacho	0,19	0%
TOTAL	72,89	100%

Fuente: los autores

8. DIAGNÓSTICO SISTÉMICO “IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS”

Para el proceso de identificación de las causas generadoras del problema presentado, se partió de una serie de entrevistas realizadas a las personas encargadas de los procesos que de una u otra forma tienen relación directa o indirecta con el problema presentado en el área de cosecha del Ingenio. Basados en el artículo expuesto por Salama²⁵, donde resalta que la identificación de la naturaleza de un problema mediante el examen de los síntomas y la forma que propone es por medio de lluvias de ideas, las cuales se determinaron por medio de las entrevistas realizadas y las conclusiones del estudio de tiempos es otra entrada de información para la realización del diagnóstico. Un diagnóstico es exitoso cuando proporciona un conocimiento profundo de cómo los elementos constitutivos de una organización interactúan unos con otros (personas, procesos y tecnología), que es la interacción que restringen el sistema.

8.1. Entrevistas ingenio azucarero del valle del cauca

Las personas que se entrevistaron pertenecen a las siguientes áreas:

- Cosecha:

²⁵ Salama, F., Luzzato, D. Sianesi, A., Towil, D. The value of auditing supply chains * 2009. [Artículo en Internet] www.sciencedirect.com. [Consulta: Enero 2011]

- ✓ Báscula
- ✓ Patio
- ✓ Despacho
- ✓ Taller agrícola
- ✓ Alta gerencia
- Fabrica.
 - ✓ Molinos
 - ✓ Producción
- Logística de suministros
 - ✓ Compras
 - ✓ Alta gerencia

Las entrevistas se basaron en tres preguntas:

1. ¿Sabe usted cuánto tiempo se puede demorar en promedio una tractomula desde que ingresa al patio hasta que vuelve a salir de él?
2. ¿A qué factores atribuye usted esa demora?
3. ¿Cómo cree usted que ese problema se podría solucionar?

A continuación se presentará una compilación de la información extraída de las entrevistas realizadas, la columna sección indica el área o dependencia a la cual las personas que se entrevistaron pertenecen, la segunda columna menciona lo expuesto en cada una de las entrevistas y la última columna indica en el

numerador el número de personas que coincidieron en dar el mismo factor de influencia y el denominador indica el número de personas entrevistadas en el área.

Tabla 17. Resultado entrevistas realizadas.

SECCIÓN	FACTORES QUE INFLUYEN	NÚMERO DE VECES QUE SE REPITEN LAS IDEAS
COSECHA	Variación del ritmo de molienda.	9/12
	Hay muchos equipos para el transporte de caña, pero no hay muchos trenes de avance.	8/12
	Manejo inadecuado de la flota, la matriz de optimización arroja el resultado del número de equipos que debería utilizar un alce determinado, sin embargo en ocasiones se desaprueba esta información y se solicita la	1/12

	<p>inclusión de más equipos por alce, esto generalmente ocasiona represamiento en el patio.</p>	
	<p>Los servicios de montañita y mantenimiento suelen ser poco eficientes no son óptimos, generan pérdidas de tiempo.</p>	<p>2/12</p>
	<p>El VDO (sistema de monitoreo satelital), solo se usa para saber dónde se encuentra la tractomula, pero no para las innumerables funciones que se debería.</p>	<p>1/12</p>
	<p>Se presentan muchos daños inesperados en los molinos.</p>	<p>12/12</p>
	<p>Falta de coordinación efectiva entre patio y cosecha.</p>	<p>7/12</p>

	<p>La fabrica del Ingenio trabaja 24 horas los 365 días del año, nunca se programa un mantenimiento preventivo para los molinos, es por esta razón que se presentan fallos inesperados, esto hace que las operaciones se desestabilicen.</p>	<p>12/12</p>
	<p>El proceso de tara toma mucho tiempo sobre todo en horas del día en que se realiza este mismo proceso para equipos que no hacen parte del transporte de caña</p>	<p>1/12</p>
	<p>Falta de coordinación entre cosecha y fabrica.</p>	<p>9/12</p>
	<p>En los cambios de turno de cosecha (cada 12 horas),</p>	<p>9/12</p>

	suele ingresar la caña mostrando un pico muy alto con respecto al resto de las horas del día	
TALLER AGRÍCOLA	No existe un programa adecuado de mantenimiento preventivo para los equipos destinados a la labor de cosecha.	2/2
	No hay personal especializado para trabajar en mantenimiento preventivo con los equipos de cosecha.	2/2
	Existen deficiencias en el suministro de repuestos por parte de logística de suministros.	2/2
	Mala operación de los vehículos por parte de los operadores de los mismos.	2/2

	Comunicación no efectiva.	1/2
	Falta de personal capacitado para la reparación de los equipos.	2/2
	No se monitorea la operación de los equipos y en la operación se presentan muchas falencias.	2/2
	No existe una buena coordinación con logística de suministros, muchas veces se tiene de más de lo que no se necesita en el instante o poco rota y no se tienen los repuestos que se requieren por fallas inesperadas en los equipos que se deben solucionar de manera inmediata. Ineficiencias en el control de Inventarios.	2/2

MOLINOS 1 Y 2	No existe un vínculo estrecho de comunicación entre molinos y cosecha.	2/2
	Falta mantenimiento preventivo en los molinos, la política es producción continua y nunca parar para mantenimientos, sino hasta que no se presenten daños grandes.	2/2
	Problemas logísticos de cosecha internamente.	1/2
	Cosecha no entra la caña de forma constante durante el día.	2/2
PRODUCCIÓN	Como no se maneja un programa de mantenimiento preventivo, hay cosas que deben esperar para reparación hasta que no se tenga la oportunidad de parar, cabe	1/1

	<p>resaltar que los problemas de represamiento y de paros en los molinos no tienen que ver mucho con la fabrica, pero sería fantástico que se manejara un programa de preventivo. El no hacer preventivos tiene que ver con decisiones de la alta gerencia para cumplir con los compromisos de venta de azúcar y de alcohol.</p>	
	<p>En algunas ocasiones los molinos se deben parar porque fabrica excede su capacidad instalada de recibo.</p>	<p>1/1</p>
<p>LOGÍSTICA DE SUMINISTROS</p>	<p>Los procedimientos en la solicitud de repuestos por parte del taller agrícola no son los adecuados. No se</p>	<p>2/2</p>

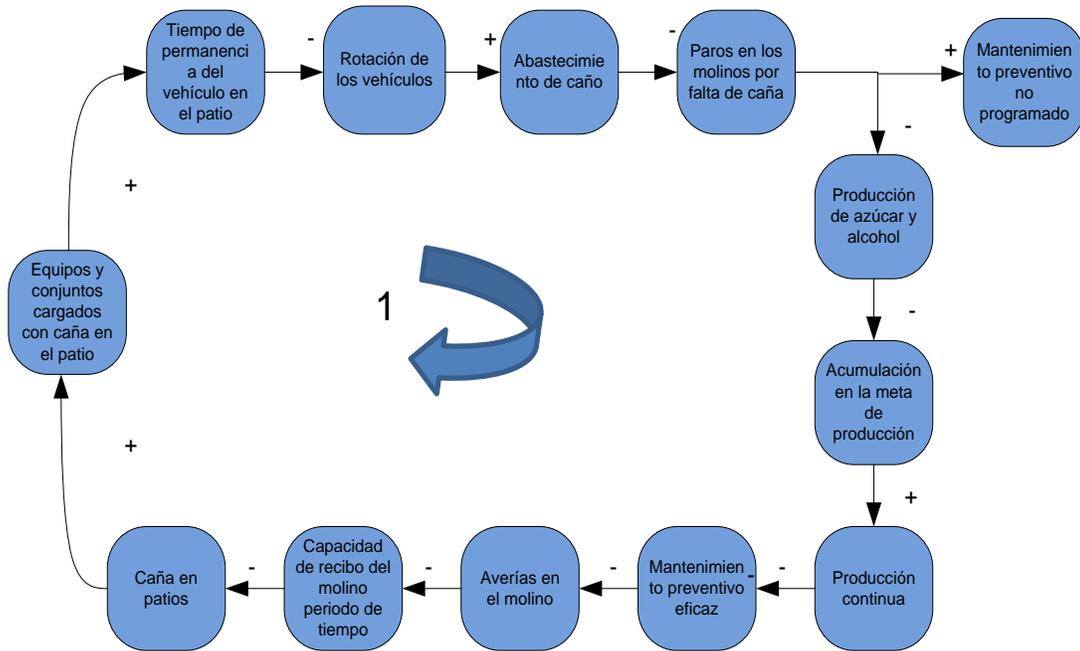
	<p>tramita la solicitud de manera oportuna, eso retrasa la llegada del repuesto.</p>	
	<p>Incumplimiento por parte de los proveedores.</p>	<p>2/2</p>
	<p>Malas políticas de inventarios, solo se trabajan con máximos y mínimos, estos los han calculado los usuarios, ellos los han calculado basándose en históricos y en los días de aprovisionamiento, pero no se actualizan muy constantemente.</p>	<p>2/2</p>

Fuente: los autores

8.2. Representación de la dinámica del problema “altos tiempos de permanencia de los vehículos transportadores de caña al interior del patio del ingenio”

En la gráfica 6 se muestra una red de causas y efectos que surgen a partir de las entrevistas realizadas a las personas pertenecientes a las áreas ya anteriormente mencionadas. En la red se pueden observar 3 bucles (1, 2 y 3), los cuales se explicarán más adelante.

Grafica 7: Bucle 1



Fuente: Los autores

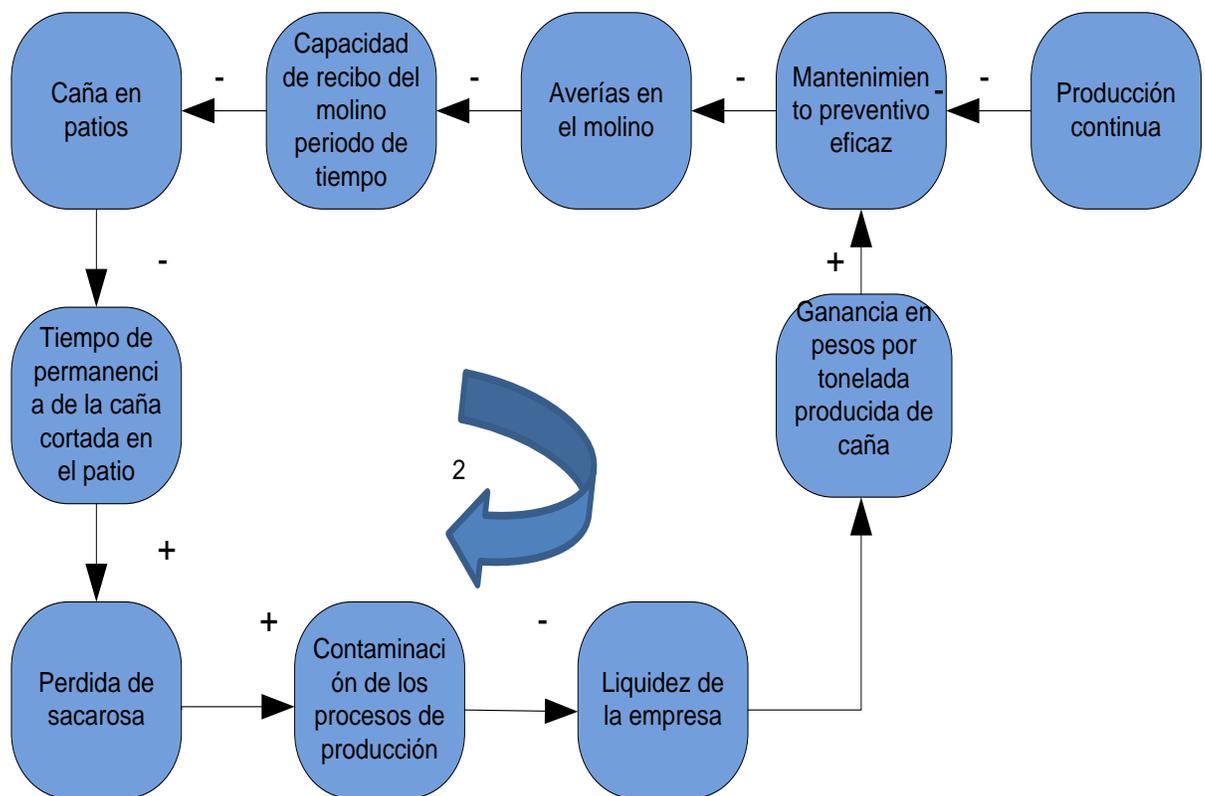
Los bucles forman una estructura de ciclo que perfectamente podría analizarse partiendo desde cualquier punto, en este caso iniciaremos el análisis con el elemento “tiempo de permanencia del vehículo en el patio” (que para este caso específico es el síntoma principal de la presencia del problema), se continuará el análisis siguiendo el sentido de las flechas y teniendo muy en cuenta los signos que aparecen para cada una de ellas.

BUCLE 1:

➤ Entre más alto sea el tiempo de permanencia del vehículo en el patio, menor va a ser la rotación de los vehículos. Teniendo en cuenta que si se presenta poca rotación en los vehículos, se genera una disminución en el abastecimiento de caña. Entre menor sea el abastecimiento de caña, más paros por falta de caña se van a presentar en los molinos, que puede conducir a que exista una disminución en la producción de azúcar y alcohol, lo que conlleva a dos situaciones: 1) ese tiempo se utiliza para la realización de mantenimiento preventivo no programado de forma adecuada a los molinos, 2) se presenta un aumento en la acumulación de la meta de producción. La acumulación en la meta de producción, hace que en los días próximos la producción deba hacerse de forma continua, a su vez disminuye las posibilidades de aplicarse para la fabrica programas de mantenimiento preventivo eficiente y eficaz. La disminución en la aplicación de mantenimiento preventivo, conduce a un aumento en las averías de los mismos. Como consecuencia de lo anterior se disminuye la capacidad de recibo de caña por un periodo de tiempo. Que puede conducir a que se genere un aumento en la acumulación de la caña en los patios, que a su vez produce un aumento en el número de equipos y conjuntos cargados con caña en el patio. Al presentarse ese aumento en el número de conjuntos y equipos cargados en el patio se genera que la caña presente en el patio excede la capacidad de recibo de los molinos y finalmente este

factor es generador de un aumento en el tiempo de permanencia de los vehículos en el patio, que fue el elemento con el cual se inició el análisis.

Gráfica 8. Bucle 2

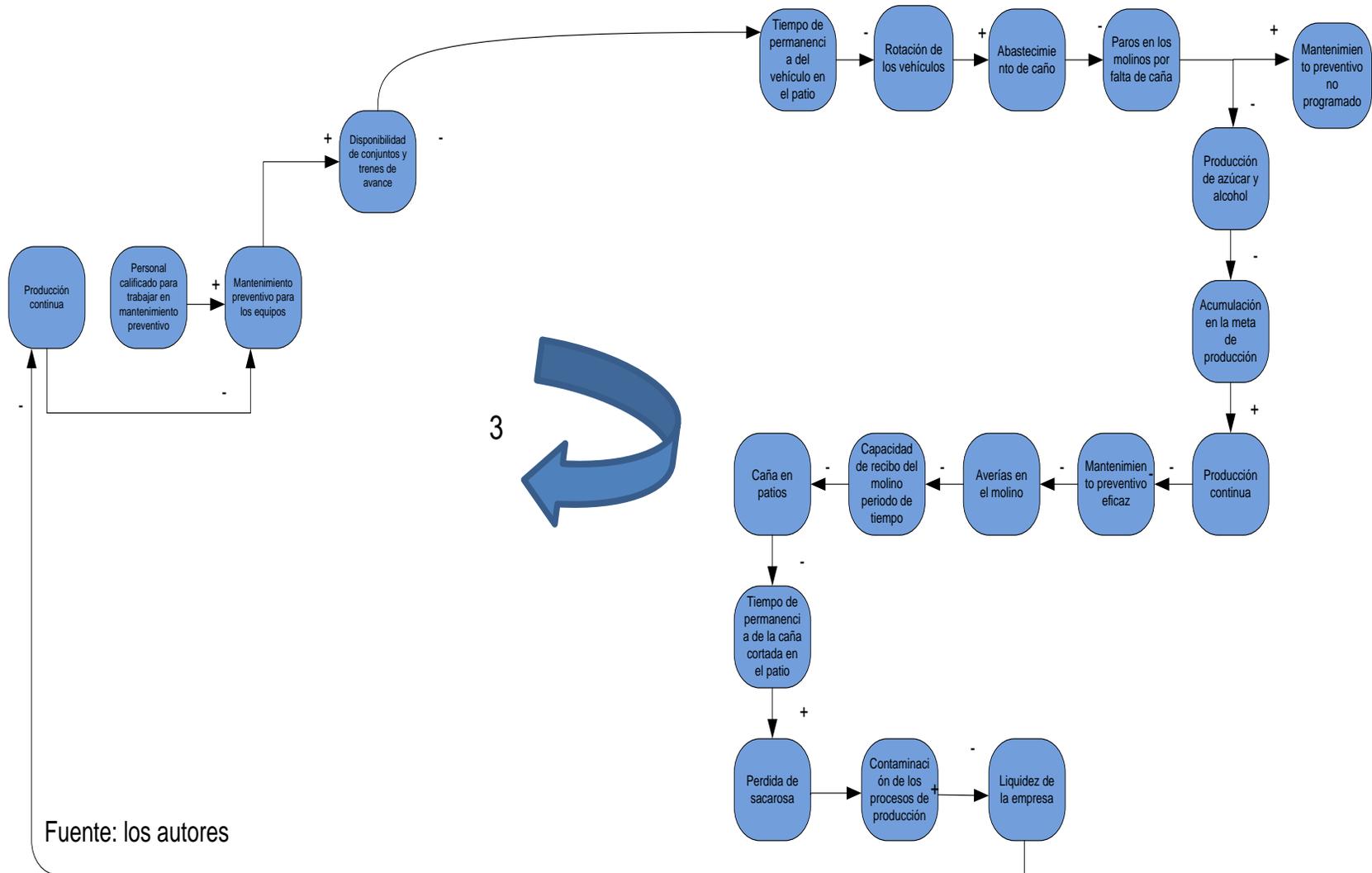


Fuente: los autores

Bucle 2:

- El análisis de este bucle lo iniciaremos con el elemento que se toma como síntoma principal en el desarrollo del bucle “tiempo de permanencia de caña cortada en el patio”. El tiempo de permanencia de la caña cortada en el patio, aumenta el porcentaje de sacarosa que se pierde por tonelada. Esa pérdida de sacarosa, disminuye la ganancia en pesos por tonelada producida de caña para el Ingenio, que a su vez disminuye la liquidez de la compañía, causa generadora de una disminución en las posibilidades de aplicar mantenimiento preventivo. La disminución en los planes de mantenimiento preventivo aumentan las averías presentadas en los molinos. Lo anterior puede conducir a que la capacidad de recibo del molino por un periodo de tiempo se disminuya, generando que se acumule mayor cantidad de caña en el patio y finalmente que se llegue al elemento inicial que es el aumento en el tiempo de permanencia de la caña cortada en el patio.

Gráfica 9. Bucle 3



Fuente: los autores

Bucle 3:

➤ Iniciaremos el análisis con un síntoma que resalta a la vista al haber analizado por separado los bucles anteriores “la liquidez de la empresa²⁶”, al disminuir la liquidez de la empresa, aumentan las políticas internas de trabajo continuo para los equipos transportadores de caña (tratando de aumentar la cantidad de caña entrada al Ingenio). Ésto conlleva a una disminución en el mantenimiento preventivo para los vehículos, que a su vez disminuye la disponibilidad de conjuntos y trenes de avance en el patio. Al presentarse esta disminución en la disponibilidad de conjuntos y trenes de avance, se presenta un aumento en el tiempo de permanencia de los vehículos en el patio, Entre más alto sea el tiempo de permanencia del vehículo en el patio, menor va a ser la rotación de los vehículos. Teniendo en cuenta que si se presenta poca rotación en los vehículos, se genera una disminución en el abastecimiento de caña. Entre menor sea el abastecimiento de caña, más paros por falta de caña se van a presentar en los molinos, que puede conducir a que exista una disminución en la producción de azúcar y alcohol, lo que conlleva a dos situaciones: 1) ese tiempo se utiliza para la realización de mantenimiento preventivo no programado de forma adecuada a los molinos, 2) se presenta un aumento en la acumulación de la meta de producción. La acumulación en la meta de producción, hace que en los días próximos la producción deba hacerse de

²⁶ Entrevista con el Doctor Juan José Lülle Suárez, Presidente de Ingenio del Cauca, 23 de agosto de 2010.

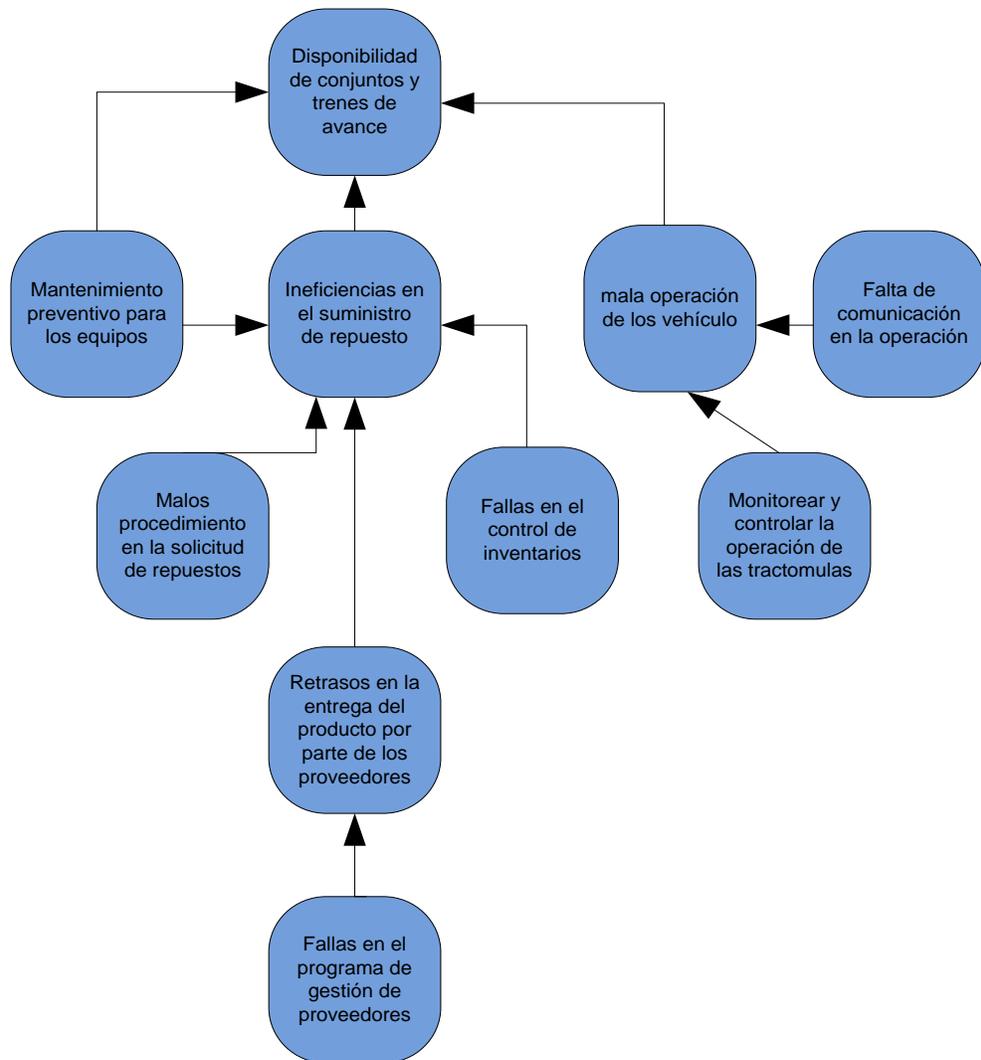
forma continua, a su vez disminuye las posibilidades de aplicarse para la fabrica programas de mantenimiento preventivo eficiente y eficaz. La disminución en la aplicación de mantenimiento preventivo, conduce a un aumento en las averías de los mismos. Como consecuencia de lo anterior se disminuye la capacidad de recibo de caña por un periodo de tiempo. Que puede conducir a que se genere un aumento en la acumulación de la caña en los patios. Lo anterior genera que el tiempo de permanencia de la caña cortada en el patio aumente. Teniendo en cuenta que si se presenta un aumento en el tiempo de permanencia de la caña cortada en el patio se genera un aumento en el porcentaje de sacarosa que se pierde por tonelada. Finalmente la pérdida de sacarosa, conlleva a disminuir la ganancia en pesos por tonelada producida de caña para el Ingenio, que a su vez disminuye la liquidez de la compañía, punto de partida del bucle.

En la explicación de los tres bucles, se observa que se refuerza el síntoma principal con el cual se inicia la lectura de cada uno de éstos.

8.3. ÁRBOL DEL PROBLEMA:

Dentro de la representación gráfica de la dinámica del problema, se puede llegar a generar además de los bucles que se trataron anteriormente un “árbol del problema”, que perfectamente puede estar combinado con la estructura inicial. Ejemplo de esto es el caso que se está estudiando.

Grafica 10. Árbol del problema



Fuente: autores

Para este caso iniciaremos el análisis tomando como base el síntoma o efecto principal encontrado dentro de la estructura, “la disponibilidad de conjuntos y trenes de avance”, vemos como este síntoma está siendo generado por tres importantes factores.

1. La falta de mantenimiento preventivo para los vehículos
2. Las ineficiencias en el suministro de repuestos por parte de logística de suministros y
3. La mala operación de los vehículos por parte de los operarios que los conducen.

A continuación se desglosarán cada una de estas causas en las sub-causas generadoras de las mismas.

1. La falta de mantenimiento preventivo para los vehículos está siendo afectada por tres factores.
 - A. La falta de personal calificado para trabajar en mantenimiento preventivo y
 - B. Las políticas internas de trabajo continuo para los equipos.
 - C. Implementación de un programa de mantenimiento preventivo
2. Las ineficiencias en el suministro de repuestos por parte de logística de suministros se ve afectada por cuatro factores.
 - A. Malos procedimientos en la solicitud de repuestos,

- B. Retrasos en la entrega del producto por parte de los proveedores,
- C. Fallas en el programa de gestión de proveedores y
- D. Fallas en el control de inventarios.

3. La mala operación de los vehículos por parte de los operarios de tractomulas, tiene dos causas generadoras de este problema.

- A. Poco aprovechamiento del sistema de monitoreo y control de la operación de las tractomulas y
- B. La falta de comunicación efectiva en el transcurso de la operación.

9. REVISIÓN DE METODOS

A continuación se presentarán, algunos de los métodos, que durante el estudio se evidenciaron reflejaban un aumento significativo en los tiempos de permanencia de las tractomulas transportadoras de caña en el patio del Ingenio. Estas reflexiones surgieron a partir del análisis y observación efectuada a las operaciones que se desarrollan al interior del patio del Ingenio.

- ✓ Disponibilidad de trenes de avance: Como se ha explicado anteriormente (grafica numero 5: diagrama de flujo de proceso), cuando las tractomulas ingresan cargadas de caña al Ingenio, deben dirigirse una vez hayan culminado el proceso de muestreo y pesaje a la zona de descargue para esperar a que el conjunto de vagones que traen sea descargado en las mesas de caña (proceso que presenta bastantes demoras según estudio de tiempos ya relacionado anteriormente), sin embargo, cuando una tractomula de un alce cualquiera que esté esperando tiene el conocimiento de que en el patio se encuentra disponible un tren de avance de su mismo alce (del mismo tipo que requiere el alce), puede dirigirse a la zona de enganche/desenganche para desenganchar los vagones llenos y engancharlos a un tren de avance y enganchar los vagones vacíos de avance a una tractomula diferente perteneciente al mismo alce y pueda ésta salir de forma más oportuna hacia el alce correspondiente a cargar

caña. El caso presentado anteriormente, sería un estado ideal para la reducción de tiempos de espera en el patio. Sin embargo la mayoría de veces este estado no se presenta de forma ideal como se esperaría, no necesariamente porque el Ingenio no cuente con el número de trenes de avance necesarios para que esto se dé de forma adecuada, sino porque en la mayoría de los casos los vagones con los que cuenta el Ingenio no se encuentran en estado óptimo para el proceso para el que fueron diseñados. La idea expuesta anteriormente deja notar una falta grave de coordinación y eficiencia de los talleres encargados de asegurar la disponibilidad de estos equipos, el hecho de no contar con trenes de avance disponibles en el patio para que las tractomulas que ingresan puedan desenganchar el conjunto que traen (para que después sea descargado por un tractor) y enganchar un conjunto vacío genera una alta permanencia de las mismas en el patio y por consiguiente una baja productividad de estos equipos

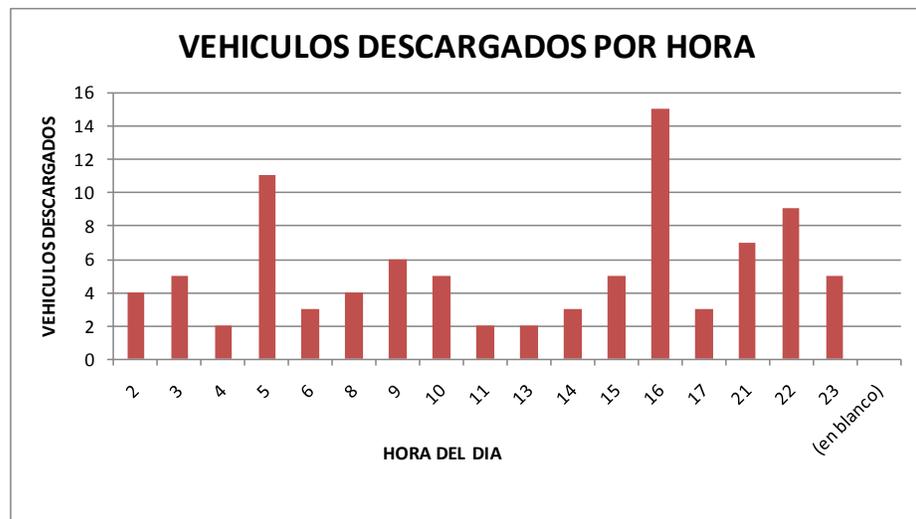
- ✓ Los vagones y trenes de avance de los diferentes alces no se encuentran estandarizados: El Ingenio tiene para su disposición un total de 12 frentes de alce que se encargan de realizar el proceso de CATE, cada frente de alce tiene destinado para su óptimo funcionamiento una cantidad exacta de tractomulas, tractores y conjuntos de vagones a su disposición, existen casos en los que un determinado frente de alce tiene en un instante del día o durante el día una serie de conjuntos de vagones disponibles para su uso, pero por diferentes motivos no va a disponer de ellos. Por tal razón estos

conjuntos de vagones se quedan sin uso alguno en el patio, de forma simultanea se presenta que un frente de alce diferente al mencionado anteriormente tenga totalmente copados el número de conjuntos de vagones con el que cuenta disponibles para desenganchar. Por esta razón a las tractomulas de este alce les corresponde incurrir en la pérdida de tiempo que se genera durante la espera para descargar los vagones que traen llenos de caña, al no poder tomar un conjunto de vagones que se encuentre disponible perteneciente a otro alce, la razón, los conjuntos de vagones de los diferentes alces cuentan con sistemas de enganche/desenganche diferentes (no se encuentran acoplados y estandarizados), situación que no se presentaría si todos los conjuntos de vagones tuvieran el mismo sistema de enganche/desenganche y los conjuntos de vagones de un frente de alce coincidieran con los conjuntos de vagones de otro frente de alce.

- ✓ No existe sincronización entre la entrada y salida de vehículos del patio: Un fenómeno importante hallado, durante el proceso de análisis, fue que la entrada de caña al patio durante el transcurso del día, no se presentaba de forma constante como se muestra en la gráfica número 7 (para el cumplimiento de los planes de molienda diarios estipulados por fabrica). De forma contraria a lo esperado, existen picos de ingreso durante el día, con mayor afluencia de vehículos entrantes durante los cambios de turno de los

operadores de las tractomulas, esto genera que durante esos períodos donde la afluencia de entrada de caña al patio es mayor se presenta un aumento en los tiempos de espera de las tractomulas en el patio, debido a que en éste espacio de tiempo, la entrada de caña supera las capacidades/hora de recepción y molienda de las mesas y molinos del Ingenio. En este caso, se esperaría que la entrada de caña al Ingenio presentará un comportamiento similar al proceso de recepción y molienda, para de este modo evitar que las tractomulas esperen un gran espacio de tiempo para descargar la caña que ingresan al Ingenio.

Gráfica 11. Distribución de tiempos de llegada al patio



Fuente: los autores

- ✓ La no implementación de una filosofía TPM: El mantenimiento productivo total se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y

costos en los procesos de producción industrial. Durante años se ha usado esta técnica para el mejoramiento de la productividad de las industrias. La no conciencia de la aplicación oportuna de esta filosofía conlleva a las industrias a perder grandes cantidades de tiempo y de dinero.

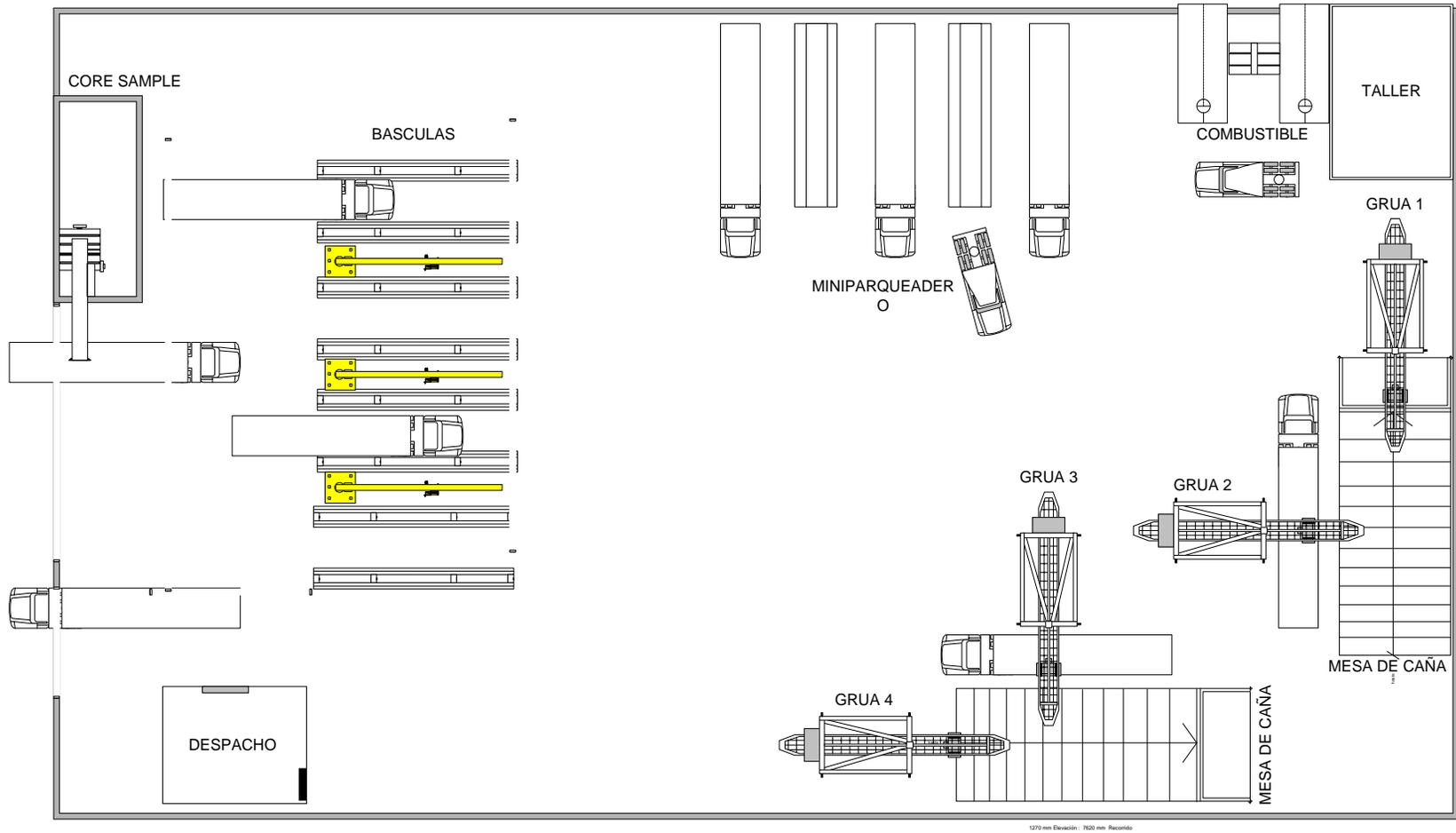
La fábrica del Ingenio por su parte es un claro ejemplo de esta falla, al no tener dentro de sus procesos implementado el sistema TPM, un porcentaje alto de pérdidas de tiempo en el que incurren las tractomulas antes de iniciar el proceso de descargue se presenta por paros no programados (aún no cuantificados por el Ingenio) en las mesas y molinos que se hubiesen podido evitar con un adecuado mantenimiento preventivo. Estos paros que en ocasiones pueden durar horas entorpecen el flujo continuo de descarga de caña y generan un cuello de botella para el área de cosecha, al acumularse equipos en el patio cargados de caña sin poder salir hacia los diferentes alces.

- ✓ Movimientos de bascula innecesarios (ver grafica numero 12): La estructura física del patio del Ingenio está diseñada con todas las basculas ubicadas en sentido hacia el interior de la empresa, esta situación resulta cómoda cuando las tractomulas están ingresando al Ingenio, ya que pasan directamente a la zona de pesaje y luego a la zona de descargue de la caña. Sin embargo cuando éstas ya han descargado la caña y se disponen a tarar los vagones para desplazarse hacia los alces, la posición en la que se encuentran ubicadas las basculas no le permiten dirigirse en el mismo

sentido hacia las basculas, razón por la cual las tractomulas deben antes de ingresar al proceso de tara pasar por un lado de la báscula para llegar a la salida, hacer un movimiento en “U” para luego ingresar a la zona de tara en el mismo sentido en el que fueron pesadas y por ultimo realizar el mismo movimiento que realizaron anteriormente para poder dirigirse hacia el alce. Si bien este desplazamiento no genera pérdidas significativas de tiempo durante la instancia en el patio, resulta ser un movimiento inoficioso y poco adecuado para el proceso, ya que puede generar estancamientos en la entrada y salida del Ingenio.

- ✓ Recepción de caña en los molinos: El ingenio cuenta con 2 molinos y cada uno de éstos cuenta con 2 mesas para la recepción de la caña, sin embargo mientras se está descargando caña por una mesa del mismo molino, no se utiliza la otra.

Grafica 12: Diagrama de recorrido



Fuente: Los autores

Tabla 18: Cuadro resumen revisión de métodos.

REVISIÓN DE MÉTODOS		
	MÉTODO ACTUAL	MÉTODO PROPUESTO
MÉTODO 1:	Poca disponibilidad de trenes de avance	El Taller agrícola tiene como objetivo principal sostener el porcentaje de varados en maquinaria en un nivel no superior a 10%. Situación que en la actualidad no se presenta debido a inconsistencias presentadas con anterioridad en el desarrollo del diagnóstico sistémico. Ésto conlleva a pensar que una posible solución al problema presentado se encuentra latente en el mejoramiento de los sistemas que rigen actualmente al Taller

		<p>agrícola, ya que de éstos depende la disponibilidad de los equipos con los que cuenta el área de Cosecha</p>
<p>MÉTODO 2:</p>	<p>Los vagones y trenes de avance de los diferentes frentes de alce no se encuentran estandarizados</p>	<p>La solución al problema presentado, se encuentra en la gestión oportuna de planes de acción que logren hacer que todos los conjuntos y trenes de avance de los diferentes alces queden con un mismo sistema de acoplamiento. Ésto conllevaría a un aumento en la optimización de los equipos.</p>
<p>MÉTODO 3</p>	<p>No existe sincronización entre la entrada y salida de vehículos del patio</p>	<p>Necesariamente los procesos logísticos del área de Cosecha deben ser mejorados, la no sincronización en la entrada y salida de vehículos del</p>

		<p>patio es prueba de ello. Por ésta razón se evidencia la necesidad de que el flujo de comunicación y la coordinación entre los diferentes frentes de alce se mejore, para de ésta forma lograr que la caña ingrese al patio del Ingenio de forma constante durante el día.</p>
<p>MÉTODO 4</p>	<p>La no implementación de una filosofía TPM</p>	<p>La solución evidente para este problema, consiste en el desarrollo de planes para la implementación de la filosofía TPM en todo el Ingenio, principalmente el área de Cosecha y en la fabrica.</p>
<p>MÉTODO 5</p>	<p>Movimientos de bascula innecesarios</p>	<p>La propuesta que se plantea para el Ingenio es adecuar la estructura actual de las basculas, ubicando dos de</p>

		<p>ellas en sentido hacia la salida del Ingenio, ésto generaría que las tractomulas una vez terminen el proceso de descarga puedan salir hacia el proceso de tara en la misma dirección de salida hacia el alce, evitando de esta forma realizar el doble movimiento que se efectúa en éste momento.</p>
<p>MÉTODO 6</p>	<p>Recepción de caña en los molinos</p>	<p>Se propone que se realice un estudio para determinar si los molinos cuentan con la capacidad necesaria para recibir la cantidad de caña que ingresaría por las dos mesas en el mismo instante de tiempo. En tal caso de que el estudio arrojará como resultado que los molinos no</p>

tienen la suficiente capacidad de recibo por las dos mesas, se propone iniciar planes de acción, que conlleven a la modificación de la estructura física de los molinos, para de ésta forma lograr que las dos mesas de cada molino descarguen caña en el mismo instante de tiempo.

Fuente: Los autores.

10. APROXIMACIÓN AL COSTEO POR DEMORAS

Como en Colombia no existen tiempos de cosecha; los productores (ingenios azucareros) procuran fabricar azúcar constantemente, generando la necesidad de establecer un flujo constante de materia prima (Caña de azúcar) a sus instalaciones. Así mismo, existe una fuerte competencia entre los ingenios por producir el mejor producto a un menor costo.

En el área de cosecha, el transporte de caña de azúcar desde los campos hasta las centrales azucareras es una tarea compleja, porque el transporte de caña es parte intrínseca de desarrollo de la industria, equivale a aproximadamente al 33% de los costos de la cosecha y está caracterizada por unos exigentes estándares de calidad en términos de entregas oportunas²⁷.

Algunos de los múltiples criterios tenidos en cuenta para determinar el costo por incurrir en ineficiencias por demoras son:

²⁷EMPRESA DE SERVICIOS PISCANO S.A.S., Transporte de Caña de Azúcar. [Artículo de Internet]. <http://www.piscano-sas.com/inicio/29-transporte-de-cana-de-azucar/57-transporte-de-cana-azucar.html?fontstyle=f-larger> [consulta: 15 de enero de 2011]

Costo de mano de obra:

- **Cantidad de Conductores Día (Personas/Día):** representa la cantidad de operarios o motoristas que se requiere para manejar la tractomula durante un día normal.
- **Jornal del trabajador (Hrs):** se determina la intensidad del turno laboral del motorista; puede ser de 8 o 12 horas
- **Salario del conductor (\$/Día):** una vez determinada la intensidad del turno de trabajo, en el criterio del *Salario del Conductor* se establece el valor devengado. Se tiene en cuenta el costo de la hora ordinaria laboral y las horas extras trabajadas, esto multiplicado por el número de conductores que se requiere para operar el equipo durante 24 horas.

— — —

- **Prestaciones legales (\$):** Comprende el costo total apropiado anualmente por el empleador de acuerdo a la ley 100/93 de Colombia, por conceptos de

seguridad social: salud (8.5%) y pensión (12%) y las prestaciones sociales: prima de servicios (8.33%), vacaciones (4.17%), cesantías (8.33%) e intereses sobre cesantías (12%), con respecto al valor devengado por los trabajadores durante todo el año laborado.

Otros costos

- **Depreciación del equipo (\$/día):** El supuesto principal es que todos los equipos son nuevos de forma que tienen un parámetro similar de comparación, por eso se deprecian linealmente los equipos a 5 años, con respecto al valor de adquisición; en nuestro caso los equipos fueron comprados en dólares. Actualmente el ingenio cuenta con 47 tractomulas para el área de Cosecha, pero el taller agrícola tiene una disponibilidad diaria para el proceso de CATE del 90% de éstas, es por esta razón que para el cálculo del costo se toman 42 tractomulas.
- **Depreciación de vagones (\$/día):** Es el monto de la depreciación de los vagones multiplicado por la cantidad de vagones que conforman un tren cañero. Tomaremos como supuesto que en promedio cada tren cañero es compuesto por 4 vagones hd 20000.

-
- **Precio del Dólar (US\$):** valor del precio actual del dólar en Colombia.

 - **Seguros de los equipos (\$/día):** monto que el ingenio pilo paga por conceptos de seguros y permisos de movilización por cada equipo de transporte agrícola.

 - **Impuestos (\$/día):** monto que el ingenio paga por concepto de impuesto paga cada equipo de transporte

 - **Monitoreo y control (\$/día):** monto que el Ingenio paga por conceptos de monitorear y controlar cada una de las tractomulas durante el ciclo de operación.

 - **Costo total (\$/día):** es la sumatoria entre el total de mano de obra y total otros costos.

 - **Costo total (\$/min):** se convierte el rubro anterior a \$/minuto, con el fin de poder calcular el costo de las ineficiencias por demoras.

- **Tiempo ineficacia por demora caña picada y larga (minuto):** es la diferencia entre el tiempo real de operación y el tiempo estándar calculado anteriormente para cada caña picada y larga.

- **Número de ciclos promedio por día:** número de ciclos que actualmente están haciendo las tractomulas en el ingenio.

- **Costo de permanencia en patios de caña picada (\$/total equipos/día):** es la multiplicación de los siguientes factores: Costo total (\$/min), Tiempo ineficiencia por demora caña picada (min), número de ciclos promedio por día (ciclos/vehículo), % de caña entrada al ingenio picada.

- **Costo de permanencia en patios de caña larga (\$/total equipos/día):** es la multiplicación de los siguientes factores: Costo total (\$/min), Tiempo ineficiencia por demora caña picada (min), número de ciclos promedio por día (ciclos/vehículo), % de caña entrada al ingenio larga.

- **Costo total por ineficiencias por demoras (\$/día):** es la suma de costo de permanencia en patios de caña picada y Costo de permanencia en patios de caña larga.

En la tabla 18 se muestra la matriz de costos donde se calcula el costo total por ineficiencias por demoras, las tractomulas operan 24 horas al día y son conducidas por un conductor por turno y cada turno tiene una duración de 12 horas, según el estudio de tiempos realizado anteriormente la cantidad de caña que entra al ingenio en un día el 76% es caña larga y el 24 % es caña picada, esto permitirá calcular el costo por ineficiencia por demoras para cada uno de los diferentes tipos de caña. Con base a los resultados obtenidos en el cálculo de los intervalos de confianza, en promedio cada tractomula tiene un tiempo de permanencia en el patio de descargue de caña de azúcar de 130,49 minutos por ciclo y en promedio realiza cada una de éstas 4.5 ciclos por día. Para hallar el costo de permanencia en patios para caña y larga se empleó las siguientes ecuaciones:

• _____

• _____

Para determinar el costo total por ineficiencias por demoras se sumaron los costos en los que incurre el Ingenio por los tiempos de permanencia de los vehículos (para caña larga y para caña picada).

El ingenio incurre en costos por ineficiencias por demoras de \$ 4.997.410,34 diarios por la operación de 42 mulas, y el costo total anual de estas ineficiencias es de \$1.249.352.585.

Tabla 18: Matriz de costos

MATRIZ DE COSTOS	
Concepto de costo	
MANO DE OBRA	
- Cantidad de Conductores Día (Personas/turno/equipos)	1
- Cantidad de conductores (personas/turno/total de equipos disponibles)	42
- Jornales del trabajador (Hrs)	12
- Salario Conductores día (\$/Día)	\$ 2.500.699,52
- Salario del Conductor nocturno (\$/Día)	\$ 2.885.425,80
- Prestaciones (\$) día	\$ 2.100.587,60
- Prestaciones (\$) noche	\$ 2.423.757,68
TOTAL MANO DE OBRA	\$ 9.910.470,60
OTROS COSTOS	
- Valor total de las tractomulas (U\$)	\$4.018.500,00
- Depreciación del equipo (\$/día/total de equipos)	\$ 5.654.833,20
- Precio del Dólar (U\$)	\$ 1.759,00
- Tipo de Vagon	hd 20000
- Costo de los Vagones (\$)	\$ 6.720.000.000,00
- Depreciación del vagones (\$/día/total de equipos)	\$ 5.376.000,00
- Seguros de los vehículos (\$/día/total de equipos)	\$ 143.227,80
- Impuestos (\$/día/total de equipos)	\$ 158.900,00
-Monitoreo y control (\$/día/total de equipos)	\$ 17.055,36
TOTAL OTROS COSTOS	\$ 11.350.016,36
COSTO TOTAL (\$/día)	\$ 21.260.486,96
COSTO TOTAL (\$/minuto)	\$ 14.764,23
Tiempo ineficiencia por demora caña picada (minuto)	82,59
Tiempo ineficiencia por demora caña larga (minuto)	72,89
Número de ciclos promedio por día	4,50
Costo de permanencia en patios caña picada (\$/total equipos/día)	\$ 1.316.927,71
Costo de permanencia en patios caña larga (\$/total equipos/día)	\$ 3.680.482,62
COSTO TOTAL POR INEFICIENCIAS POR DEMORAS (\$/día)	\$ 4.997.410,34

Fuente: Los autores

Este trabajo de grado se desarrolló partiendo de un problema específico presentado en un Ingenio azucarero del Valle del Cauca, “tiempos altos de permanencia de los vehículos transportadores de caña al interior del patio del Ingenio”. Éste problema presentado, condujo a la necesidad de indagar los factores por los cuales se presenta; para ello, se inició el proyecto con la identificación de los tiempos actuales de permanencia de los vehículos al interior del patio (tiempos que el Ingenio aún no había determinado), con el objetivo principal de medir la situación real del Ingenio. El estudio de tiempos realizado para determinar los tiempos de permanencia arrojó como resultado que para el caso de transporte de caña larga se incurre en ineficiencias por demoras de 72.89 min y para caña picada, las ineficiencias entran sobre los 82.59 min. La cuantificación de éstas ineficiencias sirvió como fuente para la aproximación al cálculo del costo por demoras, además de evidenciar la necesidad de determinar las causas generadoras de éstas altas ineficiencias (análisis causal). En el desarrollo del análisis causal, se extrajeron todas las sub-causas que han sido generadoras del problema principal presentado. La fase final del proyecto, deja planteadas algunas recomendaciones que podrían conducir a lograr una disminución en las ineficiencias por demoras presentadas en el patio del Ingenio.

11. CONCLUSIONES

Mediante la realización del estudio de tiempos, en su primera fase (intervalos de confianza), se logró llegar a la identificación de cuáles eran las actividades internas que tenían un mayor porcentaje de participación dentro del tiempo total de permanencia de los vehículos dentro del Ingenio, en este punto se encontró que las actividades más críticas son: espera para descargue, descargue, tara y otros, con porcentajes de participación: 23%, 18%, 19% y 21% respectivamente. Cabe resaltar que la actividad que tiene un mayor tiempo de permanencia “espera para descargue”, no genera ningún valor a la operación, sin embargo ocupa gran parte del tiempo dentro del ciclo, es por esta razón que el desarrollo de este proyecto a partir de la identificación de estos tiempos sienta la necesidad de identificar las causas generadoras de estos altos tiempos de permanencia.

Los intervalos de confianza, arrojaron como resultado el tiempo real de permanencia de los vehículos transportadores de caña al interior del patio, en la fase siguiente del estudio de tiempos se obtuvo el tiempo estándar de cada operación, teniendo en cuenta que tipo de caña se transporta, se encontraron las ineficiencias por demoras en las que incurre el Ingenio a causa de los altos tiempos de permanencia. Se hallaron que las mayores ineficiencias se presentan en: el descargue, el proceso de tarar el vehículo y en otros, mostrando un porcentaje de participación de 63%, 22% y 11% respectivamente cuando la caña es picada y 50%, 30% y 15% respectivamente cuando la caña es larga.

Durante la realización de la revisión de métodos, se encontraron algunas falencias que en conjunto hacen que el proceso de entrega de caña en el Ingenio no se realice de manera óptima, entre las cuales se encuentran:

- ✓ La disponibilidad de trenes de avance.
- ✓ Vagones y trenes de avance de los diferentes alces no se encuentra estandarizados.
- ✓ No existe sincronización entre la entrada y salida de vehículos en el patio.
- ✓ La no implementación de programas óptimos de mantenimiento preventivo.
- ✓ Movimientos de bascula innecesarios.
- ✓ La no utilización de las dos mesas de caña de un molino en el mismo instante.

Dentro de la realización del diagnóstico sistémico se identificaron varias causas principales para el síntoma inicial encontrado “altos tiempos de permanencia de los vehículos en el patio del Ingenio”. Como es sabido es necesario llegar a la visualización del todo como un conjunto de partes unido y entrelazado, donde lo que se realice en un punto de ella repercute en las demás. Entonces el problema y las causas encontradas son entendibles desde este punto de vista. La estructura con la que se identifican los problemas encontrados nos permite establecer cuáles son aquellos puntos sensibles de mejoramiento, entre los cuales se encuentran: la aplicación de programas óptimos de mantenimiento preventivo para los molinos,

aumento en la disponibilidad de vagones y trenes de avance, mejoramiento en el suministro de repuestos para el taller agrícola por parte de logística de suministros y mejoramiento en las actividades realizadas encaminadas a lograr buenas prácticas de operación de los vehículos por parte de los operadores de las tractomulas.

Normalmente en las industrias se tiene el conocimiento de que las pérdidas de tiempo ocasionadas por malas prácticas generan grandes pérdidas de dinero para la organización, sin embargo poco se establecen rubros para esto, este proyecto busco determinar cuáles eran los costos en el que estaba incurriendo el Ingenio a causa de estos altos tiempos de permanencia, costos que llegan a un total anual de \$1.249.352.585. Cifra que nos invita a reflexionar y a tomar medidas severas para contrarrestar este problema, es por esta razón que este proyecto proporciona al Ingenio algunas recomendaciones que ayudarían a eliminar o disminuir estos tiempos.

Después de realizar las entrevistas que sirvieron como base para la aplicación del diagnóstico sistémico, se pudo evidenciar que las personas entrevistadas creen que la mayoría de los problemas presentados se deben a las malas actuaciones o decisiones de la alta gerencia.

En este trabajo de grado se aplican herramientas ingenieriles adaptadas al Ingenio caso de estudio, estas herramientas y metodologías planteadas en este proyecto

pueden ser adecuadas y aplicadas a otra empresa, siempre y cuando se realicen las adaptaciones a las condiciones específicas de la compañía.

El proyecto de grado realizado conforma una base sólida para llegar a la consecución de la solución de “los altos tiempos de permanencia de los vehículos al interior del patio del Ingenio”, genera y proporciona los planes necesarios para el adecuado manejo y desarrollo de herramientas encaminadas a la consecución del logro. Cabe resaltar que el desarrollo de este proyecto no llega hasta la generación y aplicación de la solución, arroja como resultado las causas raizales y propuestas de mejoramiento, para de este modo saber cuáles son los puntos sensibles de mejoramiento y atacarlos solucionando el problema de raíz, a través de la aplicación de herramientas de ingeniería.

12. GENERACION DE PROPUESTAS

➤ COSECHA:

- ✓ Realizar un estudio para determinar el número óptimo de trenes de avance para cada alce.
- ✓ Coordinar de forma adecuada las operaciones entre el alce y el patio.
- ✓ Implementar para toda la fabrica planes de mantenimiento preventivo.
- ✓ Mejorar las condiciones de las vías por donde transita la tractomula.
- ✓ Contar con una línea específica para el proceso de tara de los vehículos que no pertenecen al grupo de transporte de caña.
- ✓ Optimizar las relaciones en comunicaciones entre cosecha y fabrica.
- ✓ Estudio del número de vagones óptimos por tractomula.
- ✓ Estudiar el comportamiento de la demanda de caña por horas, la implementación de un sistema de pronósticos.
- ✓ Conocer el ritmo de molienda de fabrica por horas.
- ✓ Realizar un estudio para determinar si es conveniente tener el equipo necesario mínimo para la molienda establecida y alquilar el transporte para los picos de molienda.
- ✓ Hacer seguimiento a los cambios de turno (porque en éstos entra más cantidad de caña).
- ✓ Estudiar la factibilidad para la utilización de las dos mesas de caña para el mismo molino en el mismo instante de tiempo.

➤ **TALLER AGRICOLA:**

- ✓ Contar con personal especializado en mantenimiento, sobre todo en preventivo.
- ✓ Realizar un programa de gestión por competencias, basándose en las siguientes cuatro fases, identificación de la competencia, definir el cargo, diseño y evaluación por competencias, para así determinar con que recurso humano cuenta el Ingenio y que es lo que se necesita.
- ✓ Capacitación a los operarios de las tractomulas en buenas prácticas de operación.
- ✓ Cambios en el paradigma para pasar de correctivo a preventivo, se debe tener en cuenta que el preventivo es importante y que se debe sacar tiempo para ello.
- ✓ Estudiar la posibilidad de incluir a un contratista para que solo trabaje en preventivo.
- ✓ Dejar establecidos los programas para mantenimiento preventivo por alce, establecer horarios para ellos.
- ✓ Contar con una persona especializada y solo encargada de realizar el control de inventarios.

➤ **LOGÍSTICA DE SUMINISTRO:**

- ✓ Hacer que el software que maneje el nivel óptimo de inventario de cada repuesto sea automático.
- ✓ Diseñar un sistema de control de inventarios para el caso específico de cada área.
- ✓ Contar con una persona encargada del control de inventarios para cada área representativa del Ingenio.

13. BIBLIOGRAFIA

- ✓ [Monografía]. Madrid: Dinámica de sistemas. Isdefe; 1995.
- ✓ Caicedo, A., Guillermo L., Modelo de optimización y asignación de equipos de transporte y cosecha en el sistema de abastecimiento de caña. Técnicaña - VIII Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar * 2009.
- ✓ Castro, W., Cobo, D., Gómez, L., Evaluación estructural de un vagón para el transporte de caña de azúcar en Colombia, [Documento de trabajo] Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. 2009.
- ✓ FahmySalama, K., Luzzatto, D., Sianesi, A., Towill, D.R. The value of auditing supply chains; Journal of the Operational Research Society; 2008
- ✓ EMPRESA DE SERVICIOS PISCANO S.A.S., Transporte de Caña de Azúcar. [Artículo de Internet]. <http://www.piscano-sas.com/inicio/29-transporte-de-cana-de-azucar/57-transporte-de-cana-azucar.html?fontstyle=f-larger> [consulta: 15 de enero de 2011]
- ✓ Hahn M.H, Ribeiro R.V. Heuristic guided simulator for the operational planning of the transport of sugarcane. Journal of the Operational Research Society * 1999.

- ✓ Isaiacs C., XXVI congreso de la issct Sudáfrica, servicio de cooperación técnica y transferencia tecnológica, Cenicaña. 2007
- ✓ JOHANSEN, Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Limusa, México. 2002
- ✓ Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo; Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición (revisada), 1996
- ✓ MAYER, Raymond. Production and operation management (Nueva York and y Londres), MacGraw Hill, 3 ed. 1975. Pág 516-517
- ✓ Mejía, A., Díaz G. Tipos de arcos y hacia dónde disparan: Sobre la naturaleza y posibilidades de los arquetipos; Universidad de los Andes; [Artículo en internet]; www.prof.uniandes.edu.co/~jmejia/PDF/tipos_de_arcos.pdf [Consulta: 15 de enero de 2011]
- ✓ NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos. 3 ed .México. Mc Graw-Hill Interamericana Pág: 29
- ✓ OSORIO, Juan. Introducción al pensamiento sistémico. Programa editorial Universidad del Valle. 2007.
- ✓ Pantoja, C. Caracterización de tiempos perdidos de los equipos de cosecha en un ingenio azucarero colombiano. [Informe final pasantía] Cali, Universidad Autónoma de Occidente; CENICAÑA: 48 p.; CD-ROM.
- ✓ Requerimientos de equipos y mano de obra, Cock J,H., Torres, J.S y Villegas, F. 1996. Management of green cane harvesting in high yielding

crops. En: J. R Wilson (ed). Sugar 2000 Symposium CSIRO, Brisbane, Australia.

- ✓ SENGE. P., La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente. Granica, 1995
- ✓ Torres, J., Villegas, Fernando, Duran, A. Cruz R. Guía práctica para evaluar el desempeño de los sistemas de cosecha de caña de azúcar en el valle del río cauca. Cenicaña, 2009.

ANEXO 1. RERESULTADO TOMA DE TIEMPOS

ESTUDIO DE TIEMPOS																		
ELABORADO POR			ISABEL REYES, ANUAR RAMIREZ															
REVISADO POR			INGENIO AZUCARERO															
APROBADO POR			INGENIO AZUCARERO															
FECHA			MARZO DE 2011															
Ciclo	Core sample			Pesaje			Descargue			Tara			Otros			Despacho		
	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB
1	3	75	2,25	4	75	3	22	100	22	0	0	0	9	125	11,25	2	75	1,5
2	1	100	1	3	75	2,25	25	100	25	0	0	0	28	125	35	2	75	1,5
3	3	75	2,25	2	125	2,5	20	125	25	0	0	0	4	150	6	1	110	1,1
4	1	125	1,25	3	75	2,25	25	100	25	3	125	3,75	57	50	28,5	2	75	1,5
5	1	110	1,1	2	110	2,2	15	125	18,75	4	100	4	0	100	0	2	75	1,5
6	1	125	1,25	3	75	2,25	17	125	21,25	4	100	4	31	100	31	1	110	1,1
7	2	100	2	2	125	2,5	24	100	24	5	100	5	35	100	35	1	100	1
8	2	100	2	7	225	7,5	37	75	27,75	3	125	3,75	0	0	0	1	100	1
9	3	200	3	2	125	2,5	45	75	33,75	3	125	3,75	0	0	0	1	100	1
10	2	100	2	2	125	2,5	23	100	23	4	100	4	0	0	0	1	100	1
11	2	100	2	2	125	2,5	32	75	24	1	150	1,5	0	0	0	1	125	1,25
12	2	100	2	2	125	2,5	55	75	41,25	10	50	5	5	150	7,5	2	75	1,5
13	2	100	2	3	75	2,25	39	75	29,25	6	75	4,5	0	0	0	2	75	1,5
14	2	100	2	2	125	2,5	25	100	25	5	100	5	0	0	0	1	100	1
15	2	100	2	3	100	3	10	125	12,5	0	0	0	0	0	0	1	100	1
16	1	150	1,5	2	125	2,5	27	100	27	4	100	4	0	0	0	1	100	1
17	1	150	1,5	3	125	3,75	14	100	14	0	100	0	3	0	0	1	100	1

18	1	125	1,25	4	75	3	27	125	33,75	2	125	2,5	0	0	0	1	100	1
19	3	125	3,75	3	75	2,25	45	125	56,25	4	0	0	0	0	0	1	100	1
20	2	100	2	5	75	3,75	16	75	12	7	0	0	3	150	4,5	1	100	1
Ciclo	Core sample			Pesaje			Descargue			Tara			Otros			Despacho		
	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB
21	2	100	2	3	75	2,25	33	75	24,75	5	0	0	0	0	0	1	100	1
22	1	125	1,25	4	75	3	17	125	21,25	0	0	0	2	150	3	1	100	1
23	2	100	2	4	75	3	38	75	28,5	3	0	0	0	0	0	1	0	0
24	3	75	2,25	3	75	2,25	20	100	20	3	100	3	0	0	0	1	0	0
25	1	75	0,75	4	75	3	45	50	22,5	0	100	0	9	125	11,25	1	0	0
26	1	75	0,75	2	125	2,5	0	0	0	3	100	3	0	0	0	2	100	2
27	1	100	1	1	125	1,25	60	50	30	2	100	2	0	0	0	2	75	1,5
28	1	100	1	3	125	3,75	36	75	27	4	100	4	44	75	33	1	100	1
29	1	100	1	3	75	2,25	22	100	22	8	50	4	0	0	0	1	100	1
30	2	100	2	2	75	1,5	20	100	20	1	150	1,5	13	100	13	1	100	1
31	5	50	2,5	2	125	2,5	9	150	13,5	4	100	4	12	125	15	1	100	1
32	2	100	2	2	100	2	13	150	19,5	3	100	3	13	100	13	1	100	1
33	1	125	1,25	5	75	3,75	37	75	27,75	0	0	0	5	150	7,5	1	100	1
34	2	125	2,5	5	75	3,75	20	75	15	3	0	0	3	150	4,5	1	100	1
35	2	100	2	2	125	2,5	19	125	23,75	0	0	0	5	125	6,25	1	100	1
36	3	50	1,5	4	75	3	0	0	0	7	75	5,25	0	0	0	1	100	1
37	2	100	2	1	150	1,5	25	75	18,75	2	125	2,5	0	0	0	1	100	1
38	1	125	1,25	3	75	2,25	0	0	0	5	100	5	4	150	6	1	100	1
39	2	100	2	2	125	2,5	24	100	24	4	100	4	0	0	0	1	100	1
40	3	75	2,25	2	125	2,5	60	50	30	0	0	0	14	100	14	1	100	1
41	1	125	1,25	3	100	3	0	0	0	5	100	5	7	150	10,5	1	100	1
42	1	125	1,25	2	100	2	20	100	20	0	0	0	9	125	11,25	1	100	1
43	2	100	2	3	100	3	16	125	20	3	125	3,75	4	150	6	1	100	1

44	2	100	2	3	100	3	0	0	0	5	100	5	2	150	3	1	100	1
45	3	75	2,25	4	75	3	23	100	23	2	150	3	0	0	0	1	100	1
46	2	100	2	3	100	3	0	0	0	4	100	4	0	0	0	1	100	1
47	3	125	3,75	4	75	3	40	50	20	0	0	0	19	75	14,25	1	100	1
Ciclo	Core sample			Pesaje			Descargue			Tara			Otros			Despacho		
	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB
47	3	125	3,75	4	75	3	40	50	20	0	0	0	19	75	14,25	1	100	1
48	3	75	2,25	2	125	2,5	18	100	18	3	125	3,75	3	150	4,5	1	100	1
49	2	100	2	3	100	3	20	100	20	0	0	0	15	100	15	1	100	1
50	1	125	1,25	3	100	3	20	100	20	4	100	4	1	150	1,5	1	100	1
51	1	150	1,5	3	100	3	29	75	21,75	5	100	5	60	50	30	1	100	1
52	1	125	1,25	3	100	3	25	75	18,75	6	75	4,5	0	0	0	1	100	1
53	2	100	2	3	100	3	21	100	21	0	0	0	278	50	139	1	100	1
54	2	100	2	5	100	5	28	100	28	3	0	0	1	50	0,5	1	100	1
55	3	75	2,25	4	125	5	32	75	24	5	100	5	4	150	6	1	100	1
56	2	100	2	3	100	3	21	100	21	5	100	5	2	150	3	1	100	1
57	5	50	2,5	3	100	3	13	125	16,25	3	125	3,75	0	0	0	1	100	1
58	2	100	2	2	125	2,5	13	125	16,25	0	0	0	5	150	7,5	1	100	1
59	3	75	2,25	2	125	2,5	28	75	21	0	0	0	165	50	82,5	1	100	1
60	1	125	1,25	3	100	3	15	125	18,75	5	100	5	2	150	3	1	100	1
61	1	125	1,25	3	100	3	18	100	18	4	125	5	1	150	1,5	1	100	1
62	2	100	2	3	100	3	8	150	12	6	75	4,5	1	150	1,5	1	100	1
63	2	100	2	3	100	3	14	125	17,5	3	125	3,75	0	0	0	1	100	1
64	1	125	1,25	2	125	2,5	10	150	15	4	125	5	0	0	0	1	100	1
65	2	100	2	2	125	2,5	31	75	23,25	5	75	3,75	0	0	0	1	100	1
66	2	100	2	3	75	2,25	15	125	18,75	5	75	3,75	1	150	1,5	1	100	1
67	1	125	1,25	3	75	2,25	30	75	22,5	0	0	0	25	75	18,75	1	100	1
68	1	125	1,25	1	150	1,5	30	75	22,5	0	0	0	179	50	89,5	1	100	1

69	1	125	1,25	3	75	2,25	26	75	19,5	4	125	5	0	0	0	1	100	1
70	2	100	2	2	125	2,5	21	125	26,25	9	50	4,5	91	50	45,5	1	100	1
71	2	100	2	1	150	1,5	18	125	22,5	6	75	4,5	1	150	1,5	1	100	1
72	2	100	2	5	75	3,75	21	125	26,25	9	75	6,75	1	150	1,5	1	100	1
73	2	100	2	3	100	3	33	125	41,25	0	0	0	101	50	50,5	1	100	1
Ciclo	Core sample			Pesaje			Descargue			Tara			Otros			Despacho		
	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB
74	2	100	2	2	125	2,5	19	125	23,75	0	0	0	260	50	130	1	100	1
75	2	100	2	2	125	2,5	20	125	25	13	50	6,5	4	150	6	1	100	1
76	3	75	2,25	5	75	3,75	9	150	13,5	6	75	4,5	2	150	3	1	100	1
77	3	75	2,25	3	100	3	19	125	23,75	5	100	5	1	150	1,5	1	100	1
78	1	125	1,25	2	125	2,5	24	100	24	4	125	5	1	150	1,5	1	100	1
79	3	75	2,25	3	100	3	21	100	21	4	125	5	5	125	6,25	1	100	1
80	1	125	1,25	2	125	2,5	18	125	22,5	0	0	0	0	0	0	1	100	1
81	3	75	2,25	2	125	2,5	26	75	19,5	7	50	3,5	48	50	24	1	100	1
82	2	100	2	2	125	2,5	10	150	15	5	100	5	56	50	28	1	100	1
83	2	100	2	3	100	3	0	0	0	3	125	3,75	78	50	39	1	100	1
84	1	125	1,25	4	74	2,96	12	125	15	6	75	4,5	1	150	1,5	1	100	1
85	3	75	2,25	3	100	3	19	125	23,75	2	125	2,5	27	75	20,25	1	100	1
86	2	100	2	1	150	1,5	21	125	26,25	8	50	4	32	50	16	3	100	3
87	2	100	2	3	100	3	22	100	22	12	50	6	24	75	18	2	50	1
88	3	75	2,25	2	125	2,5	24	100	24	10	50	5	27	75	20,25	2	50	1
89	2	100	2	3	100	3	26	100	26	5	100	5	34	50	17	1	100	1
90	2	100	2	3	100	3	24	100	24	9	50	4,5	23	75	17,25	2	50	1
91	2	100	2	3	100	3	19	125	23,75	2	150	3	9	125	11,25	1	100	1
92	3	125	3,75	4	125	5	22	100	22	0	0	0	9	125	11,25	2	75	1,5
93	5	50	2,5	2	125	2,5	16	125	20	13	50	6,5	23	75	17,25	2	50	1
94	3	75	2,25	4	100	4	58	50	29	2	125	2,5	100	50	50	2	50	1

95	3	75	2,25	2	100	2	58	50	29	7	100	7	45	50	22,5	1	100	1
96	4	75	3	4	100	4	44	50	22	9	100	9	10	100	10	1	100	1
97	3	75	2,25	5	100	5	30	75	22,5	13	75	9,75	10	100	10	1	100	1
98	2	100	2	3	100	3	19	125	23,75	2	150	3	9	125	11,25	1	100	1
99	3	75	2,25	5	100	5	55	50	27,5	4	100	4	35	75	26,25	2	100	2
Ciclo	Core sample			Pesaje			Descargue			Tara			Otros			Despacho		
	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB	TR	V	TB
100	3	75	2,25	5	100	5	59	50	29,5	6	125	7,5	299	50	149,5	3	75	2,25
101	1	100	1	1	100	1	10	150	15	8	100	8	5	100	5	2	100	2
102	5	75	3,75	2	100	2	13	150	19,5	8	100	8	23	50	11,5	3	75	2,25
103	5	75	3,75	3	100	3	43	50	21,5	2	125	2,5	18	75	13,5	1	100	1
104	5	75	3,75	2	100	2	28	75	21	8	75	6	15	75	11,25	2	100	2
105	3	75	2,25	4	100	4	37	50	18,5	3	125	3,75	9	100	9	1	100	1
106	5	75	3,75	3	100	3	6	150	9	4	100	4	25	50	12,5	1	100	1
107	5	100	5	4	100	4	18	100	18	3	100	3	17	75	12,75	2		0
108	5	100	5	4	100	4	24	100	24	7	75	5,25	32	50	16	3	75	2,25
109	4	75	3	2	100	2	18	75	13,5	3	100	3	67	50	33,5	1	100	1
110	1	100	1	3	100	3	25	75	18,75	11	75	8,25	15	75	11,25	3	100	3

