



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

Propuesta de mejora del sistema de mantenimiento a las cosechadoras, en el taller RYMMA del Ingenio San Antonio, Chinandega.

**AUTORES**

Br. Hugo Alejandro Pérez León

Br. Alejandro Miguel Díaz Amador

**TUTOR**

Ing. Pietro Marcelo Silvestri Jirón

**Managua, 24 de febrero de 2021**



## **Dedicatoria**

A Dios primeramente por regalarnos la sabiduría e inteligencia necesaria para poder culminar nuestros estudios universitarios y poder así con su ayuda cumplir una de nuestras tantas metas.

A nuestros padres, pues son los que a cada momento con su amor, cariño y entrega nos dieron todo su apoyo y nos brindaron siempre los consejos y enseñanzas necesarios para cada uno de los momentos difíciles que pudimos enfrentar durante este largo camino.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, queremos dar gracias a Dios por habernos permitido realizar este trabajo, y por habernos acompañado durante todos estos años de estudio, pues sin Él no somos nada.

### **Agradecemos:**

A nuestras familias, en particular a nuestros padres, pues han sido nuestros principales pilares en cada una de las situaciones que como estudiantes hemos pasado. Sin ellos, la carga hubiera sido más difícil de llevar pues son quienes día a día nos impulsaron a seguir adelante y no darnos por vencidos.

A nuestro tutor Ing. Pietro Silvestri en quién pudimos encontrar (desde el momento que fue nuestro profesor) una persona llena de muchos conocimientos y consejos para nuestro futuro.

A nuestro asesor Msc. Marco Vinicio Sandino por ser un gran apoyo para nosotros en cada una de las dudas que le hicimos saber y por tener la paciencia y disposición necesaria en cada momento.

A cada uno de los docentes que durante todos estos años de estudio nos brindaron una educación íntegra y de calidad para nuestra formación profesional.

Muchas gracias a todos.

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo fundamental llevar a cabo una evaluación de las actividades que realizan los mecánicos de mantenimiento general a la maquinaria pesada, específicamente para las cosechadoras de Caña del Ingenio San Antonio, Chichigalpa.

Dicha maquinaria, es la más crítica dentro del proceso de cosecha, debido a que es la encargada de suplir con la demanda y la calidad de caña esperada para el proceso de fabricación de azúcar.

El diagnóstico de la situación actual de taller de mantenimiento se ha llevado a cabo a través de herramientas de Lean Service. Así mismo la parte cuantitativa del estudio, se ha realizado mediante la toma de tiempos y duración de las diferentes etapas del mantenimiento general.

En los resultados se ha podido evidenciar la existencia de desperdicio según el Mantenimiento Productivo Total (TPM) del proceso, por lo cual se propone implementar proyectos de mejora siguiendo la metodología Kaizen, con la finalidad de aumentar la eficiencia en el trabajo. Dentro de esta propuesta se plantea el establecimiento de uno de los pilares del mantenimiento como son las 5'S.

Así mismo se realizó un breve resumen de sobre los indicadores de gestión y mantenimiento más utilizados en las empresas certificadas (indicadores de clase mundial), según los cuales se propone la medición constante de estos dentro del proceso de mantenimiento.

# Índice de Contenido

---

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | INTRODUCCIÓN .....                                      | 1  |
| I.   | ANTECEDENTES .....                                      | 3  |
| II.  | JUSTIFICACIÓN .....                                     | 6  |
| III. | OBJETIVOS .....   | 8  |
| IV.  | MARCO TEÓRICO .....                                     | 9  |
| 1.   | Plan de Mantenimiento .....                             | 9  |
| 1.1  | Definición de Mantenimiento .....                       | 9  |
| 1.2  | Definición de plan de Mantenimiento basado en RCM ..... | 13 |
| 2.   | Lean Manufacturing .....                                | 15 |
| 2.1  | Definición .....  | 15 |
| 2.2  | Estructura del Sistema Lean .....                       | 16 |
| 2.3  | Desperdicio .....                                       | 18 |
| 2.4  | Herramientas Lean .....                                 | 22 |
| 3.   | Estudio del trabajo .....                               | 25 |
| 3.1  | Productividad .....                                     | 25 |
| 3.2  | Estudio del trabajo .....                               | 26 |
| 3.3  | Técnicas del Estudio del trabajo .....                  | 27 |
| V.   | DISEÑO METODOLÓGICO .....                               | 32 |
| VI.  | DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....                | 36 |
| 1.   | Cosechadoras de Caña John Deere CH570 .....             | 36 |
| 1.1  | Descripción y Funcionamiento .....                      | 36 |
| 1.2  | Circulación de la caña .....                            | 37 |
| 2.   | Análisis de la situación actual .....                   | 39 |
| 2.1  | Descripción del proceso de Mantenimiento .....          | 39 |
| 2.2  | Descripción de la jornada laboral .....                 | 50 |
| 2.3  | Gestión de Inventario de Repuestos .....                | 50 |
| 3.   | Análisis de Criticidad .....                            | 51 |
| 3.1  | Criterios de evaluación de Criticidad .....             | 51 |
| 3.2  | Matriz de criticidad .....                              | 55 |
| 3.3  | Conclusión del análisis de criticidad .....             | 56 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.    | Análisis de Indicadores .....                                      | 58  |
| 5.    | Análisis de resultados .....                                       | 60  |
| 5.1   | Análisis de entrevistas .....                                      | 60  |
| 5.2   | Análisis de desperdicios .....                                     | 61  |
| VII.  | PROPUESTA DE MEJORA .....  | 69  |
| 1.    | Elección de herramientas a utilizar.....                           | 69  |
| 2.    | Diseño de herramientas Lean .....                                  | 69  |
| 2.1   | Trabajo Estándar .....   | 69  |
| 2.2   | ANDON.....   | 72  |
| 2.3   | Plan de Implementación de 5S .....                                 | 74  |
| 2.4   | Propuesta de Gestión de Indicadores .....                          | 78  |
| 3.    | Plan de Implementación.....  | 84  |
| 3.1   | Plan de Acción.....  | 84  |
| 3.2   | Metodología Kaizen .....   | 86  |
| 3.2   | Análisis económico de la propuesta de mejora .....                 | 89  |
| VIII. | CONCLUSIONES.....  | 91  |
| IX.   | RECOMENDACIONES .....  | 93  |
| X.    | BIBLIOGRAFÍA.....  | 94  |
| XI.   | ANEXOS .....   | 95  |
|       | Anexo I: Guía de entrevistas .....                                 | 95  |
|       | Anexo II: Matriz de entrevista .....                               | 96  |
|       | Anexo III: Formato de observación .....                            | 97  |
|       | Anexo IV: Herramienta 5 ¿por qué? .....                            | 98  |
|       | Anexo V: Diagrama de espagueti .....                               | 99  |
|       | Anexo VI: Auditoría 5s .....                                       | 100 |
|       | Anexo VII: Gráfica de Pareto (Horas no productivas.....            | 102 |
|       | Anexo VIII: Telehandler o Manipulador Telescópico .....            | 103 |
|       | Anexo IX: Observaciones de Auditoría 5s .....                      | 104 |
|       | Anexo XI: Solicitud de servicio a Torno y Soldadura.....           | 106 |
|       | Anexo XII: Instrucción de trabajo para solicitud de mangueras..... | 107 |
|       | Anexo XIII: Tarjetas de mejora .....                               | 108 |

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Ponderación de los factores de la Frecuencia de Fallas .....   | 52 |
| Tabla 2. Ponderación de los factores de Tiempo Promedio para Reparar.....   | 52 |
| Tabla 3. Ponderación de los Factores de Impacto Operacional .....   | 52 |
| Tabla 4. Ponderación de los factores de Impacto en el Medio Ambiente .....  | 53 |
| Tabla 5. Ponderación de los factores de Flexibilidad Operacional .....  | 53 |
| Tabla 6. Ponderación de los factores de Facilidad para Conseguir Repuestos ....   | 54 |
| Tabla 7. Ponderación de los factores de Detectabilidad para Cosechadoras .....  | 54 |
| Tabla 8. Ponderación de los factores de Costo del Mantenimiento .....   | 55 |
| Tabla 9. Criticidad Máxima.....   | 55 |
| Tabla 10. Matriz de Criticidad.....   | 55 |
| Tabla 11. Tabla de resultados del análisis de criticidad.....   | 57 |
| Tabla 12. Tiempos totales, efectivos y desperdicios de cada cosechadora durante el proceso de mantenimiento general ..... | 63 |
| Tabla 13. Elección de herramientas Lean a aplicar .....   | 69 |
| Tabla 14. Resumen Auditoría 5s.....   | 74 |
| Tabla 15. Tiempo medio para reparar (MTTR) Período de noviembre 2019 a abril 2020.....                                    | 78 |
| Tabla 16. Tiempo medio entre falla (MTBF) Período de noviembre 2019 a abril 2020 .....                                    | 79 |
| Tabla 17. Disponibilidad Mecánica, Período de noviembre 2019 a abril 2020 .....   | 81 |
| Tabla 18. Causas principales de horas no productivas .....  | 83 |
| Tabla 19. Plan de acción para la propuesta de mejora.....   | 85 |
| Tabla 20. Gantt de implementación.....  | 88 |
| Tabla 21. Costo de oportunidad .....  | 89 |



## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013). Casa del Sistema de Producción TOYOTA.....                                     | 16 |
| Figura 2 Las 1 grandes pérdidas industriales - TPM (Mantenimiento Productivo Total).....   | 21 |
| Figura 3. (Oficina Internacional del Trabajo, 1996). Descomposición del tiempo de trabajo.....                                   | 27 |
| Figura 4. Cuadro Comparativo de procesos (Lean vs Estudio de Métodos) .....  | 28 |
| Figura 5. CH3500 harvester spanish operator's manual (Book # 675). Thibodaux, Louisiana (USA): Cameco Industries 2002. p. 2..... | 37 |
| Figura 6. Sistema auxiliar de motor, Sistema de despuntador y Sistema de cortador base.....                                      | 37 |
| Figura 7. Sistema de orugas, sistema de divisor y sistema de rodillos tumbadores .....   | 38 |
| Figura 8. Sistema de rodillos de alimentación, extractor primario y sistema de Elevador y extractor secundario.....              | 38 |
| Figura 9. Sistema de Picador .....   | 39 |
| Figura 10. Distribución de las diferentes células de trabajos del área de cosechadora .....                                      | 40 |
| Figura 11. Técnica de los 5 Por qué aplicado al desperdicio de Deficiencia en la gestión .....                                   | 67 |
| Figura 12. Técnica de los 5 Por Qué aplicada al desperdicio de Movimientos .....   | 67 |
| Figura 13. Ejemplo de Calendario .....   | 71 |
| Figura 14. Tablero de control para ordenes de trabajo en torno y soldadura.....  | 73 |

## Índice de Gráficos

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 (Duffua R. D., 2007). Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento. .... | 11 |
| Gráfico 2. VSM área de cosechadora .....   | 42 |
| Gráfico 3. Flujo de proceso de Inspección de la cosechadora.....   | 43 |
| Gráfico 4. Flujo genérico para realizar actividades de desmontaje.....   | 44 |
| Gráfico 6. Proceso básico para la reparación por soldadura .....   | 47 |
| Gráfico 7. Proceso básico para la reparación mecánica.....   | 48 |
| Gráfico 8. Diagrama de proceso de las actividades de reparación .....  | 49 |
| Gráfico 9. Diagrama de Pareto del 80 % de los tiempos de desperdicios .....  | 64 |
| Gráfico 10. Causas principales de la "Deficiencia en la gestión" con sus tiempos   | 65 |
| Gráfico 11. Causas principales de desperdicio por "Movimientos" con sus tiempos<br>.....   | 65 |
| Gráfico 12. Causas principales de desperdicio por "Procesos" con sus tiempos ..  | 66 |
| Gráfico 13. Causas principales de desperdicio por "Pequeñas paradas" con sus<br>tiempos .....                                      | 66 |
| Gráfico 14. Flujo actual, Solicitud de mangueras .....   | 71 |
| Gráfico 15. Propuesta de Diagrama de Selección .....   | 75 |
| Gráfico 16. Diagrama de Costo .....  | 90 |

## I. INTRODUCCIÓN

La concepción del mantenimiento dentro de una empresa juega un papel de suma importancia para el desarrollo idóneo de la actividad productiva, es por esto por lo que el desarrollo de sus actividades se debe hacer mediante una gestión que optimice y verifique su correcta ejecución.

Ser San Antonio (Ingenio San Antonio) es un complejo agro-energético ubicado en Chichigalpa, Nicaragua que se dedica a la producción y procesamiento de azúcar, biocombustible, alcohol, energía eléctrica, camarones y melaza. Cuenta con una capacidad instalada para procesar 20,500 toneladas de caña por día, lo que representa más de 45,800 manzanas de caña de azúcar (Comité Nacional de Productores de Azúcar, 2020).

Para lograr cada año llegar a dicha capacidad instalada, es importante tener un proceso óptimo en cada una de sus áreas y a su vez contar con alta disponibilidad de maquinarias para realizar el corte de caña en tiempo y forma. Es ahí donde entra en juego la Vicegerencia de Operaciones “Talleres RYMMA” que brinda asistencia tanto a cosechadoras como a cabezales, tractores, equipos de riego, entre otros.

La programación de trabajo anual del taller está dividida en dos etapas de seis meses, zafra y reparación, en la primera es cuando la máquina está en el campo efectuando la tarea del corte de y traslado de caña y la segunda es cuando esta misma máquina es sometida a una reparación general.

Actualmente en este taller existen nueve áreas de mantenimiento: Vehículos Livianos, Tráiler, Tractores, Lubricantes, Caterpillar, Cabezales, Equipos de Riego, Tornos y Cosechadoras.

El taller RYMMA no cuenta con un plan de mantenimiento, los procesos de mantenimiento y su planificación son realizados en base a la experiencia de los jefes de mantenimiento y en parte por la comparación con otros grandes ingenios azucareros. Sin embargo, nunca se ha realizado un estudio del proceso como un sistema, en el cual participan más de una sola área (Ruiz, 2020).

Es por esta razón que se realiza este estudio, para poder identificar los desperdicios dentro del proceso y reducirlos, lo que ayudará a la identificación y selección de un nuevo método de trabajo óptimo, que a su vez dará como resultado indicadores y metas a seguir de acuerdo con la realidad del taller de mantenimiento. Esto se realizará con la ayuda de la filosofía Lean y herramientas de estudio de trabajo como, flujogramas.

### **Pregunta de Investigación**

¿Qué acciones se deben desarrollar para mejorar el sistema de mantenimiento en el Taller del Ingenio San Antonio?

## I. ANTECEDENTES

La creciente demanda y competencia a nivel mundial en el mercado del azúcar, junto con la entrada al mundo de la automatización han hecho que los ingenios apunten a la compra y la transformación de su proceso de corte de caña, de manual a mecanizada, con el fin de aumentar la cantidad de caña cortada y disminuir el tiempo de corte.

Esto a su vez, ha traído consigo la necesidad de crear áreas encargadas de brindar el mantenimiento adecuado de cada una de estas máquinas. Estas áreas han creado sistemas y procedimientos de trabajo que han sido modificados con el paso del tiempo, siempre con el propósito de aumentar la disponibilidad de la maquinaria en el campo de cosecha.

Un sistema de mantenimiento puede verse de la manera más sencilla como un proceso que tiene una entrada y una salida, como entrada se tendrá la mano de obra, las herramientas, maquinaria, planes, etc. Y como salida se obtendrá un equipo con las condiciones necesarias para un buen funcionamiento y una alta tasa de disponibilidad.

En el trabajo titulado **“Mejoramiento de los tiempos de atención para las cosechadoras en el taller de maquinaria de un ingenio azucarero”**, presentado en el año 2014 por los estudiantes Christian Alexander Torres Urrea y Edith Angélica Benavides, se propuso un nuevo método de trabajo para el proceso de mantenimiento de cosechadoras dentro de un taller de maquinaria. Utilizando herramientas de estudio de trabajo como Cursogramas analíticos y entrevistas al personal, se logró identificar qué actividades son desperdicios para el proceso, es decir que no agregan valor, a su vez presentaron un nuevo método de trabajo el cual llegó a cumplir con lo planteado de reducir los tiempos de atención en 3 de 4 observaciones.

En el documento **“Propuesta para el mejoramiento de la planificación y organización del mantenimiento en el centro industrial Agricorp- Tipitapa”**, presentado en el año 2013 por los estudiantes Humberto René Beteta picado y Engels Alberto granados López, se presentaba a una empresa en la cual no se llevaba control de los mantenimientos por lo cual no existía algún registro histórico de fallas, esta a su vez no contaba con directrices orientadas a una eficiente planificación del mantenimiento, como resultado se presentaban las órdenes de trabajo como principal medio de retroalimentación al sistema, así mismo era de alta importancia la carga de trabajo y los estándares de tiempo y personal por cada actividad a realizar, concluye reafirmando que un buen plan de mantenimiento preventivo está siempre orientado a la prevención de fallos potenciales.

En el documento titulado **“Estudio de tiempos, costos de reparación y propuesta de mantenimiento preventivo en cosechadoras CAMECO para una empresa prestadora de servicios de alce, cosecha y transporte de caña”**, presentado en el año 2006 por el estudiante Gustavo Adolfo Flores Reyes Tamayo, comenta la importancia que tienen las cosechadoras para el proceso de producción de azúcar, así mismo se identificaron cada una de las partes de la cosechadora, utilizando herramientas de medición de tiempos, se presentaron a las 5s como una herramienta fundamental en todo proceso, obteniendo como resultado la propuesta de plan de implementación de 5s, la creación de estándares de trabajo, se propusieron rutas de inspecciones rutinaria y plan de mantenimiento preventivo en el que se pudo observar la actividad a realizar y la frecuencia.

En el escrito **“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la libertad, 2019”**, presentado en el año 2019 por el estudiante Jaime Román Rojas González, propone un estudio realizado en una empresa minera con gran pronóstico de crecimiento, a la cual se propone un plan de mantenimiento preventivo a su maquinaria, esto debido a que la disponibilidad mensual de la empresa estaba por debajo de la meta establecida. Para lograr este aumento en la disponibilidad se propuso clasificar los equipos y herramientas por su criticidad y la

creación de programas de mantenimientos e indicadores. Como resultado se obtuvo un aumento de 13.54% en la disponibilidad de las máquinas, a su vez lograron reducir las fallas y por ende reducir los costos de la empresa.

En el proyecto titulado “**Diseño de las herramientas lean service para reducir los tiempos de mantenimiento correctivo y preventivo, en el taller de la empresa COANSA del Perú Ingenieros**”, presentado en el año 2020 por la estudiante Cindy Eliana Cerdán Paz, se propuso un nuevo método de trabajo para el proceso de atención dentro del taller de mantenimiento de un ingenio. Utilizando las herramientas de Lean Service se logró identificar los mayores desperdicios y sus causas, por consiguiente, se presentó un nuevo método de trabajo con el cual se logró disminuir 871 minutos de demoras en los tiempos de mantenimiento

## II. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento preventivo es un proceso clave dentro de cualquier industria, no solo ayuda a mantener las máquinas en condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento, sino también ayuda a prevenir fallas que conlleven a realizar mantenimientos correctivos que, a su vez, incurren en altos costos de ejecución y repercuten de manera significativa en la ejecución del plan de mantenimiento.

Para que el ejercicio del mantenimiento se realice de manera eficaz debe existir una correcta planeación, lo cual implica un compromiso no sólo de la alta gerencia, sino también de todos los colaboradores del área, que conforman las entradas del sistema. Esta planeación es esencial ya que, es en esta que se determina el procedimiento a seguir, las herramientas y recursos necesarios y las metas e indicadores a alcanzar.

Si no se tiene claro estos indicadores y metas el proceso no se podría medir, ni estudiar y por ende no se podría mejorar, es por esto que existe la necesidad de realizar este proyecto en donde el estudio de todas las etapas del proceso de mantenimiento es clave para generar una propuesta de mejora; esto no se podría llevar a cabo sin la ayuda de ciertas herramientas que ya han sido probadas e implementadas con éxito en otras industrias, como Lean o herramientas de estudio del trabajo. Esta brindará información clave para la toma de decisiones y para tener una mejor visión de donde están los mayores desperdicios dentro del proceso ya que, es ahí en donde vamos a enfocar los esfuerzos de mejora.

La aplicación de esta metodología beneficiará al taller de mantenimiento en esclarecer la situación actual del taller, y lograr determinar las oportunidades de mejoras claves dentro del sistema.

Con la ejecución de este proyecto se pretende contribuir al mejoramiento de la planificación, organización y ejecución del mantenimiento, siendo esto de gran ayuda para el taller, debido a que este podrá llevar una mejor ejecución y control de las actividades planeadas, así mismo podrá obtener una lista de posibles oportunidades de mejora para posteriormente realizar un plan de acción para



trabajar en cada una de ellas, en resumen este proyecto servirá para plasmar en que parte del sistema de mantenimiento se tiene más debilidades.

Este proyecto podrá ser replicable en otras áreas de la empresa y en empresas de todo tipo, esto debido a que la filosofía Lean posee la característica peculiar de adaptarse a todo tipo de proceso, así mismo la aplicación de la metodología del Estudio de Trabajo es universal, por ende, es aplicable a cualquier tipo de organización.

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Elaborar un plan de mejora para el sistema de mantenimiento a las cosechadoras, en el taller RYMMA del Ingenio San Antonio, Chinandega

#### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el sistema actual de mantenimiento a las cosechadoras, en el taller RYMMA del Ingenio San Antonio, para la identificación de oportunidades de mejora.
- Evaluar la generación de los desperdicios en cada una de las etapas del proceso de mantenimiento a las cosechadoras.
- Elaborar Indicadores para la gestión del proceso de mantenimiento del taller.
- Proponer mejora al plan de mantenimiento de las cosechadoras del taller RYMMA del Ingenio San Antonio

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **1. Plan de Mantenimiento**

#### **1.1 Definición de Mantenimiento**

Con el paso del tiempo, las empresas industriales con el fin de alcanzar mayores índices de productividad se han visto en la obligación de automatizar sus procesos, llevando esto a la adquisición de maquinaria pesada y costosa, que con el pasar de los años requieren de mantenimientos, a corto, mediano y largo plazo; según sea su necesidad. Esto a su vez obliga a crear planes de mantenimiento que les permitan a las máquinas, y a los fabricantes como tal, mayores tiempos de disponibilidad en sus labores diarias.

Para entender lo que abarca en su totalidad un plan de mantenimiento, es indispensable mencionar y explicar una serie de términos que permitirán saber el alcance y la importancia de esta expresión. Es importante hacer referencia antes que nada al significado de lo que es en si el Mantenimiento.

(Tavares, 2000) en su libro *Administración del Mantenimiento* define el mantenimiento como “El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

Otra definición válida es la citada por (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007) quienes plantean que “El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”.

Ambas definiciones permiten entender las tareas y la misión que tiene como objetivo el mantenimiento. El principal objetivo del mantenimiento es garantizar la mayor disponibilidad y confiabilidad posible de las maquinarias, y a su vez permitir que la

vida útil de las mismas sea mayor, esto va en dependencia del tipo de mantenimiento que se realice. Otro de los objetivos principales del mantenimiento es satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa, permitiendo que el producto terminado sea de la mejor calidad y evitando que éste presente fallas en su fabricación debido a cualquier inconveniente que pueda presentar el equipo.

## **Planeación**

Existen diversos conceptos del significado de planeación, estos van en dependencia de hasta dónde se quiere llegar y en qué se va a enfocar.

(Chiavenato, 2006), en su libro *Introducción a la teoría General de la administración* la define como “la función administrativa que determina por anticipado cuáles son los objetivos que deben alcanzarse y qué debe hacerse para alcanzarlos. Se trata de un modelo teórico para la acción futura”.

Al referirse al termino de planeación en el contexto del mantenimiento, se encuentra mucha similitud con el concepto que se explica anteriormente, pues en esta etapa del plan de mantenimiento (La planeación) es donde se detallan todos los trabajos que se van a realizar en las máquinas, las tareas que cada colaborador debe efectuar, el tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo, las herramientas que se deben utilizar y el tiempo que cada labor puede llevar. Es decir, en la planeación se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007).

## **Sistema y proceso**

Como se mencionaba anteriormente, un mantenimiento requiere de una serie de actividades secuenciales y algunas en paralelo para llevarse a cabo, es decir, que un mantenimiento puede y deber ser visto como un sistema, ya que:

“Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común” (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007, p. 29).

El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelos con los sistemas de producción.

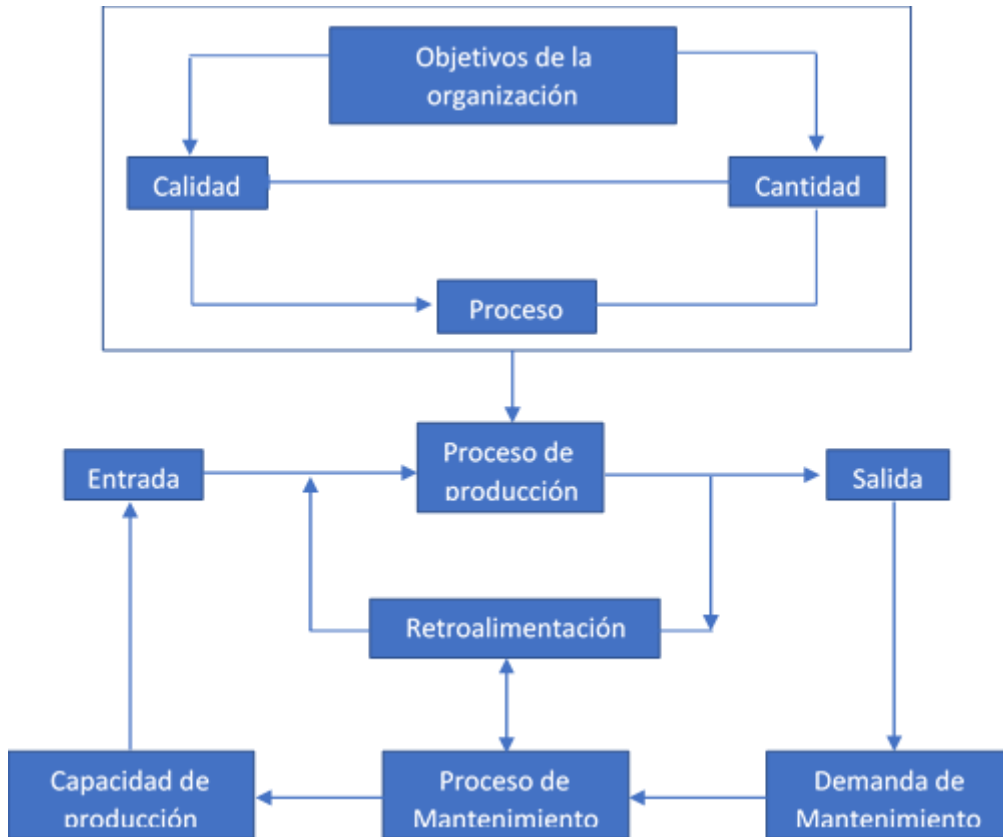


Gráfico 1. Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento. Fuente: (Duffua R. D., 2007)

Como se puede observar en el gráfico, el sistema de mantenimiento siempre va de la mano con el sistema de producción, ya que, si bien de una forma directa ambos tienen salidas distintas, el propósito en común es el mismo, el cual se enfoca en el aumento de la productividad de la empresa. Por tanto, un sistema de mantenimiento al momento de ser planeado, la planeación tiene que hacerse de la mano con el área de producción.

## **Tipos de Mantenimiento**

Una vez definidos los conceptos Mantenimiento, sus principales objetivos y el cómo se debe tratar (como un sistema), es importante diferenciar entre los diferentes tipos de mantenimientos que existen. Estos mantenimientos se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen cada uno y por problema o falla que se intenta reducir o eliminar.

(Garrido, 2003) Establece una lista de estos tipos de Mantenimiento a los cuales llama “División clásica de Tipos de Mantenimiento” y los cuales se detallan y explican a continuación:

*Mantenimiento preventivo:* Se definió como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007).

*Mantenimiento predictivo:* Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. (Garrido, 2003).

*Mantenimiento Hard time o cero horas:* Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo (Garrido, 2003).

*Mantenimiento en uso:* Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación,

reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve (Garrido, 2003).

*Mantenimiento correctivo:* Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Estos tipos de mantenimientos son una división clásica de los mantenimientos más comunes y conocidos que existen y es más que claro que la designación de cada uno de ellos va en dependencia de los objetivos que persigue cada organización y desde luego del tipo de maquinaria que se disponga. Es importante recalcar que esta clasificación de los tipos de mantenimiento no es única, ya que al pasar de los años las empresas han ido evolucionando tanto en sus maquinarias como en el mantenimiento que se les da a estas, generando así que un equipo pueda requerir la combinación de varios de estos tipos de mantenimiento a la vez.

## **1.2 Definición de plan de Mantenimiento basado en RCM**

Una vez explicados los conceptos de mantenimiento, planeación y sistemas y procesos, y luego de diferenciar entre cada uno de los tipos de mantenimiento que existen, es momento de explicar más a fondo el concepto de plan de Mantenimiento.

(Garrido, 2003) Define el plan de mantenimiento como “Un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión”.

Para que un plan de mantenimiento sea eficaz debe estar compuesto de una buena planeación, una acertada programación de cada mantenimiento que se debe realizar (esto incluye un correcto sistema de prioridades para los trabajos de mantenimiento) y desde luego una buena implementación de cada una de las tareas que se designen y programen.

Es importante recalcar que el plan de mantenimiento por muy bien diseñado que esté no garantiza que el número de averías será reducido a cero, ya que, el uso correcto de las maquinarias según las especificaciones y tareas para las que fueron diseñadas reducirá considerablemente el número de incidencia. De igual manera las condiciones laborales a las que sea sometida y el uso que el colaborador le dé a la misma, son parte del éxito de un buen plan de mantenimiento, ya que muchas veces se piensa que sólo por el hecho de centrarse en hacer un buen plan de mantenimiento, ya está garantizado que la maquina no tendrá avería alguna (Garrido, 2003).

### **Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos**

Esta etapa en el plan de mantenimiento es de gran importancia porque según la determinación de si es una falla funcional o técnica, se va a realizar el plan de trabajo para cada una de las máquinas, es decir, en base a la determinación de estas fallas, se le asignará el tipo de mantenimiento que requiere el equipo y las herramientas que se necesitaran, así como el tiempo que llevará realizarlo.

Un fallo funcional es aquel que, como su nombre lo dice, no permite al equipo realizar su función y lo vuelve inútil ante la tarea para la que fue diseñado. Cuando un equipo presenta una falla funcional, (Garrido, 2003) cita que “no tenemos más que determinar la función que cumple y definir el fallo como la anti-función, como el no cumplimiento de su función”.



“Un fallo técnico es aquel que, no impidiendo al equipo que cumpla su función, supone un funcionamiento anormal de éste” (Garrido, 2003)

Es decir, que, si bien un fallo técnico no vuelve inútil un equipo, si lo vuelve ineficiente, generando fallas en la labor para la que fue diseñado y esto a su vez puede suponer a largo o a corto plazo, daños significativos en el equipo si no se tratan de manera correcta.

Existen muchas fuentes de información para determinar si las fallas de un equipo son de tipo funcional o técnico, sin embargo, (Garrido, 2003) cita que entre las principales se pueden citar: “Histórico de averías, Personal de mantenimiento, Personal de producción y Documentación del equipo”.

## **2. Lean Manufacturing**

### **2.1 Definición**

Existen muchos conceptos entorno al significado real de este término, sin embargo, muchos de ellos varían entre sí debido a la traducción que se hace al castellano de esta terminología.

Según (Rajadell & Sánchez, 2010) Lean es “la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio”.

Otro concepto válido es el de (Matías & Idoipe, 2013) el cual dice que “Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”.

Se puede observar que ambos conceptos tienen como esencia la eliminación de todos los tipos de desperdicios que se pueden encontrar en un proceso de un sistema en específico. Es importante tener claro que Lean Manufacturing más allá de ser una metodología de ahorro de tiempos y recursos, es una filosofía de trabajo

que permite tener como base el hacer bien los procesos a la primera, y no solamente hacerlas bien, sino, que ayuda a utilizar al máximo todos los recursos disponibles, permitiendo a su vez ser más productivos.

### 2.2 Estructura del Sistema Lean

Lean como todos los sistemas, posee una estructura de trabajo que es la que permite dejar en claro cuáles son los pilares de esta filosofía, y cómo está construida.

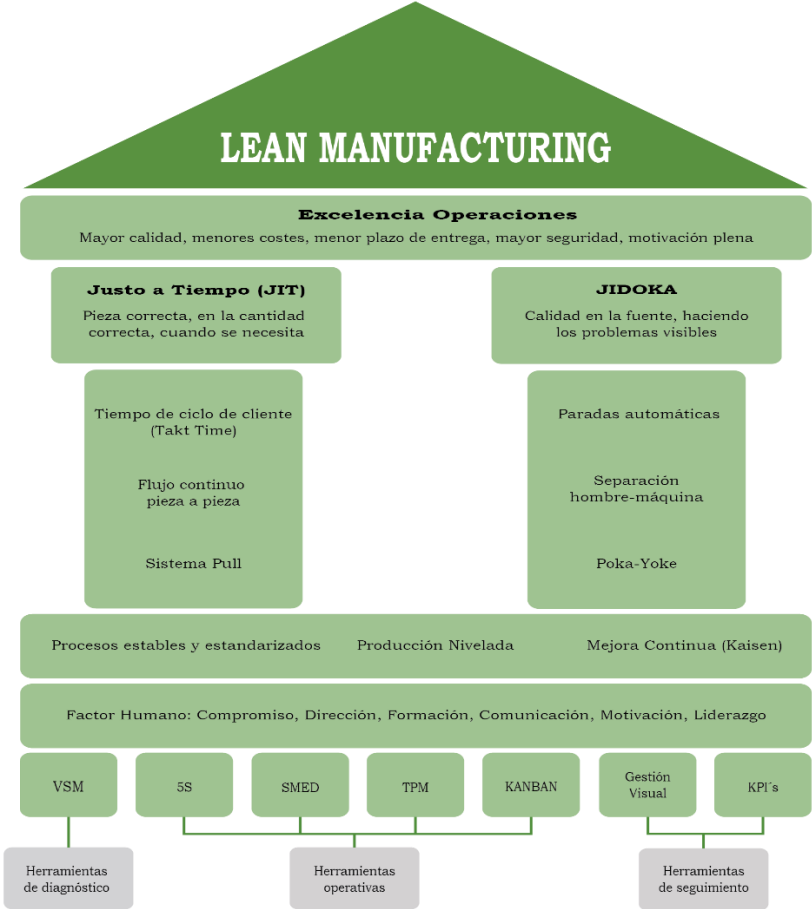


Figura 1. Casa del Sistema de Producción TOYOTA. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

La tradicional “Casa del Sistema de Producción de TOYOTA”, ha sido con el pasar de los tiempos la herramienta visual más utilizada para representar es esqueleto funcional de la filosofía Lean, en esta se pueden observar cada una de las herramientas y sus niveles de aplicación, empezando con los niveles dirigidos a conocer el proceso e identificar sus fallas, hasta terminar en un control total y continuo del proceso, con diversas herramientas disponibles.

Esta “casa” tiene como techo la meta o el objetivo al que se quiere llegar utilizando esta metodología. Ese techo está sostenido por una serie de herramientas que son las que le dan vida al sistema Lean Manufacturing y las cuáles serán explicadas más a fondo al introducirse más en el tema.

### **Modelo DIMAIC**

La metodología de Lean Manufacturing está basada en la implementación de proyectos, estos siguen una metodología preestablecida, orientada a la excelencia en los procesos, esta metodología es llamada DMAIC, por sus siglas en inglés, (Six Sigma Academy, 2002) lo define como “a set of tools outlined in five phases that are used to characterize and optimize both business and industrial processes”.

Esto se traduce en que DMAIC es un conjunto de herramientas resumidas en cinco fases que se utilizan para caracterizar y optimizar tanto los procesos comerciales como los industriales. Cada uno de los proyectos que se basen en la filosofía Lean deben completar cada una de las cinco fases en orden cronológico, las fases son las siguientes:

**Definir:** en esta fase se definen las necesidades de los clientes y se identifican los procesos y productos a mejorar.

**Medir:** en esta fase se define el rendimiento objetivo del proyecto, a su vez se presentan las entrada y salidas del proceso y se validan los sistemas de medición.

**Analizar:** la fase de análisis utiliza datos para establecer las entradas clave del proceso que afectan las salidas del proceso.

**Implementar:** se identifica las mejoras para optimizar los resultados y eliminar / reducir defectos y variaciones.

**Controlar:** la fase de Control documenta, monitorea y asigna responsabilidad para mantener las ganancias obtenidas por las mejoras del proceso.

## 2.3 Desperdicio

A lo largo de esta sección se ha hablado acerca de que Lean Manufacturing se enfoca en la reducción de tiempos, costos, etc., mediante la ubicación, clasificación y reducción de desperdicios, pero ¿Qué es un desperdicio?

La manera más sencilla de definir un desperdicio según (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) es decir que son “todas aquellas actividades que no generan o añaden valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo”. Ahora bien, es importante diferenciar entre desperdicio (actividades que no generan valor) y aquellas actividades que, si bien no agregan valor al producto, son necesarias en el proceso de elaboración; dichas actividades deberán asumirse ya que no pueden ser eliminadas.

Para poder identificar un desperdicio se deben hacer las siguientes preguntas, ¿Transforma la materia prima? ¿El cliente está dispuesto a pagar por eso? ¿Es un reproceso? Las respuestas a una actividad que no es un desperdicio tendrían que ser: Si, si, no, respectivamente, de lo contrario la actividad o proceso es un desperdicio y se debe buscar la forma de eliminarlo o disminuir el tiempo o recursos utilizados dependiendo el caso o naturaleza del proceso.

### **Tipos de desperdicios**

Si bien se tiene claro de qué es un desperdicio, es importante saber diferenciar qué tipo de desperdicio es el que está afectando el proceso, ya que esto será de ayuda en el proceso de elegir cuál será la herramienta adecuada para atacar este

desperdicio y de esa manera se lograrán mejores resultados en las mejoras que se quieran realizar.

En el libro, Lean Manufacturing – La evidencia de una necesidad, (Rajadell & Sánchez, 2010) brinda una excelente definición de cada uno de los desperdicios principales de lean, estos se presentan a continuación.

**Almacenamiento:** “es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas”. El hecho de que se acumule materia tanto en líneas de producción como en almacenes siempre es indicio de que algo no anda bien, ya sea porque la producción está teniendo errores en su continuidad, lo que abre paso a la teoría de restricciones o bien por que el almacén está teniendo problemas que posiblemente están ocultos y no logran resolverse

**Sobreproducción:** “es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria”. La sobreproducción es un problema muy común en muchas de las industrias, ambos tipos de esta, elaborar más de la cuenta siempre va a ser un gasto innecesario de materiales y tiempo, no debe existir la frase de “elaborar más por si acaso”, al mismo tiempo muchas compañías insisten en comprar maquinaria con una capacidad excesiva, esto trae consecuencias fatales en los procesos debido a que esta maquinaria tendrá tiempo y capacidad ociosa lo que a su vez se transforma en dinero perdido.

**Tiempo de espera:** “es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente”. Este desperdicio es de los más sencillos de identificar y de los más difícil de erradicar, esto debido a las múltiples causas por las cuales se puede presentar, en una línea de producción si un operario este detenido, puede ser porque su rendimiento es superior al que esta antes de él o porque el proceso tiene algún fallo el cual brinda oportunidad para que esto ocurra.

**Transporte y movimientos innecesarios:** “el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario”. Este desperdicio es bastante simple, las

máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.

**Defectos:** “No conformidades acerca de la calidad esperada de un producto o servicio”. Este es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Según Lean los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales.

**Sobrepromoción:** “es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles” por ejemplo: verificaciones adicionales, aplicaciones innecesarias de pintura, algunos trabajos de limpieza, etc. El objetivo de un proceso productivo debería ser obtener el producto acabado sin aplicar más tiempo y esfuerzo que el requerido.

Las definiciones anteriores dejan claro que existen desperdicios que en muchas ocasiones no se consideran como tal, y que por no considerarse como desperdicios no se les da el seguimiento que necesitan y es precisamente en esos casos cuando la empresa aumenta en sus costos debido a una baja productividad o bien deja de percibir ganancias por no aprovechar al máximo los recursos que posee.

También se considera como un desperdicio el no distribuir bien las tareas a los empleados según su capacidad o destreza, es decir, no designarle al colaborador que es por ejemplo bueno a redactar informes y actas, y delegarle otra tarea que quizás no va a desarrollar con la misma rapidez y calidad que las ya antes mencionada. Por tal razón, como se ha venido mencionando anteriormente, es necesario aplicar la metodología Lean en las organizaciones, para que esta pueda ayudar a diferenciar cada tipo de desperdicio que existe en el proceso.

Aparte de los desperdicios que se mencionaron con anterioridad, (Verzini, s.f.) en un artículo escrito en la página oficial de ActionGroup, menciona que “El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) ofrece un listado de 16 Grandes Pérdidas Industriales que son independientes del sector o tamaño de las compañías” y sería interesante, para una comprensión más a fondo, hacer una comparativa con los ya mencionados desperdicios Lean.

En el siguiente cuadro se muestran cada una de estas pérdidas citadas por (Verzini, s.f.) en su artículo:

| <b>PÉRDIDAS QUE IMPIDEN LA EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPAMENTOS</b>               |
|--|
| <b>Paradas planificadas</b>  |
| 1. Pérdidas por paradas planificadas   |
| 2. Pérdidas por cambio de producto   |
| <b>Paradas no planificadas</b>   |
| 3. Pérdidas por averías en equipamientos                                     |
| 4. Pérdidas en los procesos  |
| 5. Pérdidas por ajustes y puesta a punto                                     |
| 6. Pérdidas por pequeñas paradas   |
| 7. Pérdidas por velocidad reducida   |
| 8. Pérdidas por fabricación de productos defectuosos y/o retrabajo           |
| <b>PÉRDIDAS QUE IMPIDEN LA EFECTIVIDAD DEL TRABAJO HUMANO</b>                |
| 9. Pérdidas por deficiencias en la gestión                                   |
| 10. Pérdidas por movimientos   |
| 11. Pérdidas por organización ineficiente en la línea de producción          |
| 12. Pérdidas por falta de sistemas automáticos. Deficiencias logísticas      |
| 13. Pérdidas por mediciones, controles y ajustes excesivos                   |
| <b>PÉRDIDAS QUE IMPIDEN EL USO EFECTIVO DE LOS RECURSOS DE LA PRODUCCIÓN</b> |
| 14. Pérdidas por energía   |
| 15. Pérdidas por rendimiento de materiales productivos                       |
| 16. Pérdidas por rendimiento de materiales accesorios                        |

*Figura 2 Las 16 grandes pérdidas industriales - TPM (Mantenimiento Productivo Total)*

Al momento de comparar estas pérdidas con los desperdicios Lean, se puede observar que las 16 pérdidas que El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas

(JIPM) propone, son más detalladas y explicativas, sin embargo, se resumen en pérdidas de tiempo, espera, movimientos y también explica (al igual que los desperdicios Lean) cómo el factor humano afecta en la productividad de la empresa al momento de manipular la maquinaria y también desde el punto de la organización.

Se puede llegar a la conclusión de que los desperdicios Lean al momento de aplicarlos en el área de talleres y mantenimiento no están largo de lo propuesto por una de las metodologías más aplicadas en esta área como es la técnica del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Por tal razón, como se ha venido mencionando anteriormente, es necesario aplicar la metodología Lean en las organizaciones, para que esta pueda ayudar a diferenciar cada tipo de desperdicio que existe en el proceso.

## **2.4 Herramientas Lean**

Para erradicar todos los desperdicios que ya antes se han mencionado y explicado a detalle, es necesario contar con herramientas óptimas para cada una de las problemáticas que se presenten. Es por eso que Lean ofrece un sin número de herramientas útiles para tales necesidades, herramientas de las cuales se puede disponer siempre y cuando se haga de la mejor manera y con el conocimiento necesario de cada una de ellas, ya que, de no saber bien para que se puede y debe usar cada una de estas herramientas, se puede caer en el error de utilizar las equivocadas según el desperdicio a atacar.

A continuación, se explicarán algunas de estas herramientas, las cuales son parte del pilar de esta metodología.

### **Mejora continua y Kaizen**

Según (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZENbueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la base fundamental de todo proceso de mejora, esta indica que el único agente que va a hacer que un proceso completo cambie es la mentalidad del personal a cargo de la labor, esta mentalidad siempre tiene que está



abierta a los cambios a los cambios continuos en todos los procesos, es una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”.

### **Just inTime (JIT)**

Es una herramienta bastante complicada de implementar, pero que a su vez trae muchos beneficios (Rajadell & Sánchez, 2010) explica que, “el JIT pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso, esto quiere decir que se dice que un proceso productivo funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas”.

El periodo de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (lead time), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Este es el tiempo de que dispone el cliente para planificar sus compras y lógicamente éste estará más satisfecho cuanto menor y más fiable sea el plazo de entrega.

(Rother & Shook, 1999)

Para llegar a este punto de tener un proceso tan equilibrado y bien balanceado, con la capacidad de hacer un producto siempre en el mismo lead time se requiere no solo del esfuerzo del equipo, sino también haber implementado otras herramientas Lean que están en las bases de la “casa” antes mencionada.

### **VSM (Value Stream Mapping)**

Esta es sino la primera, una de las primeras herramientas de diagnóstico a utilizar al iniciar con el análisis de a fondo y el conocimiento del proceso que se va a estudiar, (Rother & Shook, 1999) define una cadena de valor como “All the actions currently required to bring a product through the main flows essential to every product”, la traducción al español sería: “todas las acciones requeridas para llevar un producto a través de los flujos principales esenciales para cada producto”.

El VSM trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio). Este arduo trabajo de conocer a detalle el proceso va a permitir identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes

## **KANBAN**

Esta es una herramienta operativa que, al igual que el VSM, es de las primeras y principales en toda implementación del sistema de Lean Manufacturing (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) la denominan como “un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas, en japonés kankan, aunque pueden ser otro tipo de señales”.

En general, consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y éstos con la línea de montaje final.

## **Las 5S**

Esta herramienta data de los orígenes de la Filosofía Lean hacia 1980, ha sido ampliamente aplicado en muchas empresas industriales y de servicios, siendo esta última en donde se encuentran las mayores posibilidades de mejora y beneficios.

Esta es conceptualizada según (Rajadell & Sánchez, 2010) como “un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos”.

Los principios básicos de las 5s se resumen en cinco pasos o fases, seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, que significa respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.

Anteriormente se hacía referencia al VSM como una de las principales herramientas de diagnóstico, pues 5s es la herramienta principal en todo proceso de implementación Lean, esto tiene una lógica muy sencilla detrás, no se puede iniciar a mejor un proceso sin haber limpiado antes el área de trabajo.

A medida que se vaya implementando esta herramienta, los desperdicios van saliendo a la luz, se hace más evidente la falta de herramientas o la mala colocación de estas, también se empiezan a crear estándares de limpieza y orden que a los cuales se tendrá que realizar controles visuales y constantes auditorias. En fin, las 5s es no solo una herramienta Lean para la gestión de proceso, sino que además es la herramienta de iniciación a la filosofía Lean.

### **3. Estudio del trabajo**

#### **3.1 Productividad**

No se podría entrar a tocar temas de estudio del trabajo sin antes mencionar y entender el concepto de productividad, sin embargo, ha existido un debate histórico acerca de cuál es el concepto adecuado para definirla.

(García Criollo) lo define como “el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados” (s.f).

Otro concepto válido es el de (Oficina Internacional del Trabajo, 1996) donde se conceptualiza la productividad como la relación entre producción e insumo.

Ambos conceptos se complementan entre sí debido a que, una manera de medir el rendimiento de los recursos es evaluando la relación que existe entre la materia prima y el producto terminado, esto se puede expresar en función de muchas cosas, las más comunes y las que generan un impacto significativo en las empresas son el tiempo y el dinero.

Para la mejor comprensión de este concepto se plantea el siguiente ejemplo.

El indicador principal en el taller de mantenimiento es la disponibilidad, en torno a esta gira todo el funcionamiento del taller. Según (Real Academia Española, 2020)

disponibilidad es “cualidad de disponible y disponible significa que se puede disponer libremente de ella o que está lista para utilizarse o usarse”.

Es decir, un equipo está disponible cuando este se encuentra en las condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento y esta se mide de la siguiente manera:

*Fórmula N°1: Disponibilidad*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales}}{\text{Horas de operación}}$$

Ahora ¿Cómo se relaciona la disponibilidad con la productividad? Según (Oficina Internacional del Trabajo, 1996) “la producción en una empresa de servicios se define normalmente en términos de servicios prestados”. En el caso del taller de mantenimiento estos servicios son las reparaciones o mantenimientos brindados a las cosechadoras y su productividad está orientada a la satisfacción de los clientes y por ende la satisfacción de los clientes está directamente vinculada a la disponibilidad que presente la maquinaria.

### **3.2 Estudio del trabajo**

La productividad es el centro de atención de todos los directores de empresa, estos se enfocan siempre en mantener o aumentar la productividad de su proceso y una de las herramientas claves para lograr esto es el estudio del trabajo.

La (Oficina Internacional del Trabajo, 1996) lo define como:

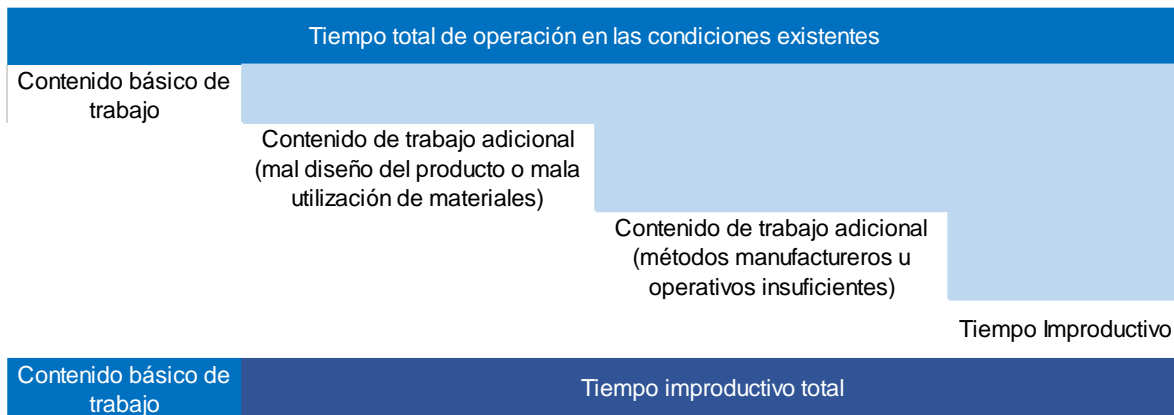
“El examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando”.

Por ende, el objetivo principal del estudio del trabajo es conocer el proceso e identificar el trabajo innecesario para luego proponer un nuevo método de trabajo y un tiempo normal de producción, que venga a disminuir el tiempo total de operación

en un porcentaje, que a su vez se verá reflejado de manera inversa en la productividad.

## El Tiempo

Para entender de mejor manera el estudio del trabajo y su enfoque en la reducción de tiempos se tiene que entender primero cómo se descompone el tiempo de trabajo dentro de un proceso.



*Figura 3. Descomposición del tiempo de trabajo. Fuente: (Oficina Internacional del Trabajo, 1996)*

### 3.3 Técnicas del Estudio del trabajo

En lo que corresponde al “estudio del trabajo” existen técnicas en especial el estudio de método y la medición del trabajo, a continuación, se procederá al estudio de cada una de estas técnicas.

#### Estudio de Métodos

La OIT (Oficina Internacional del Trabajo, 1996) lo define como “el registro y examen crítico sistemático de los modos de realización de actividades, con el fin de efectuar mejoras”.

En este apartado cabe mencionar la similitud y no por coincidencia, entre el estudio de métodos y la metodología de solución de problemas de Lean Manufacturing, en

donde se puede observar que ambas están enfocadas en efectuar mejoras a la metodología del trabajo, ambas desde un punto de vista diferente que a su vez se vuelve muy similar.

Esta similitud se vuelve aún más grande cuando se evalúan el procedimiento básico del estudio del trabajo y se compara con la metodología DMAIC propuesta por Lean.

El procedimiento básico del estudio del trabajo según la OIT es el siguiente:

1. Seleccionar el trabajo.
2. Registrar o recolectar datos relevantes del trabajo.
3. Examinar los hechos registrados.
4. Establecer un método más económico.
5. Evaluar el nuevo método.
6. Definir el nuevo método con sus tiempos correspondientes.
7. Implantar el nuevo método y controlar.

| Estudio de Métodos                 | Lean Manufacturing         |
|------------------------------------|----------------------------|
| Seleccionar el trabajo             | Definir el problema        |
| Registrar datos relevantes         | Medir o evaluar el proceso |
| Examinar los hechos registrados    | Analizar                   |
| Establecer un método más económico |                            |
| Evaluar el nuevo método            |                            |
| Definir el nuevo método            | Implementar                |
| Implantar el nuevo método          |                            |
|                                    | Controlar                  |

*Figura 4. Cuadro Comparativo de procesos (Lean vs Estudio de Métodos). Fuente: Elaboración propia.*

Se puede observar que la similitud es bastante significativa y el único paso en cual no es similar o discrepa de Lean con el estudio de métodos es la etapa de controlar, lo cual lleva al concepto antes mencionado del ciclo de mejora continua y Kaizen.

Esta técnica, el estudio de métodos, se sirve de muchas herramientas para la interpretación, entendimiento y posterior análisis de los procesos, una de ellas son los diagramas de proceso.

Según (García Criollo) los diagramas “son una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándose mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza”.

Ahora bien, un proceso está lleno de diferentes actividades con diferentes propósitos, los cuales hay que identificarlos por separados, es aquí donde nace la necesidad de clasificar las actividades del proceso según su naturaleza, (García Criollo) propone la siguiente clasificación:

- Operación: Son todas aquellas actividades que le agregan valor al producto, es decir actividades que transforman la materia prima, se representan con el siguiente símbolo:



- Transporte: Es toda aquella acción que mueva el objeto de estudio de una posición inicial a otra, se representa de la siguiente forma:



- Inspección: Estos son todos aquellos puntos de control de calidad en el proceso, esta es representada con el siguiente símbolo:

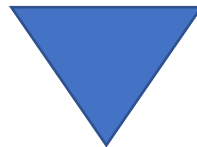


- Demora: Es cuando la acción que acontece a continuación en el proceso no se tiene o no se puede hacer de manera inmediata, estas demoras pueden

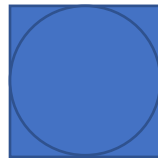
se pueden evitar en algunos casos y en otros no, de acuerdo con la lógica del proceso y se representan de la siguiente manera:



- Almacenaje: es toda acción que protege o guarda el objeto de estudio para que este no pueda ser transformado ni trasladado, se representa con el siguiente símbolo:



- Actividad Combinada: se utilizan cuando se desea representar que en el proceso se realizan dos actividades al mismo tiempo por el mismo operador o maquinaria y se representan de la siguiente manera.



## Medición del Trabajo

Otras de las herramientas claves dentro del estudio del trabajo es la medición del trabajo en sí, este es conceptualizado por (García Criollo) como “un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida” (s.f.).

Esta técnica para el estudio del trabajo está orientada, como lo dice su concepto, a proporcionar estándares de tiempo que luego sirvan para generar indicadores de procesos, siempre orientada a aumentar la eficiencia de estos.

Cabe recalcar que es una técnica que utiliza a los trabajadores calificados para realizar una acción, esto con el fin de trabajar con el mejor caso escenario, el cual



brindará una un tiempo estándar meta con el cual se puedan realizar campañas de premiación y planes de incentivos para el colaborador.

Se puede apreciar que estas técnicas de estudio del trabajo están siempre orientadas a la disminución de tiempo, enmarcando el tiempo como principal agente de cambio en las empresas, esta es otra similitud entre el estudio del trabajo y la filosofía Lean Manufacturing, ambas concentran sus esfuerzos en la disminución de tiempo, lo cual luego se transforma en dinero para las empresas.

El resultado de esta medición del trabajo es el tiempo estándar de trabaja, como se mencionó anteriormente, este según (García Criollo) se puede definir como “el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee las habilidades requeridas, que desarrolla una velocidad normal y que puede mantener días tras días sin presentar fatiga”.

Ahora bien, existen métodos para poder calcular el tiempo estándar de trabajo y la utilización de estos va a depender de del tipo de proceso que se quiere medir, estos métodos son los siguientes:

- Por estimación de datos históricos
- Estudio de tiempos con cronometro
- Por descomposición en micro movimientos de tiempos predeterminados
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo)
- Dato estándar y fórmulas de tiempo

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

### Tipo de estudio

El enfoque de la presente investigación es de tipo **Cuasi experimental** ya que según (Montes, 2014) “Los diseños cuasiexperimentales se utilizan cuando se conoce la existencia de variables extrañas” es decir cuando no se tiene total dominio de todas las variables que pueden generar un efecto de una causa que se manipula.

De igual manera, la presente investigación es de tipo **transversal**, ya que los datos se recopilaron y analizaron en el período junio-noviembre 2020. Este es el tiempo en el que las cosechadoras entran al taller para un proceso de reparación y mantenimiento general.

Los datos de la investigación se trabajaron con un enfoque **Mixto**, es decir que son **cualitativos** y **cuantitativos** debido a que se estudiaron los diagramas de flujo de procesos de la empresa en la cual se midió el impacto del tiempo en cada una de las etapas del proceso. También se analizó el impacto del factor humano en el proceso, es decir, la manera en la que los colaboradores realizan cada de una de sus labores.

### Área de estudio

El presente estudio se realizó en el taller de Reparación y Mantenimiento de Maquinaria Agrícola del Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Chinandega; esto debido a la necesidad de mantener una alta disponibilidad en las cosechadoras, ya que de ellas depende el corte de caña, y de este proceso de corte dependen todos los demás procesos de la empresa.

### Población y Muestra

Actualmente el taller de Reparación y Mantenimiento de Maquinaria Agrícola del Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Chinandega cuenta con nueve áreas las cuales son:

- Vehículos livianos
- Tráiler
- Tractores
- Lubricantes
- Caterpillar
- Cabezales
- Equipos de riego
- Tornos
- Cosechadoras

Sin embargo, el presente estudio se realizó en el área de cosechadoras que cuenta con 24 cosechadoras de caña marca John Deere

A su vez el área de cosechadora cuenta con 83 trabajadores; 3 supervisores, 80 mecánicos y un jefe de área. Las entrevistas y grupos focales se realizaron solamente con dos supervisores y tres mecánicos (los más experimentados).

### **Métodos de Investigación**

La **técnica documental** se utilizó para la recolección de evidencias físicas: revistas, estudios realizados anteriormente, registros, información estadística, y todos aquellos documentos que contengan la situación actual de la empresa.

La **observación** fue necesaria para determinar los posibles fallos que pueden existir en el proceso y los cuales justificaron la razón de ser de esta investigación.

El **método de análisis** De igual manera fue de gran utilidad para procesar la información que se haya obtenido tanto de la observación como de la técnica documental y poder así analizar más a fondo las causas de los problemas que se pueden presentar en el flujo del proceso.

## **Fuentes de Información**

### **Fuentes Primarias**

Como fuente primaria se tiene el sistema actual de trabajo, que incluye los procedimientos y planes de mantenimientos establecidos.

### **Fuentes Secundarias**

Dentro de las fuentes secundarias se consideró la documentación encontrada acerca de soluciones similares a procedimientos equivalentes, así mismo los resultados del estudio de tiempo que se realizó, al proceso y también la comparación de indicadores con otros talleres de mantenimiento que poseen un sistema similar.

## **Técnicas e Instrumentos de recopilación de datos**

### **Técnicas de recopilación de datos:**

Se aplicaron **entrevistas semiestructurada** y de carácter cualitativo, es decir la entrevista se adecuaron a las respuestas del entrevistado, así la persona entrevistada tuvo mayor libertad y el entrevistador solamente dirigió el orden lógico del discurso. Así mismo, se utilizó la **observación** directa del proceso para la cual se hizo uso de una lista de observación de los procesos establecidos.

También se realizaron **grupos focales** conformados técnicos y supervisores, con el fin de recolectar información que ayude a realizar el análisis de la situación actual del taller y por ende a una mejor comprensión de las oportunidades de mejora.

A su vez se implementaron las técnicas de **fichas de resumen** y **mapas mentales** para entender el funcionamiento de sistemas de mantenimiento aplicados a procesos similares.

También se usarán **instrumentos de medición de tiempo** para determinar tiempos dentro del proceso, esta información se recopilará en tablas con fuente de elaboración propia.

## **Plan de Ejecución de la Investigación**

La presente investigación se realizó siguiendo los siguientes pasos.

- Primeramente, se desarrolló un diagnóstico de la situación actual del proceso mediante diagramas de cadenas de valor en donde se identificaron las etapas por las que pasa el proceso.
- Se aplicó entrevista al jefe del área, con la cual se pretendía obtener una mayor comprensión de la problemática a tratar.
- Seguido se realizó un análisis de equipos críticos dentro del área de mantenimiento de cosechadoras, obteniendo así información que permitirá determinar el foco de atención del presente estudio.
- A continuación, se procedió a medir el tiempo de reparación de las fallas encontradas en la muestra de estudio, con el cual se realizó un análisis de tiempo que derive en diagramas de flujo del proceso.
- Se elaboró un análisis de indicadores del proceso, comparándolos con indicadores universales de mantenimiento y con indicadores de procesos similares en otras empresas.
- Con la información de los puntos anteriores se elaboró la propuesta de mejora al sistema de mantenimiento, acompañada con el presupuesto de implementación.

## **VI. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **1. Cosechadoras de Caña John Deere CH570**

#### **1.1 Descripción y Funcionamiento**

La maquinaria para cosecha mecánica de caña de azúcar, que se utiliza en la empresa, es fabricada en Brasil. El funcionamiento de estas consiste en recolectar la caña y hacerla circular a través de la máquina, siguiendo los siguientes pasos:

Los tambores colectores del despuntador inducen la caña hacia el disco cortador de puntas localizado entre los dos tambores colectores. Los divisores de cosecha se encargan de apartar la caña que se va a cortar, de la línea contigua sin importar que la caña este erecta o caída. El rodillo tumbador superior empuja la caña hacia adelante y abajo pasándola al rodillo tumbador inferior, el cual la alinea y la induce a los discos del cortador base. Estos, como su nombre lo indica, cortan la caña en su base. El rodillo pateador, que es el siguiente en línea, impulsa la caña de azúcar hacia los rodillos alimentadores, los cuales regulan la velocidad de la caña dentro de la máquina, regulando así el largo del canuto o esqueje a cortarse en los rodillos picadores (el largo del canuto variará entre 5" y 10"). Los rodillos picadores dan un corte limpio y uniforme a la caña, utilizando cuchillas opuestas para el corte y lanzando los canutos a la canasta del elevador.

Durante el proceso de picado y lanzado de los canutos a la canasta del elevador, ocurre un paso más: el extractor primario, que varía sus RPM de acuerdo con la densidad y variedad de la caña, extrae todas las hojas y tierra de la caña que salió del picador, arrojándolas fuera de la máquina, antes de que caiga la caña a la canasta del elevador. La caña picada y limpia es transportada por el elevador para ser depositada en volteador el cual la lleva hacia la carreta transportadora, que la espera en el otro extremo. Mientras la caña es lanzada al transporte, hay un último paso de limpieza que es el extractor secundario; este le extrae lo poco que queda de hojas y tierra. Se puede controlar el giro de la capota de este extractor, que

permite dirigir la basura hacia cualquier punto a 360°, garantizando que lo expulsado no retorne al transporte ni a la máquina.

## 1.2 Circulación de la caña

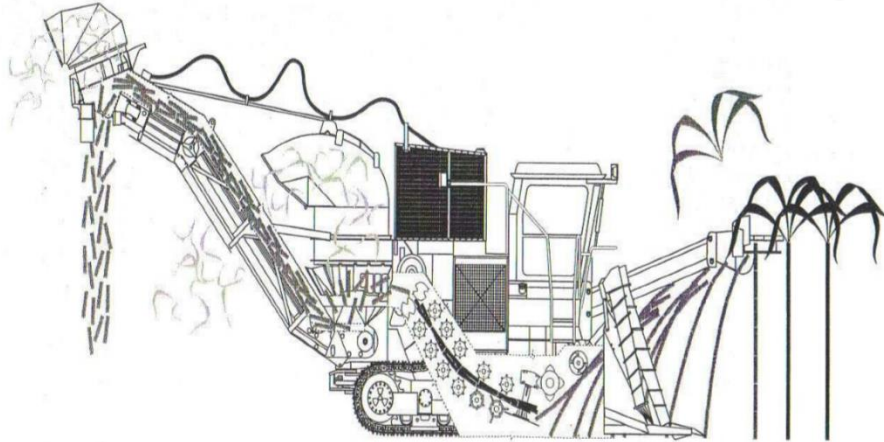
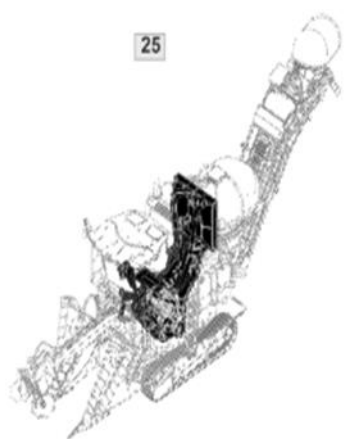
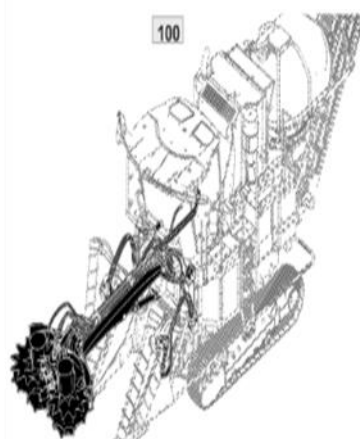


Figura 5. CH3500 harvester spanish operator's manual (Book # 675). Thibodaux, Louisiana (USA): Cameco Industries 2002. p. 2

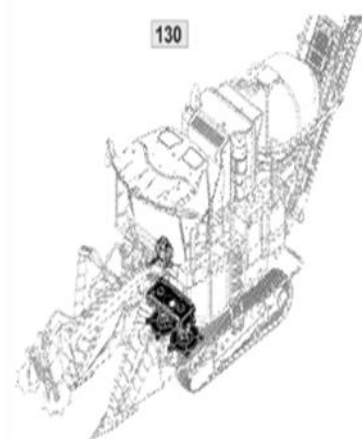
### a. Ubicación de los sistemas principales de la cosechadora de caña John Deere CH570



Sistema Auxiliar de Motor [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>



Sistema de Despuntador [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>



Sistema de Cortador Base [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>

Figura 6. Sistema auxiliar de motor, Sistema de despuntador y Sistema de cortador base.



Sistema de Orugas [Figura].  
Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>

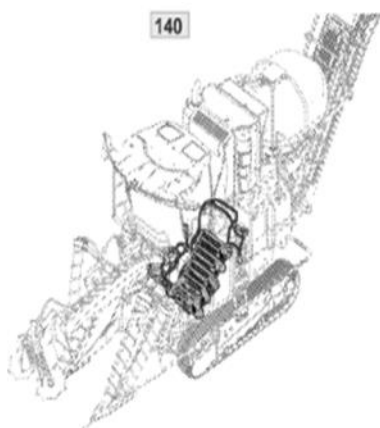


Sistema del Divisor de Cosecha [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>



Sistema de Rodillos Tumbadores [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>

*Figura 7. Sistema de orugas, sistema de divisor y sistema de rodillos tumbadores*



Sistema de Rodillos de Alimentación [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>



Extractor Primario [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>



Sistema de Elevador y Extractor Secundario [Figura]. Recuperado de <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>

*Figura 8. Sistema de rodillos de alimentación, extractor primario y sistema de Elevador y extractor secundario.*





Sistema del Picador[Figura].  
Recuperado de  
<https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/142149>

*Figura 9. Sistema de Picador*

## **2. Análisis de la situación actual**

### **2.1 Descripción del proceso de Mantenimiento**

En el taller de mantenimiento de maquinaria se realizan diferentes tipos de mantenimientos a las cosechadoras, estos son: Preventivo, Correctivo y General. En el presente documento se estará estudiando el mantenimiento general aplicado a las cosechadoras de caña marca John Deere, modelo CH750.

El área de Cosechadoras, que es la encargada de realizar este mantenimiento, cuenta con dieciséis células de trabajo conformadas por dos mecánicos y dos soldadores, así mismo cuenta con células especializadas en Hidráulica, Eléctrica y Enderezado y Pintura, que brindan mantenimiento a toda la flota de cosechadoras que estén en reparación. Debido a la naturaleza de proceso tomaremos estas cuadrillas especializadas como trabajos externos similares al servicio brindado por el área de tornos.

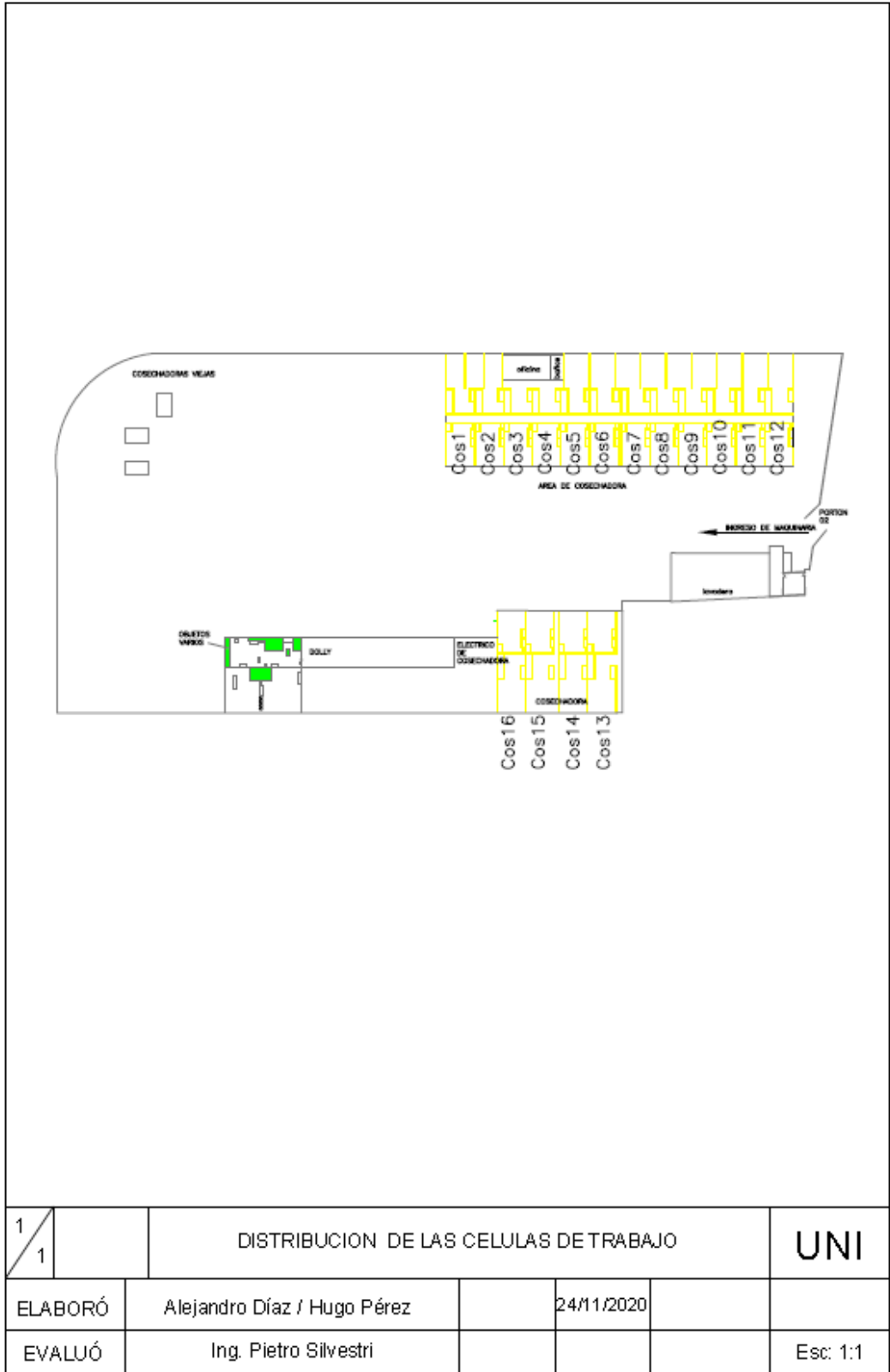


Figura 10. Distribución de las diferentes células de trabajos del área de cosechadora. Fuente: Elaboración propia

La existencia de 16 células de trabajo, es un punto importante a remarcar, ya que esto indica que el taller de mantenimiento de cosechadora cuenta con una capacidad para atender a 16 cosechadoras al mismo tiempo, es decir el mantenimiento se divide en dos bloques, el bloque A de 16 cosechadoras y el bloque B de 7, las células de trabajo que quedan libres en el bloque B, empiezan con el mantenimiento de otro tipo de equipos (no definidos dentro del alcance de este proyecto).

A fin de una mejor comprensión del proceso, se realizó un Mapa de valor actual en donde se pueden identificar el flujo de materiales y el flujo de información dentro del proceso de mantenimiento general de las cosechadoras.

Básicamente, el proceso está dividido en cuatro fases: Inspección Inicial (Inspectoría), Desmontaje o Desarme, Reparación, Armado y Pruebas. A continuación, se explicará en que consiste cada uno de estos procesos.

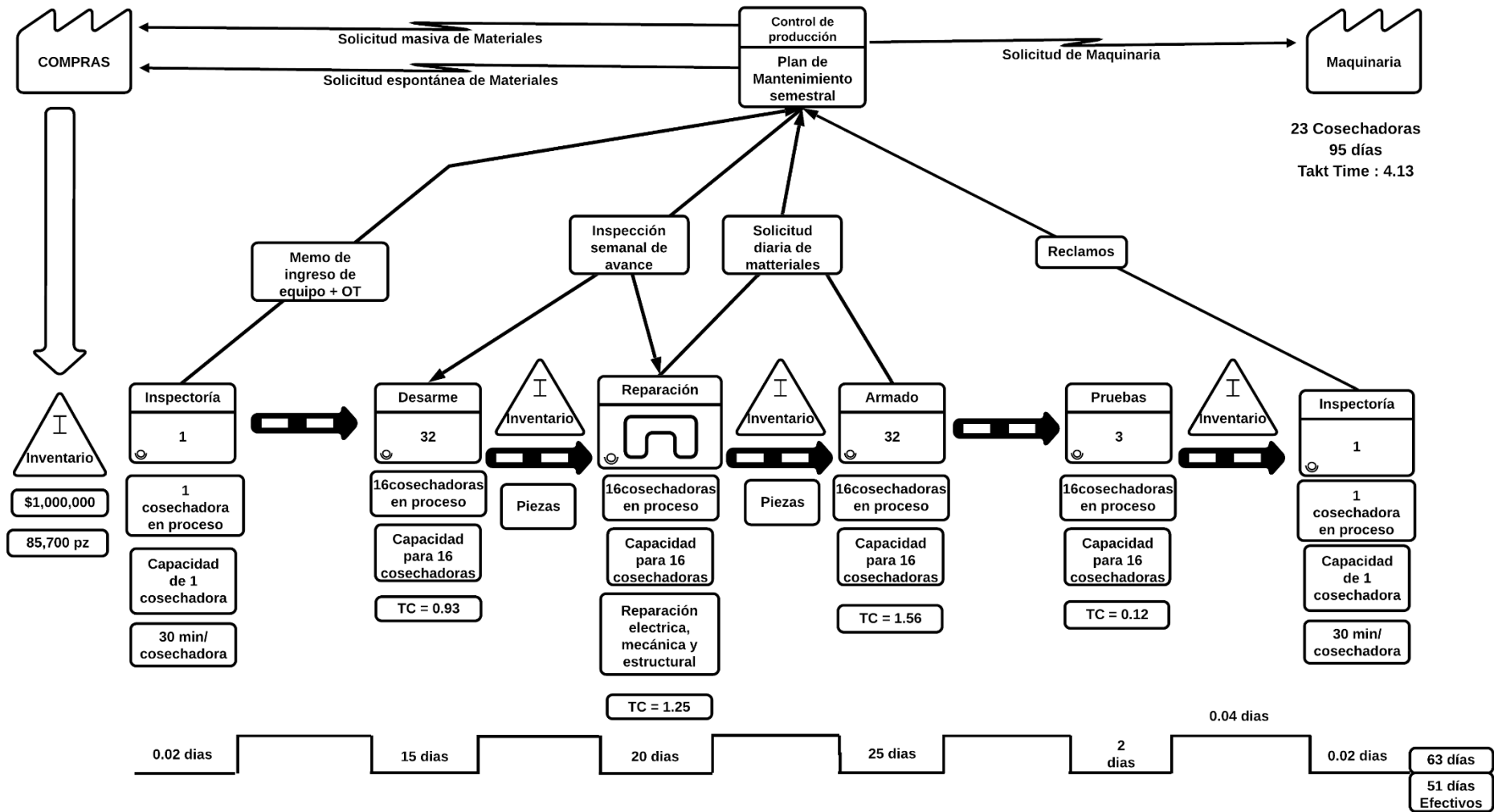
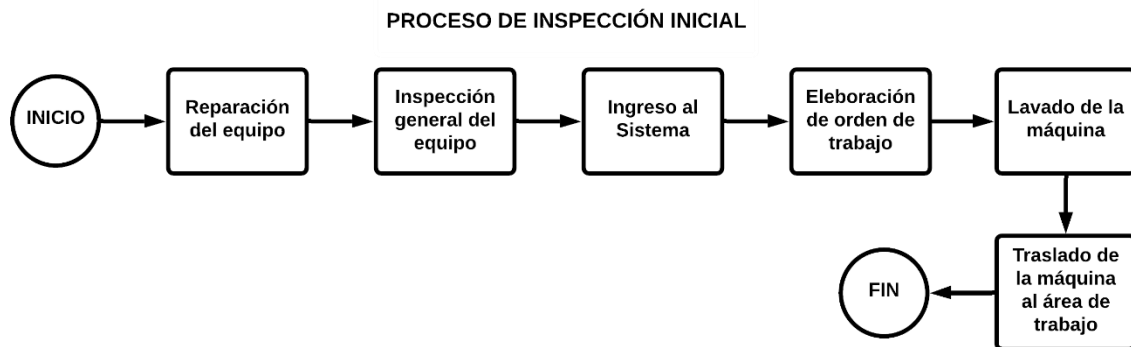


Gráfico 2. VSM área de cosechadora. Fuente: Elaboración propia

## Inspección Inicial

El área encargada de realizar la inspección inicial de la máquina es el área de inspectoría, aquí el inspector es el responsable de recibir la máquina procedente del área de Maquinaria y llenar la orden de trabajo respectiva para un mantenimiento general. Una vez terminada, es pegada en un lateral de la máquina y esta procede a ser introducida a una de las dieciséis células de trabajo destinadas al mantenimiento de cosechadoras.

El flujo de proceso que se observa a continuación representa los pasos que el inspector tienen que realizar para dar acceso a la máquina.



*Gráfico 3. Flujo de proceso de Inspección de la cosechadora. Fuente: Elaboración propia*

## Desmontaje

Este proceso, como su nombre lo indica, consiste en desmontar las piezas de la cosechadora a las cuales se les dará mantenimiento, este proceso va desde bajar el elevador y el extractor primario hasta bajar el motor si es necesario.

Dentro del tiempo de desmontaje también se incluye el tiempo de limpieza de componentes; el técnico una vez desmontados ciertos componentes y antes de dejarlos listos para reparar, procede a limpiar la superficie de estos, eliminando cascarones de desechos (mezcla de el jugo meloso de la caña y las hojas)

Herramientas especiales necesarias:

1. Tecele manual de cadena, pluma hidráulica o telehandler.
2. Cadena

Proceso:

1. Desconectar mangueras hidráulicas si es que el objeto las tiene.
2. Envolver el objeto a desmontar con una cadena.
3. Colocar la pluma hidráulica por arriba del objeto.
4. Sujetar el gancho de la pluma a la cadena que sujeta el objeto a desmontar
5. Desatornillar o eliminar la sujeción que tenga el objeto que se desea desmontar la máquina.
6. Izar el brazo hidráulico hasta elevar el objeto lo suficiente para poder retirarlo de su posición inicial.
7. Decisión de llevar a torno o no ... solicitud de repuesto
8. Trasladar el objeto desmontado hasta su posición final (mesa de trabajo, polín, suelo).

A continuación, se representa el flujo genérico para realizar cualquier actividad de desmontaje,

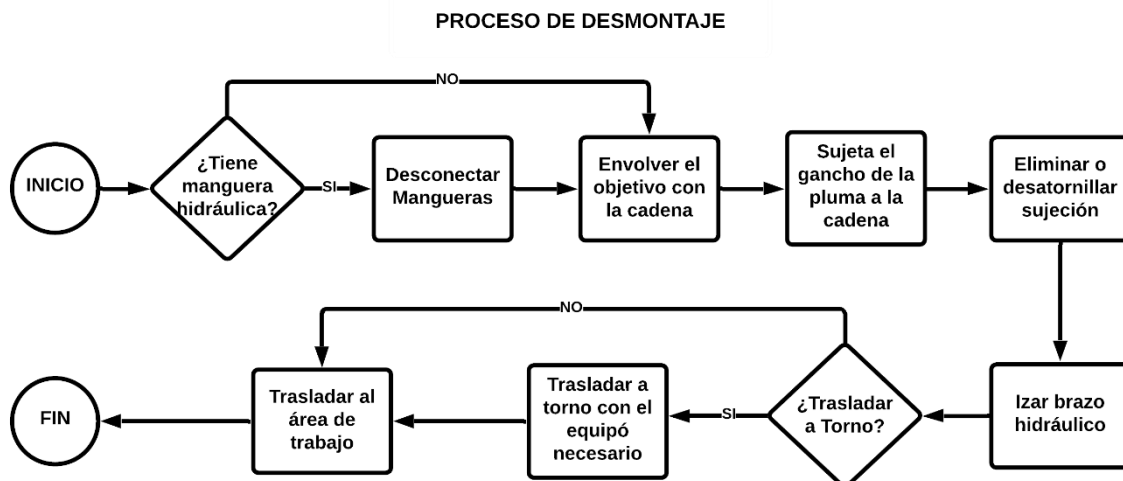


Gráfico 4. Flujo genérico para realizar actividades de desmontaje.  
Fuente: Elaboración propia.

No existe un proceso estándar en el que se establezca un orden de actividades para el desmontaje de los componentes de la máquina, sin embargo, existe un listado de actividades con un orden lógico que sirve de guía en el proceso; No todas las actividades se realizan en todas las cosechadoras, estas varían de acuerdo con el estado en el que se encuentren los componentes de la máquina. A continuación, se presenta el diagrama del proceso estudiado.

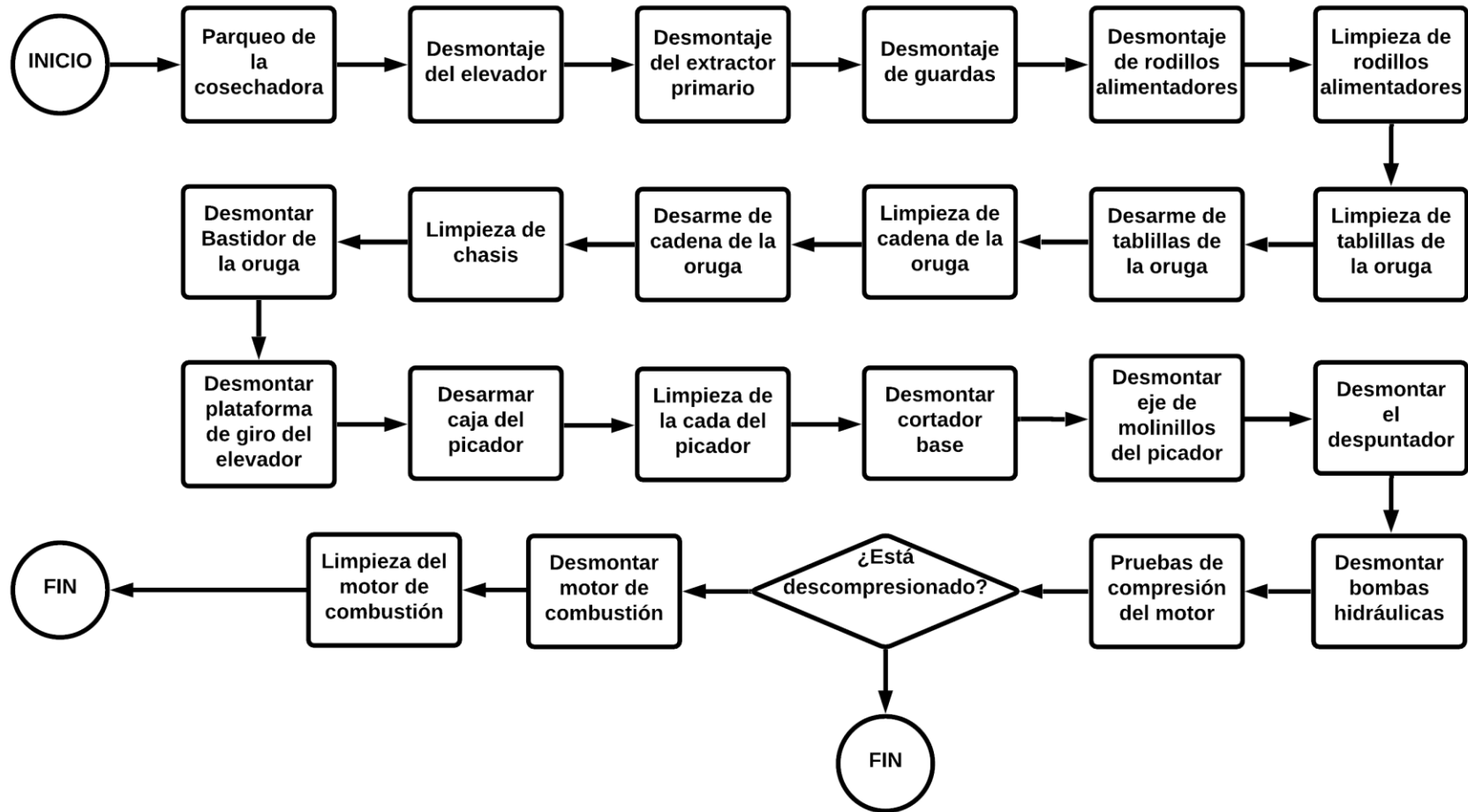


Gráfico 5. Diagrama de proceso de las actividades de desmontaje. Fuente: Elaboración propia.

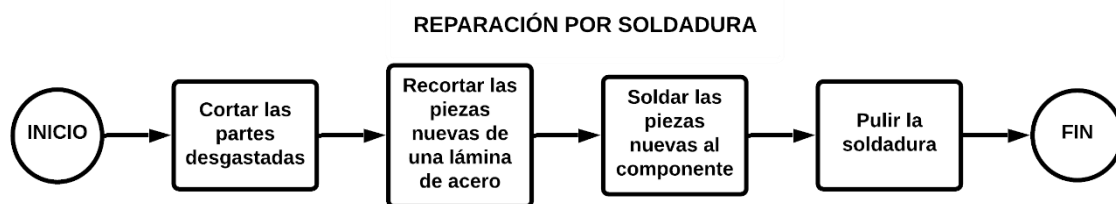


## Reparación y Armado

Una vez desmontados todos los componentes de la máquina se procede a la reparación de aquellos que presenten algún fallo. La reparación de los componentes se puede dar de diferentes maneras y dependen de la tipología de la reparación; una reparación del tipo estructural será realizada por los soldadores de la célula del trabajo, a menudo un trabajo estructural termina necesitando los servicios del área de tornos, entre los cuales están: rectificación, elaboración de piezas y perforados. Las reparaciones del tipo mecánicas, que en la mayoría de los casos implican la compra de algún repuesto, son realizadas por los mecánicos de la célula de trabajo. Las demás reparaciones se realizan en cada una de sus áreas siguiendo la lógica antes mencionada.

Reparación con Soldadura: un ejemplo de la reparación por soldadura es el revestimiento de piezas con el fin de aumentar la resistencia al desgaste, el proceso sería el siguiente.

1. Cortar las partes del componente que están desgastadas.
2. Recortar las piezas nuevas de una lámina de acero.
3. Soldar las piezas nuevas al componente.
4. Pulir la soldadura.

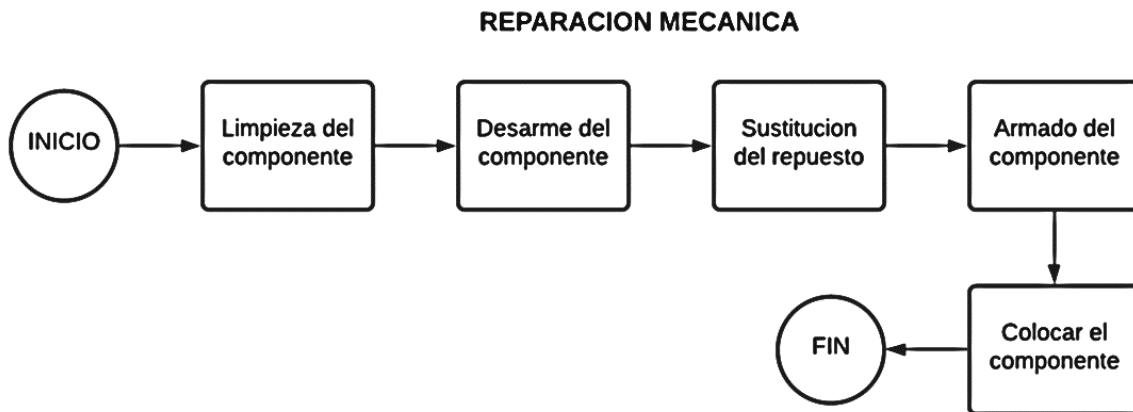


*Gráfico 6. Proceso básico para la reparación por soldadura. Fuente: Elaboración propia.*

Reparación Mecánica.

1. Limpieza del componente a reparar.
2. Desarme del componente.
3. Sustitución del repuesto en mal estado por una reparada o nueva.
4. Armado del componente.

5. Colocar el componente reparado en las zonas destinadas almacenar.



*Gráfico 7. Proceso básico para la reparación mecánica. Fuente: Elaboración propia.*

El proceso de armado va de la mano con el proceso de reparación, debido a que, en muchos de los casos los componentes son reparados e inmediatamente son armados en su sitio de origen. En mucho de los casos las actividades se realizan de esta manera para que la labor se torne más sencilla y menos incómoda para el mecánico.

Un ejemplo claro de esto es la reparación de los rodillos alimentadores, esto rodillos se podrían colocar después de haber colocado el tren de transmisión (tándem), sin embargo, se coloca antes por la comodidad al realizar la tarea.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de reparación, este abarca desde que se terminaron de desmontar todas las partes hasta finalizar el armado de los componentes.

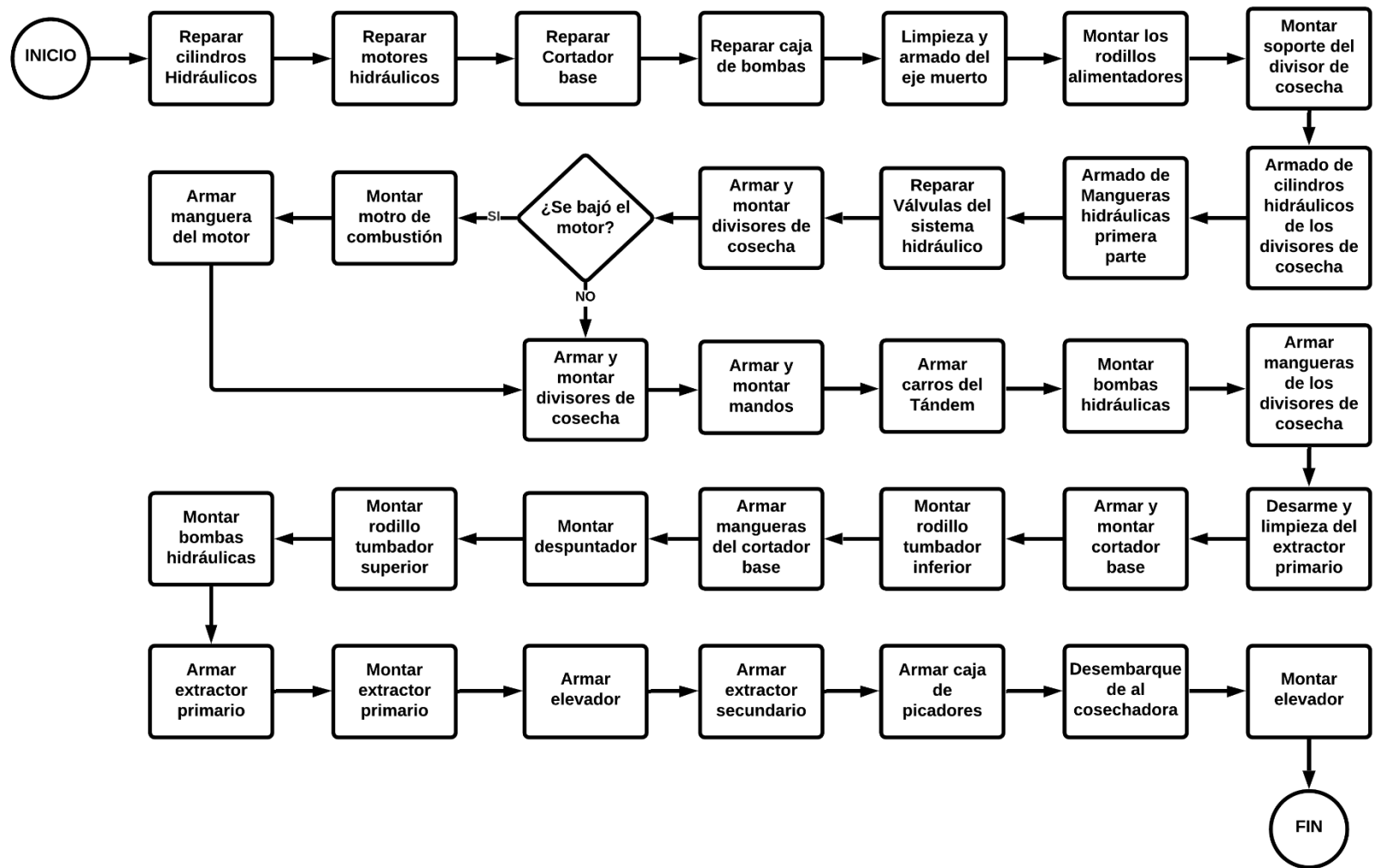


Gráfico 8. Diagrama de proceso de las actividades de reparación. Fuente: Elaboración propia

## **Pruebas**

Una vez terminada la reparación general de todos los sistemas que componen la cosechadora de caña, se procede a realizar pruebas mecánicas, eléctricas e hidráulicas con el fin de encontrar defectos que no se pueden ver con la cosechadora fría o en estado de reposo. El fin de las pruebas es hacer pasar a la máquina por condiciones parecidas a las que se enfrentarían en el campo al momento del corte.

### **2.2 Descripción de la jornada laboral**

La jornada laboral de los colaboradores del taller de mantenimiento consta de 12 horas diarias, que son 9.6 horas al día, más 2.4 horas extras fijas, por 5 días a la semana, de 6:00 am a 6:00 pm. Cuentan con 1 hora de descanso distribuida en tres sesiones de 20 minutos, de acuerdo con un convenio entre los colaboradores y la empresa, la primera a las 9 am, la segunda a las 12 pm y la tercera a las 4 pm.

#### **Jornada laboral efectiva**

Para el cálculo de la jornada laboral efectiva se tomará en cuenta, aparte del tiempo reglamentario de descanso, 10 minutos de 6:00 am a 6:10 que son los mínimos permitidos en la entrada y 15 minutos a la salida que son utilizados para el chequeo previo y la fila de salida. Eliminando todos estos tiempos preestablecidos se cuenta con una jornada laboral efectiva (Tiempo Disponible) de 10.58 horas al día.

### **2.3 Gestión de Inventario de Repuestos**

El ingenio San Antonio cuenta con una Dirección de Logística, encargada de gestionar todo el proceso de abastecimiento y almacenamiento de materiales y repuestos en los diferentes almacenes. El taller de mantenimiento cuenta con dos tiempos de almacén:

**Almacén de consignación:** en este almacén se encuentran todos los repuestos que son administrados por la Gerencia de Inventario y todos

aquellos repuestos que se hacen bajo pedidos masivos o esporádicos y que tienen que ser almacenados.

**Almacén Virtual para Proveedores:** estos son almacenes administrados directamente por los proveedores, es decir un espacio destinado para que los proveedores almacenen sus repuestos y estén a la disposición del taller en cualquier momento. El cobro de estos repuestos se hace hasta después de haberlos consumido.

En el caso de las cosechadoras, la mayoría de los repuestos son importados desde Brasil y algunos otros desde otras partes del mundo. Debido a esto los pedidos de estos repuestos se hacen con antelación, antes de iniciar cada ciclo de reparación o de zafra. Esto es una limitante muchas veces debido a que, la falta de algún repuesto de este tipo puede parar significativamente el proceso de mantenimiento debido a los largos tiempos de espera de importación.

Debido a esta situación se cuenta también con un almacén de repuestos rehabilitados en el cual se encuentran todos aquellos repuestos que han sido extraídos de máquinas antes del descarte o aquellos repuestos que se han dañado y han sido reparados.

### **3. Análisis de Criticidad**

#### **3.1 Criterios de evaluación de Criticidad**

Se establecerán una serie de criterios técnicos y económicos que permitan evaluar de forma íntegra cada uno de los equipos, los factores de cada uno de los criterios se ponderarán en función de la data histórica de la flota procedente de maestros de información internos de la empresa, que abarcan el período de noviembre de 2019 a abril de 2020.

Los criterios para evaluar son los siguientes:

## Frecuencia de Fallas

Se basa en el número de paradas de mantenimiento (preventivo y correctivo) que puede tener una cosechadora para el intervalo de tiempo analizado, a continuación, se establece la ponderación:

Tabla 1. Ponderación de los factores de la Frecuencia de Fallas

| 1.Frecuencia de Fallas (N) |     |     |      |
|----------------------------|-----|-----|------|
| Criterio                   | Max | Min | Peso |
| Muy alto                   | 265 | 200 | 4    |
| Alto                       | 200 | 135 | 3    |
| Moderado                   | 135 | 70  | 2    |
| Bajo                       | 70  | 66  | 1    |

Fuente: Cubo de maquinaria

## Tiempo para reparar

Se basa en la suma de los períodos de reparación por cosechadora para el período analizado.

Tabla 2. Ponderación de los factores de Tiempo Promedio para Reparar

| 5.Tiempo para reparar (Hrs) |     |     |      |
|-----------------------------|-----|-----|------|
| Criterio                    | Max | Min | Peso |
| Muy alto                    | 940 | 705 | 4    |
| Alto                        | 705 | 470 | 3    |
| Moderado                    | 470 | 260 | 2    |
| Bajo                        | 260 | 232 | 1    |

Fuente: Cubo de Maquinaria

## Impacto Operacional

Se basa en que tanto afecta al proceso la parada de uno de los equipos, en este caso a nivel de producción de Toneladas de caña cortadas (TM), en el período de tiempo analizado, se trabajará con la siguiente ponderación.

Tabla 3. Ponderación de los Factores de Impacto Operacional

| 2.Impacto Operacional (TM) |            |            |      |
|----------------------------|------------|------------|------|
| Criterio                   | Max        | Min        | Peso |
| Muy Elevado                | 212,000.00 | 150,000.00 | 4    |
| Elevado                    | 150,000.00 | 100,000.00 | 3    |
| Moderado                   | 100,000.00 | 50,000.00  | 2    |

|      |           |           |   |
|------|-----------|-----------|---|
| Bajo | 50,000.00 | 10,000.00 | 1 |
|------|-----------|-----------|---|

*Fuente: Cubo de Maquinaria*

### Impacto en el medio ambiente

La cosechadora al ser un equipo que funciona con un motor por combustión interna emite a la atmosfera gases tóxicos que afectan al hombre, a la flora y la fauna, y que a su vez contribuyen al efecto invernadero. No todas las cosechadoras contaminan lo mismo, una forma de cuantificar es el nivel de consumo de combustible por tonelada cosechada de cada equipo, se establece la siguiente ponderación:

*Tabla 4. Ponderación de los factores de Impacto en el Medio Ambiente*

| 6. Impacto al Medio Ambiente (Litros/TM) |      |      |      |
|--|------|------|------|
| Criterio                                 | Max  | Min  | Peso |
| Catastrófico                             | 1.51 | 1.25 | 4    |
| Serio                                    | 1.25 | 1    | 3    |
| Moderado                                 | 1    | 0.75 | 2    |
| Ecológicamente amigable                  | 0.75 | 0.5  | 1    |

*Fuente: Cubo de Maquinaria*

### Flexibilidad Operacional

Este factor trata de medir que tan indispensable es el equipo para el proceso, es decir que tan difícil sería remplazar el equipo en caso de que este no pueda operar, este factor se medirá con la capacidad de corte por hora de la máquina y tendrá la siguiente ponderación:

*Tabla 5. Ponderación de los factores de Flexibilidad Operacional*

| 3. Flexibilidad Operacional (TM/Hr)  |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Criterio                             | Max  | Min  | Peso |
| No existe equipo similar de repuesto | 1300 | 1000 | 4    |
| Equipo difícilmente reemplazable     | 1000 | 700  | 3    |
| Equipo con dificultad de reemplazo   | 700  | 400  | 2    |

|                                |     |    |   |
|--------------------------------|-----|----|---|
| Equipo fácilmente reemplazable | 400 | 30 | 1 |
|--------------------------------|-----|----|---|

*Fuente: Cubo de Maquinaria*

### Facilidad para conseguir repuestos

Al ser un equipo con características parecidas, los repuestos requeridos para cada cosechadora son similares.

*Tabla 6. Ponderación de los factores de Facilidad para Conseguir Repuestos*

| 7. Facilidad para conseguir Repuestos |      |
|---------------------------------------|------|
| Criterio                              | Peso |
| Muy Complicado                        | 4    |
| Complicado                            | 3    |
| Moderada                              | 2    |
| Fácil                                 | 1    |

*Fuente: Elaboración propia*

### Detectabilidad

Se basa en que tan complejo es encontrar una falla en el equipo, si bien los sistemas de las cosechadoras son similares en muchos aspectos, existe una variación entre las más modernas y las más antiguas, por tal razón encontrar las fallas puede ser más tedioso para algunas, este factor estará basado en la antigüedad de la máquina.

*Tabla 7. Ponderación de los factores de Detectabilidad para Cosechadoras*

| 4. Detectabilidad |      |
|-------------------|------|
| Criterio          | Peso |
| Elevada           | 4    |
| Moderada          | 3    |

*Fuente: Elaboración propia*

### Costo de mantenimiento

Se basa en el costo del mantenimiento general por cosechadora para el periodo de tiempo analizado, en base en la siguiente ponderación:



Tabla 8. Ponderación de los factores de Costo del Mantenimiento

| 8.Costo de Mantenimiento (\$) |           |           |      |
|-------------------------------|-----------|-----------|------|
| Criterio                      | Max       | Min       | Peso |
| Muy Alto                      | 68,487.00 | 51,787.00 | 4    |
| Alto                          | 51,787.00 | 35,087.00 | 3    |
| Promedio                      | 35,087.00 | 18,387.00 | 2    |
| Bajo                          | 18,387.00 | 5,376.00  | 1    |

Fuente: Cubo de Maquinaria

### 3.2 Matriz de criticidad

La elaboración de la matriz de criticidad de basa en la fórmula

$$\text{criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

donde:

*Consecuencia*

$$= (\text{Impacto Operacional}) * (\text{Flexibilidad Operacional}) \\ + (\text{Detectabilidad} + \text{Tiempo para reparar} \\ + \text{Impacto en el medio ambiente} \\ + \text{Facilidad para conseguir repuestos} + \text{Costo de Mantenimiento})$$

La criticidad máxima se determina considerando el valor más crítico para cada criterio.

Tabla 9. Criticidad Máxima

|                  |     |
|------------------|-----|
| Criticidad Max   | 240 |
| Frecuencia Max   | 4   |
| Consecuencia Max | 60  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Matriz de Criticidad

| Matriz de Criticidad |   |              |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------|---|--------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Frecuencia de Fallas | 4 | 20           | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 |
|                      | 3 | 15           | 30 | 45 | 60 | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 |
|                      | 2 | 10           | 20 | 30 | 40 | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 |
|                      | 1 | 5            | 10 | 15 | 20 | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 55  | 60  |
|                      |   | 5            | 10 | 15 | 20 | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 55  | 60  |
|                      |   | Consecuencia |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Conclusión del análisis de criticidad**

Como se muestra en la Tabla 11 “Tabla de resultados del análisis de criticidad, las cosechadoras Cos6 y Cos7 resultaron ser las más críticas para el proceso y esto es debido a que estas cosechadoras son de doble surco, es decir, cortan dos surcos de caña a la vez, por ende, el tonelaje total es mucho mayor a las demás cosechadoras, a estas le siguen la Cos12, Cos2, Cos3, Cos4.

Son estas las cosechadoras a las que se deben priorizar los recursos de mantenimiento.



## 4. Análisis de Indicadores

Los indicadores son utilizados para analizar el cumplimiento de los objetivos y metas trazados, a pesar de que hoy en día se utilizan una gran variedad de indicadores, actualmente a nivel internacional se utilizan un grupo de indicadores clasificados como de clase mundial los cuales representan la primera etapa de una gestión basada en indicadores, estos son: El Tiempo Medio entre Fallas (MTBF por sus siglas en ingles), Tiempo Medio para Reparación (MTTR) y Disponibilidad de Equipos.

Estos indicadores coinciden, tanto en su formulación como en su contenido, con los respectivos indicadores de la fiabilidad: trabajo útil medio hasta la falla, tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo y el coeficiente de disponibilidad técnica, que se utilizan ampliamente en los estudios de la fiabilidad de la maquinaria agrícola, por lo que al calcularlos se puede gestionar la función mantenimiento.

Actualmente en el taller RYMMA no lleva control sobre los MTBF o MTTR, pero si gestionan sus procesos de acuerdo con las disponibilidades de los equipos la cual es medida de la siguiente manera.

$$Disp = \frac{Tr}{Tr + Tm}$$

*Fórmula N° 1 para el cálculo de disponibilidad, fuente (Garrido, 2003)*

Donde:

**Tr:** Tiempo real de trabajado en el período analizado

**Tm:** tiempo total utilizado para reparar en el período analizado

Mediante la búsqueda de información y las entrevistas con los protagonistas del proceso se logró identificar que cuentan con las fuentes necesarias para calcular los MTBF y MTTF, sin embargo, estos no son medidos actualmente.

Las fórmulas de clase mundial para medir estos indicadores son las siguientes:

$$MTBF = \frac{Tr}{m} \left( \frac{horas}{fallo} \right)$$

*Fórmula N °2 para el cálculo de Tiempo Medio entre Fallo, fuente (Garrido, 2003)*

Donde:

**Tr:** Tiempo real de trabajado en el período analizado, hora

**m:** cantidad de fallos de la maquina durante el periodo de observación

$$MTTR = \frac{Tf}{m} \left( \frac{horas}{fallo} \right)$$

*Fórmula N° 3 para el cálculo de Tiempo Medio para Reparar, fuente (Garrido, 2003)*

donde:

**Tf:** Tiempo de parada por fallas en el periodo analizado, hora

**m:** cantidad de fallos de la maquina durante el periodo de observación.

A su vez se el Mantenimiento Productivo Total (TPM) plantea el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness). Con el cual, se puede medir la eficiencia global del equipo (en este caso las cosechadoras) debido a que está basado en tres grandes pilares de la gestión de los activos; Disponibilidad, Desempeño y Calidad.

La fórmula del OEE es la siguiente:

$$OEE = \%Disponibilidad * \%Desempeño * \%Calidad$$

*Fórmula N° 4 para el cálculo del OEE, fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)*

Donde:

$$Disponibilidad = \frac{TiempoProductivo}{TiempoDisponible}$$

*Fórmula N° 5 para el cálculo de Disponibilidad, fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)*

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Capacidad de Producción}}{\text{Producción Real}}$$

*Fórmula N° 6 para el cálculo de Desempeño, fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)*

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas Buenas}}{\text{Producción Real}}$$

*Fórmula N° 7 para el cálculo de Calidad, fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)*

Actualmente estos indicadores son medidos en la empresa por separados, sin embargo, nunca se ha utilizado el OEE como referencia para la gestión del proceso.

## **5. Análisis de resultados**

### **5.1 Análisis de entrevistas**

El resultado de las entrevistas realizadas es expresado en la matriz de entrevista (ver **Anexo II: Matriz de entrevistas**) en la que se puede observar las preguntas realizadas junto con las respuestas más comunes. Debido a que las entrevistas realizadas fueron de tipo semiestructuradas, se contó con una guía de preguntas (ver **Anexo I: Guía de entrevistas**), sin embargo, se le brindó libertad al entrevistado de expresar sus ideas.

Esta herramienta permitió dar una idea de la percepción de los colaboradores acerca de la situación actual del taller y los diferentes puntos de vistas, tanto de mecánicos como supervisores de proceso.

## 5.2 Análisis de desperdicios

Para realizar la definición del problema se procedió a aplicar la herramienta de los cuatro cuadrantes de Lean Manufacturing; la cual cuenta, como lo dice su nombre, de cuadro cuadrantes destinados a un análisis específico del problema.

### Primer Cuadrante – Entender la tendencia del proceso

Para lograr comprender de una mejor forma el proceso de mantenimiento, se procedió a medir el tiempo de las actividades del mantenimiento descritas anteriormente, que abarcan desde la etapa de desmontaje hasta las pruebas realizadas para verificar su funcionamiento. La medición de estos tiempos comprende desde el día 3/07/2020 hasta el fin de la reparación el 21/09/2020.

El seguimiento de los tiempos se realizó mediante un formato de observación por equipo (ver **Anexo III: Formato de observación**) por equipo, en donde por medio de la observación y la medición de tiempo se fueron llenando todos aquellos tiempos que no estaban siendo utilizados efectivamente y clasificándolos según los 16 desperdicios del Mantenimiento Productivo Total (TPM). A continuación, se presenta la tabla del resumen por cosechadora y tipo de desperdicio.

Donde:

TT = Tiempo total por equipo

TE = Tiempo efectivo por equipo

D1 = Perdidas por paradas planificadas

D2 = Perdidas por averías en los equipamientos

D3 = Perdidas por procesos

D4 = Perdidas por ajustes y puestas a punto

D5 = Perdidas por pequeñas paradas

D6 = Perdida por velocidad reducida

D7 = Perdidas de fabricación por productos defectuosos

D8 = Perdidas por deficiencia en la gestión

D9 = Perdidas por movimientos

D10 = Perdidas por organización ineficiente

D11 = Perdidas por falta de sistemas automáticos

TNE = Tiempo no efectivo



Tabla 12. Tiempos totales, efectivos y desperdicios de cada cosechadora durante el proceso de mantenimiento general

|       | DIAS | TT    | TE     | D1    | D2   | D3     | D4   | D5    | D6   | D7   | D8     | D9    | D10   | D11  | TNE    |
|-------|------|-------|--------|-------|------|--------|------|-------|------|------|--------|-------|-------|------|--------|
| Cos2  | 48   | 576   | 410.23 | 82.21 | 4.87 | 13.27  | 1.33 | 11.48 | 1.15 | 6.14 | 26.451 | 13.33 | 4.465 | 1.07 | 165.77 |
| Cos21 | 59   | 708   | 576.43 | 80.32 | 3.20 | 8.517  | 0    | 8.37  | 0    | 0    | 23.53  | 3.4   | 3.9   | 0.33 | 131.57 |
| Cos22 | 59   | 708   | 571.78 | 81.25 | 0.00 | 11.517 | 0.86 | 8.08  | 0.16 | 1.5  | 23.75  | 5.6   | 2.25  | 1.25 | 136.22 |
| Cos23 | 71   | 852   | 701.61 | 82.2  | 2.89 | 8.117  | 1.15 | 10.97 | 0.16 | 5.2  | 23.3   | 11.6  | 4.3   | 0.5  | 150.39 |
| Cos1  | 60   | 720   | 595.86 | 81.95 | 0.00 | 11.917 | 0    | 9.42  | 1.35 | 0    | 6.75   | 10.5  | 2.25  | 0    | 124.14 |
| Cos3  | 65   | 780   | 651.74 | 81.3  | 1.50 | 4.917  | 0.33 | 6.12  | 0.16 | 4.5  | 12.45  | 11.33 | 5.65  | 0    | 128.26 |
| Cos4  | 60   | 720   | 592.90 | 82.5  | 2.00 | 7.517  | 0.16 | 10.02 | 0    | 1.2  | 12.65  | 9.8   | 1.25  | 0    | 127.1  |
| Cos5  | 66   | 792   | 673.06 | 82.1  | 3.10 | 8.217  | 0    | 6.02  | 0    | 0    | 9.6    | 5.6   | 2.7   | 1.6  | 118.94 |
| Cos6  | 79   | 948   | 833.25 | 82.4  | 0.00 | 9.517  | 0.25 | 4.12  | 0.33 | 3.6  | 7.8    | 5.4   | 0     | 1.33 | 114.75 |
| Cos7  | 85   | 1020  | 886.63 | 81.4  | 2.60 | 9.807  | 0    | 4.41  | 0.25 | 0    | 21.75  | 8.7   | 4.45  | 0    | 133.37 |
| Cos8  | 70   | 840   | 698.61 | 80.1  | 3.40 | 8.217  | 0    | 9.97  | 0.15 | 0    | 23.37  | 12.6  | 3.25  | 0.33 | 141.39 |
| Cos9  | 63   | 756   | 619.88 | 80.25 | 0.00 | 9.917  | 0.5  | 11.15 | 0.25 | 0    | 22.35  | 8.5   | 1.7   | 1.5  | 136.12 |
| Cos10 | 59   | 708   | 571.57 | 81.65 | 2.10 | 13.037 | 0.83 | 8.63  | 0.63 | 2.5  | 15.4   | 11.65 | 0     | 0    | 136.43 |
| Cos11 | 55   | 660   | 531.92 | 82.12 | 0.00 | 8.927  | 0.33 | 9.77  | 0.54 | 2.5  | 15.44  | 4.2   | 3.75  | 0.5  | 128.08 |
| Cos12 | 57   | 684   | 559.05 | 82.32 | 0.00 | 11.047 | 0    | 5.42  | 1.5  | 0    | 15.65  | 5.6   | 3.25  | 0.16 | 124.95 |
| Cos13 | 69   | 828   | 684.19 | 82.14 | 2.00 | 12.217 | 0    | 9.99  | 0.5  | 5.6  | 19.9   | 8.9   | 1.7   | 0.86 | 143.81 |
| Cos14 | 54   | 648   | 498.30 | 81.21 | 2.80 | 9.367  | 1.33 | 13.76 | 0.33 | 3.6  | 20.55  | 12.5  | 4.25  | 0    | 149.7  |
| Cos15 | 56   | 672   | 548.62 | 81.23 | 0.00 | 12.917 | 0.5  | 5.77  | 1.63 | 0    | 6.5    | 14.5  | 0     | 0.33 | 123.38 |
| Cos16 | 54   | 648   | 504.62 | 82.25 | 4.50 | 12.517 | 0    | 6.76  | 2.1  | 7.8  | 9.1    | 13.25 | 4.6   | 0.5  | 143.38 |
| Cos17 | 60   | 720   | 593.18 | 82.5  | 0.00 | 14.167 | 1.25 | 6.47  | 1.4  | 0    | 8.6    | 11.2  | 0     | 1.23 | 126.82 |
| Cos18 | 62   | 744   | 598.15 | 82.14 | 3.10 | 15.167 | 1.16 | 9.08  | 0.6  | 3.2  | 17.4   | 8.9   | 5.1   | 0    | 145.85 |
| Cos19 | 56   | 672   | 523.34 | 81.5  | 4.98 | 10.697 | 0    | 11.04 | 0.78 | 1.2  | 26.85  | 5.63  | 5.65  | 0.33 | 148.66 |
| Cos20 | 55   | 660   | 531.51 | 81.45 | 0.00 | 11.367 | 0.86 | 6.08  | 0.98 | 0    | 20.54  | 4.25  | 2.8   | 0.16 | 128.49 |
| Total |      | 17064 | 13957  | 1878  | 43   | 243    | 11   | 193   | 15   | 49   | 390    | 207   | 67    | 12   | 3108   |

Como se pudo observar, en la tabla anterior no están representados en su totalidad los 16 desperdicios según TPM esto se debe a que no todos son aplicables al proceso de mantenimiento de las cosechadoras debido.

De esta tabla se observa una eficiencia del 81.82%, que es la relación que existe entre el tiempo total disponible y el tiempo efectivo.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ efectivo}{Tiempo\ disponible} = \frac{13\ 957}{17\ 064} = 0.8179$$

Esto quiere decir que existen un 18.21% de oportunidad de mejora en el proceso de mantenimiento.

**Segundo Cuadrante – Análisis de Pareto**

Con el fin de entender la oportunidad de mejora que se presentó en el cuadrante anterior, se procede a elaborar un gráfico de Pareto, que indique cuales son aquellas causas que generan el 80% de los problemas (análisis 80/20).

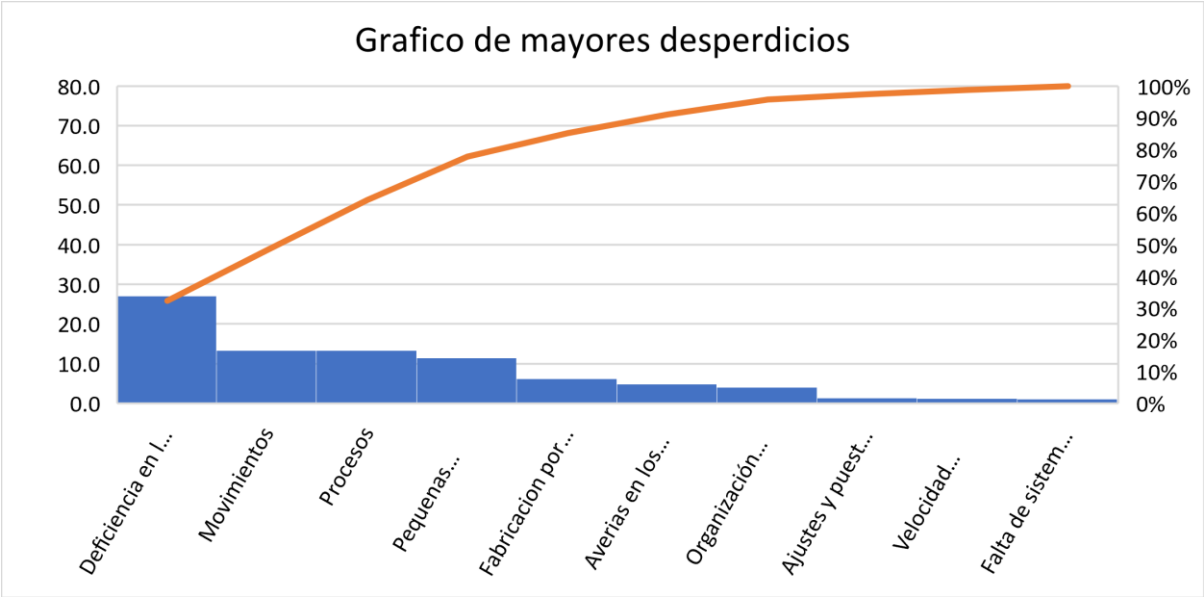
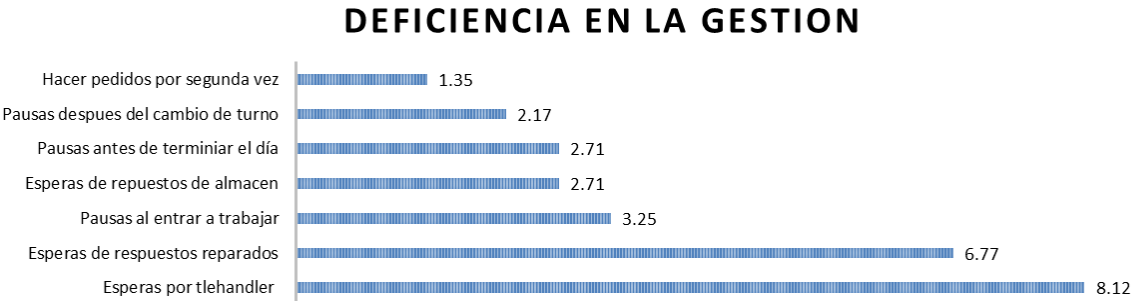


Gráfico 9. Diagrama de Pareto del 80 % de los tiempos de desperdicios. Fuente: Elaboración propia

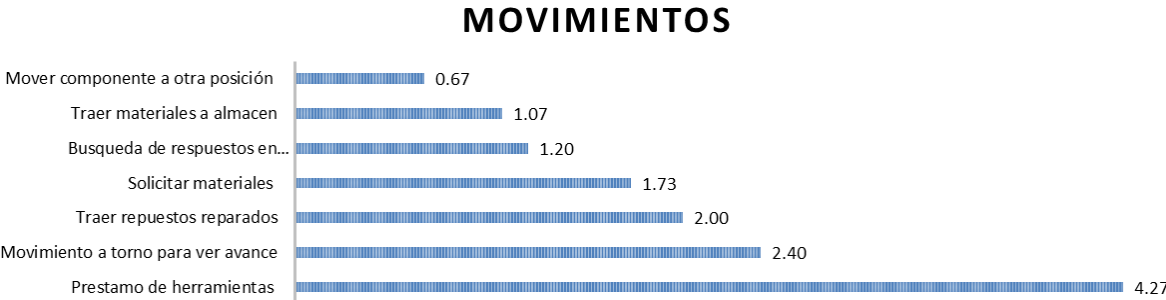
Se puede observar que el 80% de los problemas son causados por 4 desperdicios principales: deficiencia en la gestión, movimientos, pérdidas por procesos y pequeñas paradas.

**Tercer Cuadrante – Análisis de Causa Raíz**

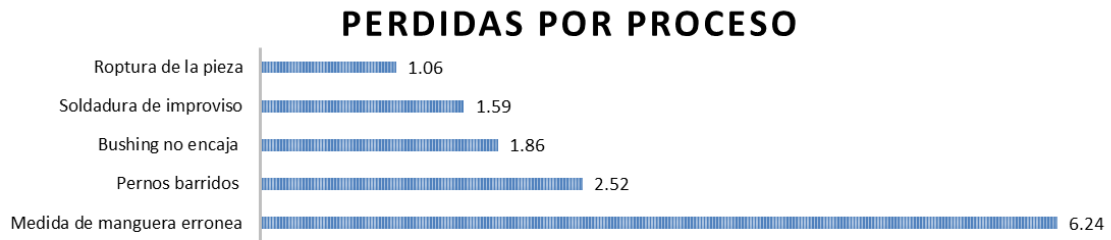
Para lograr comprender la causa de cada uno de los desperdicios principales en el proceso se procedió a realizar un gráfico de frecuencia por cada uno de estos, en el cual se logró identificar las causas con más frecuencia dentro de estos. A continuación, se presentan gráficas de barras que indican las horas promedio por cosechadora utilizadas en cada una de las causas medidas.



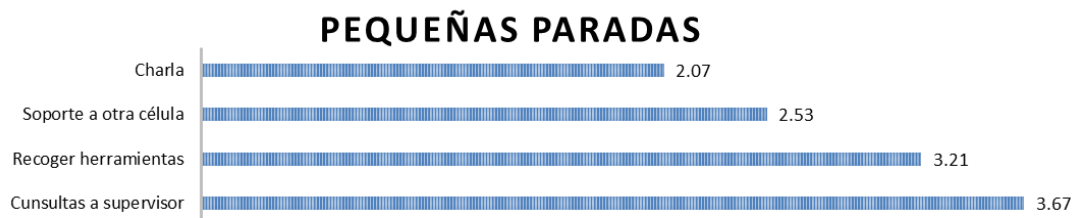
*Gráfico 10. Causas principales de la “Deficiencia en la gestión” con sus tiempos. Fuente: Elaboración propia*



*Gráfico 11. Causas principales de desperdicio por “Movimientos” con sus tiempos. Fuente: Elaboración propia*



*Gráfico 12. Causas principales de desperdicio por "Procesos" con sus tiempos. Fuente: Elaboración propia*



*Gráfico 13. Causas principales de desperdicio por "Pequeñas paradas" con sus tiempos. Fuente: Elaboración propia*

Una vez identificadas aquellas causas puntuales con mayor frecuencia dentro de los desperdicios se procedió a realizar un grupo focal con los mecánicos que estuvieron siendo observados. En esta reunión se aplicó la herramienta de **"los 5 ¿Por qué?"** con el fin de encontrar la causa raíz de las causas con mayor frecuencia.

A continuación, se presenta algunos de los resultados de este análisis.

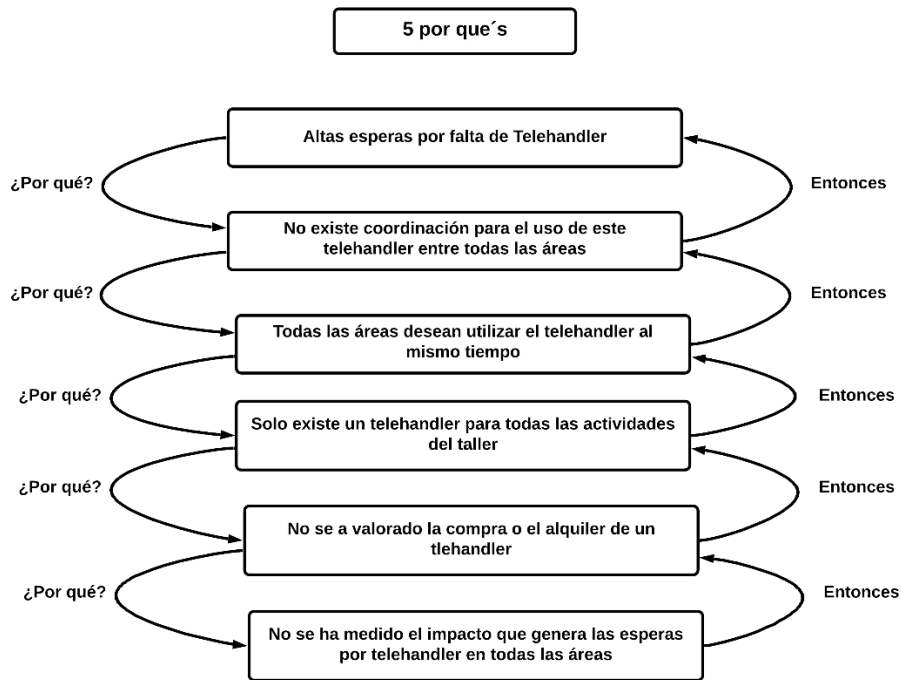


Figura 11. Técnica de los 5 Por qué aplicado al desperdicio de Deficiencia en la gestión. Fuente: Elaboración propia

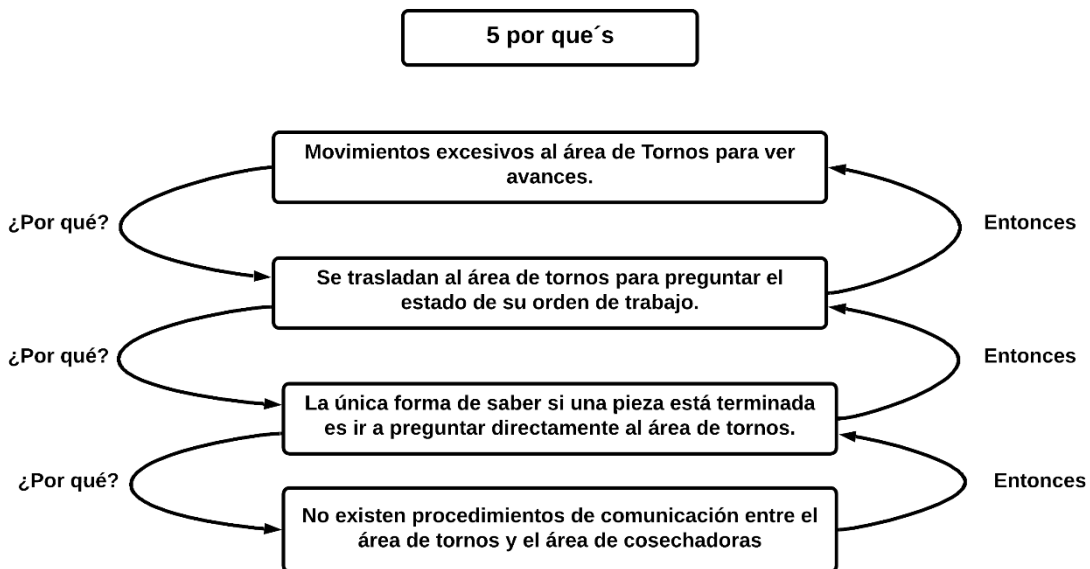


Figura 12. Técnica de los 5 Por Qué aplicada al desperdicio de Movimientos. Fuente: Elaboración propia

Para una mejor comprensión del impacto en los movimientos se realizó un diagrama de espagueti en donde se pueden observar los movimientos más repetitivos de los mecánicos. De color azul se encuentran los movimientos al área de soldadura y torno, de color rojo están representados los traslados al almacén, por otro lado las líneas de color morado representan la ruta que trazan los mecánicos hacia el área donde se encuentran las cosechadoras viejas de las cuales extraen partes que les pueden ser de utilidad para la reparación, las líneas de color verde son los desplazamientos que realizan los mecánicos para buscar las herramientas y equipos que necesiten, y por último el color celeste representa los movimientos hacia el centro de mando del taller .... (ver **Anexo V: Diagrama de espagueti**)

#### **Cuarto Cuadrante – Acciones**

En este cuadrante se presentan las acciones que se tomarán para resolver el problema de raíz, dentro de estas acciones estarán una amplia variedad de herramientas Lean y de Ingeniería Industrial que se presentarán en el capítulo **PROPUESTA DE MEJORA**.

## VII. PROPUESTA DE MEJORA

### 1. Elección de herramientas a utilizar

Luego de haber identificado aquellos desperdicios que están teniendo mayor impacto en el proceso y habiendo determinado sus causas principales se procede a seleccionar la herramienta optima a utilizar para generar una acción que permita reducir o eliminar el desperdicio.

Para un mayor detalle en la *Tabla 12* se presenta un cuadro en donde cada desperdicio y su causa, tiene asignada una acción objetivo y la herramienta Lean a utilizar.

| Desperdicios              | Causa                                | Acción   | Herramienta      | Fundamento  |
|---------------------------|--------------------------------------|----------|------------------|---|
| Deficiencia en la gestión | Esperar por Telehandler              | Reducir  | Trabajo Estándar | Mejora el método de trabajo                       |
| Movimientos               | Movimientos a tornos para ver avance | Eliminar | ANDON            | Gestión visual del avance en tornos               |
| Procesos                  | Medida de manguera errónea           | Eliminar | Trabajo Estándar | Mejora el método de trabajo                       |
| Pequeñas paradas          | Recoger herramientas                 | Reducir  | 5s               | Mejora en el orden y limpieza del área de trabajo |

*Tabla 13. Elección de herramientas Lean a aplicar. Fuente: Elaboración Propia*

### 2. Diseño de herramientas Lean

#### 2.1 Trabajo Estándar

La mala programación de las actividades incurre en que dos o más personas necesiten utilizar una herramienta especializada a la vez y esta no se encuentre disponible, lo cual causa esperas innecesarias.

La propuesta para solucionar este tipo de problemática son los procedimientos estándares de trabajo, dentro de los cuales se proponen formatos de reservación de equipos, procedimientos estándares para la reparación de repuestos,

procedimiento correcto para solicitar mangueras y metodología de seguimiento y control para los supervisores.

### **Trabajo estándar – uso de Telehandler**

El telehandler o manipulador telescópico es una maquinaria especializada utilizada para izar componentes muy pesados de equipos, como el motor, o el tren de avance (Ver **Anexo VIII: Telehandler o Manipulador Telescópico**).

El problema actual es que solo hay un equipo de estas características para satisfacer las necesidades de todo el taller, es por esto que se sugiere la utilización de siguiente método de trabajo para solicitar el uso del equipo.

Se utilizará la herramienta de Google Calendar para planificar el uso del telehandler. La idea principal de este instructivo será la calendarización del tiempo de uso de Telehandler; este beneficiará al proceso de dos maneras diferentes:

1. Mejor planificación de las actividades que van a realizar en el día. Los supervisores del área ahora tendrán que agendar un tiempo estimado al día para realizar las actividades en las que se necesite el uso de la máquina, esto obligará a que con previo análisis de preparen y orienten las actividades de todas las células de trabajo.
2. Disminución de tiempo perdido por esperas de Telehandler. Aunque esta sea la razón principal por la que se propone esta herramienta, siempre va a existir el factor del azar, si es cierto que la probabilidad de tener que utilizar la máquina de manera urgente o por algún emergencia es baja, sin embargo existe, por ende los tiempos perdidos por esperas pueden que sigan existiendo pero en una menor medida.

Para poner en marcha esta herramienta, se creará un calendario compartido entre todas las áreas que hagan uso de esta máquina, una vez compartido podrán iniciar a utilizarlo. A continuación se presenta una escena hipotética del uso de la herramienta Google Calendar para este procedimiento.



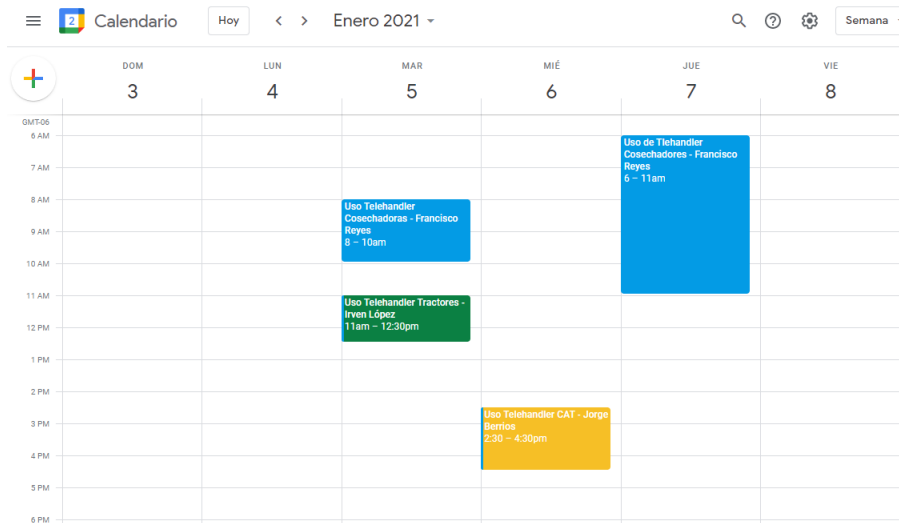


Figura 13. Ejemplo de Calendario. Fuente: Google Calendar

Con este procedimiento puesto en marcha se pretenden reducir hasta un 50% las 8.12 horas promedio por cosechadoras consumidas por paradas por esperas de Telehandler, lo que representa 4.06 horas promedio por cosechadora reparada.

### Trabajo Estándar – Solicitud de Mangueras

Actualmente la solicitud de mangueras de presión se hace de acuerdo al siguiente flujo de proceso.

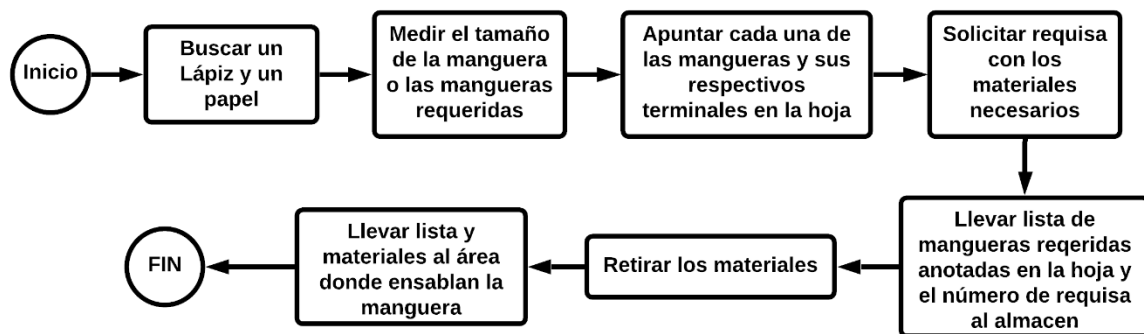


Gráfico 14. Flujo actual, Solicitud de mangueras. Fuente: Elaboración propia.

Para mejorar este proceso, se dará uso a una herramienta que existe actualmente pero no se le da el uso que se debería, esta herramienta es el manual de mangueras realizado internamente en el Taller de Mantenimiento, en este manual se pueden

apreciar las diferentes mangueras en cada uno de los sistemas de la máquina, este manual también cuenta con una codificación para cada manguera.

La idea principal sería que el mecánico solamente solicite las cantidades de mangueras que necesita que que código de manguera son, con la información presente en el manual deberán guiarse, tanto la persona que está realizando al requisita, como la persona que ensambla la manguera. Esto evitará en gran medida el error humano de escritura y medición. El instructivo oficial de trabajo se presenta a en el **Anexo XII: Instrucción de trabajo para solicitud de mangueras**.

Con el uso de este instructivo de trabajo se pretende estandarizar dos cosas, el proceso de solicitud de mangueras y las medidas de las mangueras utilizadas para las cosechadores; lo que a su vez traerá disminución en el tiempo total del proceso presentado en la figura 27 (Flujo actual, Solicitud de mangueras) de la parte superior.

Con la implementación de esta mejora se pretende reducir al menos un 95% de las 6.24 horas consumidas por este desperdicio, lo que representa 6 horas menos de lo que se está haciendo actualmente, el 5% restante se está asumiendo como margen del error humano.


## **2.2 ANDON**

El plan para desarrollar ANDON (controles visuales) va a estar basado en crear estabilidad dentro del proceso, siendo esta una herramienta en la cual se diseñarán señales que incorporen elementos visuales, auditivos o textos para indicar el estado del proceso.

El problema actual está en los traslados, en la mayoría de los casos innecesarios, hacia el área de tornos para ver el estado actual de la pieza, es decir, si está en espera a ser atendida, la están trabajando o ya la terminaron de trabajar.

Existe la necesidad de crear una herramienta que brinde información en tiempo real y una retroalimentación del estado del proceso. Para esto se utilizará Power Bi en donde se realizará una propuesta de tablero de control, el cual se compartirá con todos los jefes de procesos. Dentro de este tablero de control se podrá visualizar el estado actual de cada orden de trabajo entregada al área de turnos.

Para realizar este tablero se utilizará información recolectada actualmente por el supervisor de turnos. A continuación, se presenta el tablero de control propuesto para el proceso en cuestión.



Numero de Orden de trabajo

| OT       | Cod. Equipo | Estaus    | Operario        |
|----------|-------------|-----------|-----------------|
| x3309    | x3309       | Entregado | Roberto Argeñ   |
| x3215    | x3215       | Entregado | Luis Castro     |
| x3211-30 | x3211       | Entregado | Juan Mairena    |
| x3211    | 3211        | Entregado | Melvin Gomez    |
| x3211    | x3211       | Entregado | Edwin Cortez    |
| x3211    | x3211       | Entregado | Luis Castro     |
| x1702    | x1702       | Entregado | Emilio Lira     |
| x1702    | x1702       | Entregado | Heylor Silva    |
| x1702    | x1702       | Entregado | Jorge Castillo  |
| x1702    | x1702       | Entregado | Luis Castro     |
| X1620    | I519        | Entregado | Luis Castro     |
| X1620    | X1167       | Entregado | Dagoberto Rivas |

*Figura 14. Tablero de control para ordenes de trabajo en torno y soldadura. Fuente: Elaboración propia – Power Bi*

La imagen anterior sería el tablero podrían ver desde las tablets y computadoras que les han sido asignadas a cada supervisor para tener un control más directo y real del estado de su orden de trabajo. Como se puede observar, la columna

llamada “Estatus” muestra el estado actual en la que se encuentra su orden, si el supervisor desea ver cómo va el estado de su pieza en torno, solamente tiene que agregar en la parte superior el número de la orden de trabajo (OT) y automáticamente se busca la información que necesita. Es importante recalcar que dicha información se va actualizando automáticamente desde una base de datos en Excel la cual llenan en el área de torno cada vez que llega una pieza nueva para ser trabajada.

De esta forma, como es explicaba anteriormente, se eliminan traslados innecesarios a torno para ir ver solamente el estado de su orden.

## 2.3 Plan de Implementación de 5S

Se realizó una auditoría preliminar (ver **Anexo VI: Auditoría 5s**) para conocer el estado actual del área y encontrar las oportunidades de mejora en cada una de las etapas de implementación de 5s. Los resultados promedios para el área de Cosechadora son los siguientes:

*Tabla 14. Resumen Auditoría 5s.*

| Etapa        | Promedio |
|--------------|----------|
| Seleccionar  | 2.00     |
| Ordenar      | 1.56     |
| Limpiar      | 3.50     |
| Estandarizar | 2.00     |

*Fuente: Elaboración propia.*

Como se puede observar todas las etapas de las 5s que son auditadas presentan un puntaje promedio inferior a los 3 puntos (5 es la meta). Esto indica que se debe mejorar en todas las etapas, iniciando según el orden de implementación de estas mismas.

A continuación, se desarrollarán una serie de recomendaciones basadas en las observaciones realizadas en la auditoría (ver **Anexo IX: Observaciones de**

**Auditoría 5s)**, estas recomendaciones tienen como propósito mejorar el puntaje en estas etapas.

### Seleccionar

Se recomienda retirar del lugar de trabajo todos aquellos artículos que no son necesarios, para esto se debe realizar una lista de los artículos necesarios para el trabajo. Actualmente se cuenta con una lista de las herramientas necesarias, sin embargo, no se está aplicando.

Dentro de esta lista se deben recomendar agregar todos los equipos necesarios para el trabajo, no solamente las herramientas (llaves, copas, raches, etc.). Para la selección se recomienda utilizar el siguiente árbol de decisión.

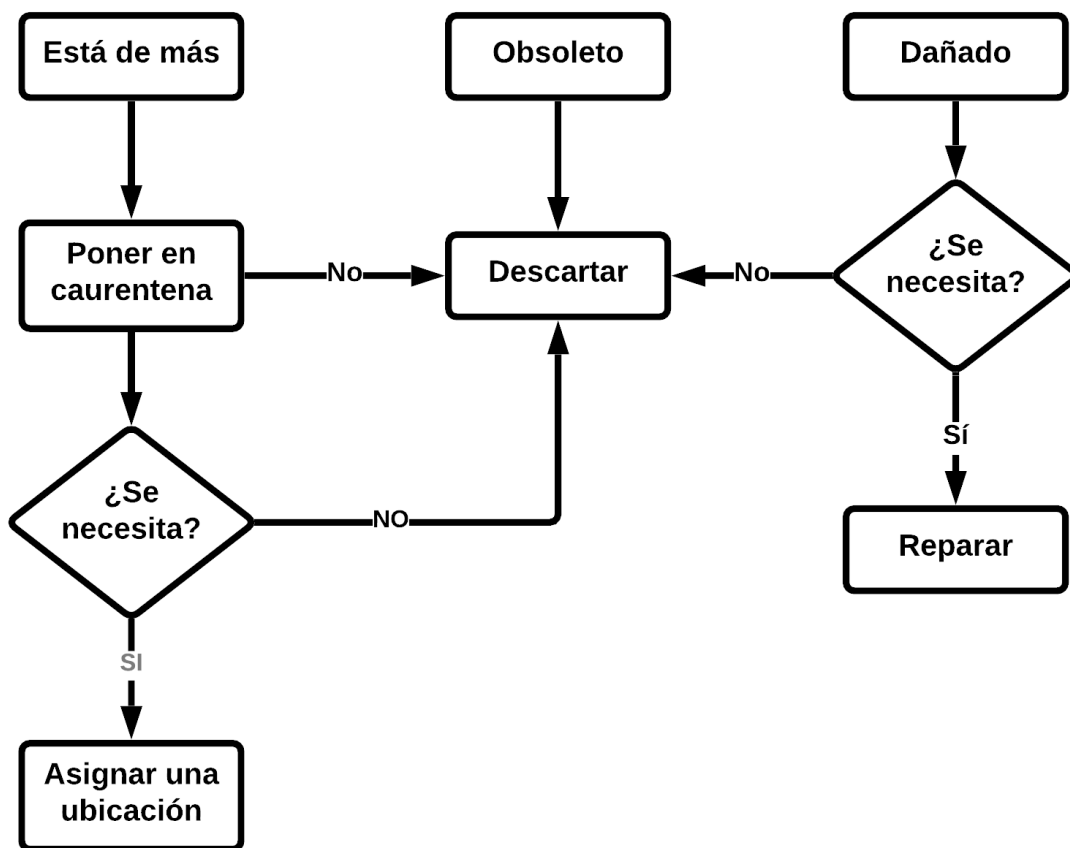


Gráfico 15. Propuesta de Diagrama de Selección. Fuente: Elaborado por Lean Six Sigma Institute.

Una vez seleccionado y realizada la lista estándar de artículos o herramientas necesarias para realizar el trabajo, se deben colocar la cantidad de estos artículos que se debe tener en el área de trabajo, esta cantidad tiene que estar reflejada junto al artículo en las listas.

Todos aquellos artículos que no se ocupan o fueron clasificados Obsoletos, se deben reubicar en un área de cuarentena en donde no estorben el movimiento continuo de la operación.

Es de vital importancia que después de un tiempo determinado en cuarentena y habiendo comprobado que estos artículos no se vayan a utilizar más, se realice el descarte a chatarra, para no ocupar áreas dentro del taller.

### **Ordenar**

La etapa de ordenar es en la que se obtuvo el puntaje menor, y en la mayoría de los casos es por la falta de asignación de lugares específicos a cada cosa. Se recomienda etiquetar los lugares en donde deberían estar ubicadas cada uno de los artículos (la caja de herramienta, repuestos dañados, repuestos reparados, repuestos nuevos, etc.)

A su vez se recomienda la utilización de gestión visual en los estantes de herramientas, realizar un bosquejo de donde debería estar cada cosa y pintarlo con un color sobresaliente, con el fin de identificar cuando alguna de estos no esté en su lugar.

Con respecto al tema de la información visual, se recomienda aumentar la cantidad referente al tema de procedimientos de trabajo y de ubicación estándar de artículos necesarios para el trabajo.

### **Limpiar**

Esta es una de las etapas de la implementación lean en las que se tiene mayor puntaje, sin embargo, se tiene que trabajar en algunos temas como: La limpieza de las herramientas de trabajo luego de ser usadas, se recomienda dotar a todo el

personal con desengrasante, el cual es necesario para mantener las herramientas en buen estado.

Existen métodos verbales para la limpieza del área, pero, se recomienda estandarizarlos, plasmarlos por escrito y colocarlos de manera que todos los colaboradores pueden verlo y entenderlo todo el tiempo. Así mismo, se recomienda llevar un registro de los horarios de limpieza y del cumplimiento de estos mismos.

El aseo del personal es un tema de mucha controversia, debido al tipo de trabajo y al tipo de maquinaria en la que se realiza el trabajo, sin embargo, utilizando adecuadamente el área de lavado de máquinas y limpiando periódicamente las herramientas y el área de trabajo, esta condición debería mejorar.

### **Estandarizar**

La estandarización de los métodos de trabajo es una de las etapas de la implementación que se debe de trabajar más a fondo, no se cuentan con códigos de colores o etiquetas señalizando el lugar de las cosas o la forma idónea de como deberían estar estas. A sí mismo, al realizar la lista de herramientas necesarias para el trabajo, se deberá estandarizar estas para todas las células de trabajo en general.

Se debe de realizar un Manual de 5s en el cual se incluya todos los puntos tocados en esta auditoría, este debe de ser presentado a todo el personal y deberá servir como guía en el día a día. En este deberán incluir la lista de herramientas necesarias, los procedimientos de limpieza y orden en el área de trabajo.

Con la implementación de esta mejora se pretende reducir al menos un 75% de las 3.21 horas promedio consumidas por este desperdicio, lo que representa 2.4 horas promedio menos de lo que se esta haciendo actualmente.

## 2.4 Propuesta de Gestión de Indicadores

Actualmente en la empresa se cuenta con los recursos necesarios para medir los indicadores globales de mantenimiento planteados en la sección “Análisis de Indicadores”. Los tiempos productivos y no productivos, al igual que las paradas son medidos mediante un sistema de control y seguimiento del motor, en el cual se va notificando la causa cada vez que la máquina cambia de un estado a otro.

Se puede conocer por equipos las horas productivas totales, las horas no productivas, los tiempos de paradas por mantenimiento, las veces que paró la máquina, la producción real y la calidad de la producción.

Con estos datos se presenta la siguiente propuesta para el cálculo y seguimiento de los indicadores antes planteados.

### Tiempo Medio para Reparar (MTTR)

Es el tiempo promedio para restaurar la función de una maquinaria. Dentro de este se incluirá tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir el repuesto, tiempo de planeación y la ejecución de la reparación. Este es un indicador que medirá la eficiencia de la mantenibilidad y se calculará por máquina.

En la siguiente tabla, se detalla el tiempo para reparar y el número de fallas totales para cada máquina, obtenidas de la bitácora de seguimiento de fallos llenados por el COA (Control de Operaciones Agrícolas) de la empresa.

Tabla 15. Tiempo medio para reparar (MTTR) Período de noviembre 2019 a abril 2020.

| Equipo | Tiempo para Reparar (TTR) | Número de Fallas | Tiempo medio para Reparar |
|--------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| Cos1   | 306.37                    | 234              | 1.31                      |
| Cos2   | 345.85                    | 225              | 1.54                      |
| Cos3   | 385.42                    | 212              | 1.82                      |
| Cos4   | 536.67                    | 216              | 2.48                      |
| Cos5   | 237.18                    | 175              | 1.36                      |
| Cos6   | 297.72                    | 229              | 1.30                      |
| Cos7   | 292.09                    | 212              | 1.38                      |



|       |        |     |      |
|-------|--------|-----|------|
| Cos8  | 135.81 | 100 | 1.36 |
| Cos9  | 139.14 | 98  | 1.42 |
| Cos10 | 137.11 | 118 | 1.16 |
| Cos11 | 132.34 | 143 | 0.93 |
| Cos12 | 227.25 | 190 | 1.20 |
| Cos13 | 194.52 | 167 | 1.16 |
| Cos14 | 98.7   | 81  | 1.22 |
| Cos15 | 120.74 | 100 | 1.21 |
| Cos16 | 96.87  | 70  | 1.38 |
| Cos17 | 90.39  | 68  | 1.33 |
| Cos18 | 139.29 | 104 | 1.34 |
| Cos19 | 85.65  | 70  | 1.22 |
| Cos20 | 139.31 | 100 | 1.39 |
| Cos21 | 52.03  | 48  | 1.08 |
| Cos22 | 97.22  | 86  | 1.13 |
| Cos23 | 99.84  | 65  | 1.54 |

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede observar que el Tiempo medio para reparar de las cosechadoras se mantienen cerca de los mismos rangos entre una y dos horas de reparación, en promedio 1.36 horas.

### **Tiempo Medio entre Fallo (MTBF)**

Este es el tiempo promedio en el que una máquina cumple con su función sin interrupción debido a una falla funcional. El MTBF será el indicador que medirá la confiabilidad de la máquina.

A continuación, en la siguiente tabla, se detalla el tiempo total de operación, obtenido del cubo de información Agrícola y el número de fallas totales para cada máquina, los cuales se utilizarán para el cálculo del Tiempo Medio entre falla.

*Tabla 16. Tiempo medio entre falla (MTBF) Período de noviembre 2019 a abril 2020.*

| Equipo | Tiempo Productivo Total | Número de Fallas | Tiempo medio entre Fallo |
|--------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| Cos1   | 2172.98                 | 234              | 9.29                     |
| Cos2   | 1859.54                 | 225              | 8.26                     |
| Cos3   | 1893.94                 | 212              | 8.93                     |

|       |         |     |       |
|-------|---------|-----|-------|
| Cos4  | 1828.81 | 216 | 8.47  |
| Cos5  | 2191.36 | 175 | 12.52 |
| Cos6  | 2393.03 | 229 | 10.45 |
| Cos7  | 2344.09 | 212 | 11.06 |
| Cos8  | 2463.99 | 100 | 24.64 |
| Cos9  | 2462.2  | 98  | 25.12 |
| Cos10 | 2584.3  | 118 | 21.90 |
| Cos11 | 2501.91 | 143 | 17.50 |
| Cos12 | 2371.88 | 190 | 12.48 |
| Cos13 | 2367.73 | 167 | 14.18 |
| Cos14 | 2568.73 | 81  | 31.71 |
| Cos15 | 2428.34 | 100 | 24.28 |
| Cos16 | 2580.57 | 70  | 36.87 |
| Cos17 | 2416.16 | 68  | 35.53 |
| Cos18 | 2282.92 | 104 | 21.95 |
| Cos19 | 2282.54 | 70  | 32.61 |
| Cos20 | 2178.68 | 100 | 21.79 |
| Cos21 | 324.33  | 48  | 6.76  |
| Cos22 | 712.9   | 86  | 8.29  |
| Cos23 | 552.97  | 65  | 8.51  |

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede observar que, en el caso de tiempo medio entre fallas, existe una mayor variabilidad y esto es debido a que cada cosechadora está conformada por diferentes componentes con un tiempo entre fallo variable, en este caso se puede evidenciar que el MTBF se ve altamente afectado por el contexto operacional de cada uno de los equipos.

### **Disponibilidad Mecánica**

La disponibilidad mecánica permitirá estimar de forma global el porcentaje del tiempo que se puede esperar que una máquina esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinada.

A continuación, se presenta una tabla con la disponibilidad de cada una de las máquinas.

Tabla 17. Disponibilidad Mecánica, Período de noviembre 2019 a abril 2020

| Equipo | Tiempo Productivo Total | Tiempo para Reparar (TTR) | Disponibilidad |
|--------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Cos1   | 2172.98                 | 306.37                    | 0.8764         |
| Cos2   | 1859.54                 | 345.85                    | 0.8432         |
| Cos3   | 1893.94                 | 385.42                    | 0.8309         |
| Cos4   | 1828.81                 | 536.67                    | 0.7731         |
| Cos5   | 2191.36                 | 237.18                    | 0.9023         |
| Cos6   | 2393.03                 | 297.72                    | 0.8894         |
| Cos7   | 2344.09                 | 292.09                    | 0.8892         |
| Cos8   | 2463.99                 | 135.81                    | 0.9478         |
| Cos9   | 2462.2                  | 139.14                    | 0.9465         |
| Cos10  | 2584.3                  | 137.11                    | 0.9496         |
| Cos11  | 2501.91                 | 132.34                    | 0.9498         |
| Cos12  | 2371.88                 | 227.25                    | 0.9126         |
| Cos13  | 2367.73                 | 194.52                    | 0.9241         |
| Cos14  | 2568.73                 | 98.7                      | 0.9630         |
| Cos15  | 2428.34                 | 120.74                    | 0.9526         |
| Cos16  | 2580.57                 | 96.87                     | 0.9638         |
| Cos17  | 2416.16                 | 90.39                     | 0.9639         |
| Cos18  | 2282.92                 | 139.29                    | 0.9425         |
| Cos19  | 2282.54                 | 85.65                     | 0.9638         |
| Cos20  | 2178.68                 | 139.31                    | 0.9399         |
| Cos21  | 324.33                  | 52.03                     | 0.8618         |
| Cos22  | 712.9                   | 97.22                     | 0.8800         |
| Cos23  | 552.97                  | 99.84                     | 0.8471         |

Fuente. Elaboración propia

En promedio la disponibilidad mecánica de las cosechadoras estuvo en 90% a lo largo del tiempo estudiado. A como se puede observar, las cosechadoras más críticas (Cos12, Cos2, Cos3, Cos4) son de las que más baja disponibilidad presentaron a lo largo del período.

### **Eficiencia Global del Equipo (OEE)**

La propuesta del OEE para el sistema de mantenimiento es un poco compleja de realizar, este indicador permitirá, como lo dice su nombre, conocer la eficiencia

“Global” de la maquinaria, pero, esto implica a otras áreas de la cadena de producción que están fuera del alcance del presente estudio, por ejemplo, el área de Corte y Traslado de Caña, quien es la encargada del corte de la caña y el área de Maquinaria, quien es la dueña del activo (Cosechadoras)

El taller de mantenimiento como área de apoyo dentro de la cadena de suministro sólo es el responsable de velar por la disponibilidad mecánica de los equipos, sin embargo, al estar jerárquicamente dentro de la Gerencia de Operaciones y Cosecha, también es responsable (según la filosofía del TPM) de velar por la eficiencia global de los equipos.

Por esta razón se realiza esta propuesta de cálculo del OEE de manera general, para las cosechadoras de caña de la empresa.

La información necesaria para realizar estos cálculos fue recopilada de fuentes internas de la empresa, como cubo información. Las fórmulas son las presentadas en la sección “Análisis de Indicadores”.

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{68,712.90 \textit{ hrs}}{76,560.94 \textit{ hrs}} = 90.00 \%$$

$$\textit{Desempeño} = \frac{2,960,487.60 \textit{ TM}}{3,847,922.40 \textit{ TM}} = 76.94 \%$$

$$\textit{Calidad} = 91 \%$$

La calidad está medida por el porcentaje de Trash en caña, que representa el porcentaje de materia extraña por tonelada de caña. La materia extraña está conformada por, macollas, hojas, raíces, tierra, cogollos, tallos secos, etc. Entonces, del total de toneladas cortadas solamente el 91% era caña en buen estado, lo demás es considerado Trash.

Aunque el tras el considerado un defecto en la entrada de materia prima para el proceso de extracción de caña, no es del todo malo, ya que este junto con la fibra

de la caña es el que genera el bagazo de la caña usado para otros procesos de beneficios.

Una vez realizado los cálculos anteriores, se tiene como resultado final del OEE el siguiente:

$$OEE = 62.84 \%$$

Un OEE del 62.84% indica que la eficiencia global del equipo esta baja y amerita crear planes de acción para mejorar estos indicadores. Para entender mejor los causantes principales de las horas no productivas del proceso se realizó un análisis Pareto de las actividades que causaban el 80% de las horas no productivas y los resultados son los siguiente. Ver **Anexo VII: Gráfica de Pareto (Horas no productivas)**.

*Tabla 18. Causas principales de horas no productivas*

| N° | ACTIVIDAD                          | HRS NO PRODUCTIVAS |
|----|------------------------------------|--------------------|
| 1  | Equipo Inactivo Por Parada Fábrica | 8,555.06           |
| 2  | Servicio Mecánico Equipo Campo     | 3,437.02           |
| 3  | Cosechadora Traslándose            | 2,463.64           |
| 4  | Reparación Taller Automotriz       | 1,636.03           |
| 5  | Mantenimiento Preventivo           | 1,311.08           |
| 6  | Detenido Por Materia Extraña       | 1,133.08           |
| 7  | Equipo Inactivo Traslado Lowboy    | 1,115.36           |

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3. Plan de Implementación**

#### **3.1 Plan de Acción**

En el siguiente apartado se presentará una tabla resumen del plan de acción para la propuesta de mejora, en este, se plasmará el problema identificado como causa raíz y la acción que se tomará para reducirlo o eliminarlo respectivamente, a esta se le sumarán los recursos necesarios, el responsable de la ejecución, el tiempo de ejecución planificado.

Tabla 19. Plan de acción para la propuesta de mejora

| Problema   | Acción  | Recursos  | Responsable   | Tiempo  |
|--|---|---|---|---------|
| Esperas por Telehandler                                  | Trabajo Estándar (Ver capítulo 2, sección 2.1)                    | 1. Computadora<br>2. Acceso a Google Calendar<br>3. Planificador  | > Juan Vega (Jefe de Mantenimiento Agrícola)<br>> Danilo Ruíz (Jefe de Mantenimiento de Cosechadoras)   | 12 días |
| Medidas erróneas de mangueras nuevas                     | Trabajo Estándar (Ver capítulo 2, sección 2.1)                    | Copias del Manuel de mangueras (16 copias)  | Danilo Ruiz (Jefe de Mantenimiento de Cosechadoras)   | 11 días |
| Movimientos excesivos al área de tornos para ver avances | ANDON (Ver capítulo 2, sección 2.2)                               | 1. Computadora<br>2. Ordenes de trabajo<br>3. Digitador<br>4. Conexión digital al tablero<br>5. Tablero de Power Bi<br>6. Tablet (supervisores) | > Edgard Cuadra (Coordinador de Mejora Continua)<br>> Danilo Ruíz (Jefe de Mantenimiento de Cosechadoras)<br>> Juan Vega (Jefe de Mantenimiento Agrícola) | 11 días |
| Pocos Indicadores de proceso                             | Propuesta de Gestión de Indicadores (Ver capítulo 2, sección 2.4) | 1. Acceso a cubo de maquinaria<br>2. Computadora<br>3. Acceso a internet  | Edgard Cuadra (Coordinador de Mejora Continua)  | 10 días |
| Préstamos excesivos de herramientas                      | Plan de Implementación de 5S (Ver capítulo 2, sección 2.3)        | 1. Montacargas<br>2. Horas del personal<br>3. Taype de colores<br>4. Capacitador<br>5. Sala de capacitaciones<br>6. Papelógrafos                | Danilo Ruiz (Jefe de Mantenimiento de Cosechadoras)   | 11 días |

Fuente: Elaboración propia

## 3.2 Metodología Kaizen

Cada una de estas acciones se realizarán siguiendo la metodología de un evento Kaizen, los cuales por lo general duran entre 3 a 4 semanas, de las cuales 5 días son los más significativos y en los que se necesitará del apoyo de todas las partes interesadas. Los eventos Kaizen siguen el siguiente patrón.

1. Preparación del evento (líderes del evento): 1 a 2 meses
2. Evento (Todo el equipo completo): 5 días
3. Control y Seguimiento: 3 a 4 semanas

### Preparación del evento

Cada uno de los eventos Kaizen se planean con una anticipación de hasta dos meses, en esta etapa de planeación se realiza lo siguiente:

1. Establecer el objetivo, alcance y documentación del proyecto.
2. Documentar el proyecto (se recomienda la utilización de la herramienta A3).
3. Se elige al líder del equipo.
4. Dibujar el mapa de valor actual.
5. Formar el equipo.
6. Conocer el proceso que se va a mejorar.

### Día 1 del evento

1. Apertura del evento por parte del líder y el patrocinador (por lo general el gerente del área). En esta apertura se presenta al equipo y el objetivo del evento.
2. Educación inicial. Se entrena a los participantes con conceptos básicos de la o las herramientas que se estarán utilizando a lo largo del evento, también se presenta al equipo los documentos de soporte realizados en la etapa de planificación.
3. Visita al área de trabajo para detectar oportunidades de mejoras, estas serán documentadas en las tarjetas de oportunidad (**ver Anexo XIII: Tarjetas de mejora**), estas deberán clasificar en A, B y C. siendo:



A = de inmediata implementación (1 a 5 días)

B = Se pueden llevar a cabo durante el evento o un poco después (1 a 2 semanas)

C = Requieren un poco más de tiempo para llevarse a cabo, ya que pueden requerir de autorizaciones especiales como inversiones (no más de 2 meses)

### **Días 2 - 4 del evento**

Durante estos días se realizarán aquellas actividades clasificadas como A, la idea es que a medida que se realicen actividades se encuentren otras oportunidades de mejora y se vayan clasificando.

### **Último día del evento**

En el último día del evento se terminan los detalles de la implementación y se hace una presentación a los directivos en la que participan todos los miembros del equipo. La presentación debe de contener los siguientes puntos:

- La situación que se encontró.
- Las acciones que se llevaron a cabo.
- Los resultados que se obtuvieron.

### **Control y Seguimiento**

Durante las próximas cuatro semanas se dará seguimiento a las oportunidades de mejora clasificadas como B o C.

Siguiendo estos pasos se propone realizar todos los eventos Kaizen en un lapso de 2 meses, como se puede apreciar en el diagrama de Gantt en la Tabla 19.



### 3.2 Análisis económico de la propuesta de mejora

Tabla 21. Costo de oportunidad

| Desperdicio               | Causa                                | Tiempo antes de la mejora (Hrs/Cosechadora) | Tiempo después de la implementación (Hrs/Cosechadora) | Mejora (Hrs/Cosechadora)        |                |
|---------------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------------|----------------|
| Deficiencia en la gestión | Esperar por Telehandler              | 8.12  | 4.06  | 4.06                            |                |
| Movimientos               | Movimientos a tornos para ver avance | 2.4   | 0   | 2.4                             |                |
| Procesos                  | Medida de manguera errónea           | 6.24  | 0.312   | 5.928                           |                |
| Pequeñas Paradas          | Recoger herramientas                 | 3.21  | 0.8025  | 2.4075                          |                |
|                           |                                      |   |   | Horas Jornada Normal            | 272.30         |
|                           |                                      |   |   | Horas Jornada Extra             | 68.00          |
|                           |                                      |   |   | Horas Totales                   | 340.30         |
|                           |                                      |   |   | Cosechadoras                    | 23             |
|                           |                                      |   |   | Horas Totales de Mtto           | 7,826.82       |
|                           |                                      |   |   | Costo MO/hora (JN)              | C\$ 55.68      |
|                           |                                      |   |   | Costo MO/hora (JE)              | C\$ 96.00      |
|                           |                                      |   |   | Costos Administrativos C\$/hora | C\$ 350.00     |
|                           |                                      |   |   | Oportunidad C\$                 | C\$ 116,993.24 |

Fuente: Elaboración propia.

Con este plan de implementación se propone un ahorro en horas de trabajo de aproximadamente 340 horas, lo que representan, según la jornada real efectiva, 32 días de trabajo. Vale la pena explicar que no se deben ver como 32 días menos de trabajo, sino como días disponibles para realizar otra actividad o iniciar el mantenimiento de otro equipo.

La anterior muestra el costo de oportunidad que se tiene actualmente en el proceso de mantenimiento de las cosechadoras de caña, este muestra una cantidad de Ciento dieciséis mil novecientos noventa y tres con veinticuatro (centavos de córdobas) (C\$ 116,993.24).

La implementación de la propuesta, tomando en cuenta mano de obra y utilidades varias, costará ochenta y tres mil, quinientos quince con 14 centavos de córdobas (C\$83,515.14), como se puede apreciar en el gráfico 16. El costo de la implementación representa el 71.38% de la oportunidad calculada en el primer período de mantenimiento.

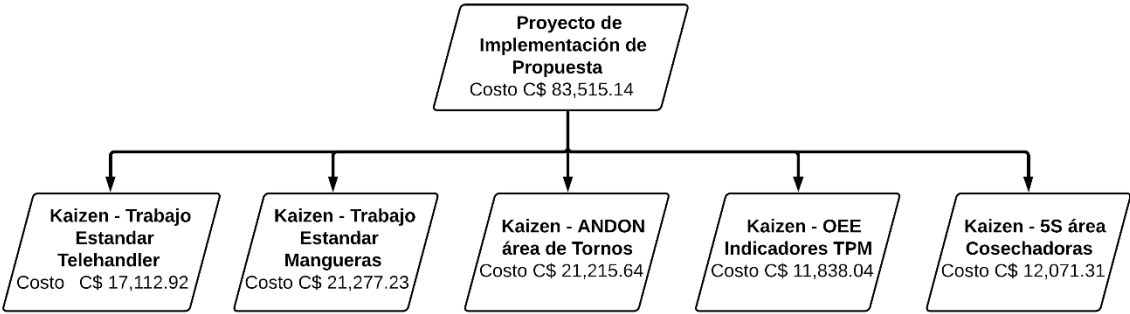


Gráfico 16. Diagrama de Costo

La implementación de la mejora también traerá beneficios en la eficiencia del mantenimiento, partiendo de un 81.79% a una eficiencia de 83.45%, como se puede apreciar en el cálculo a continuación:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ efectivo}{Tiempo\ Total} = \frac{13\ 957}{16\ 723} = 0.8345$$

## VIII. CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento, en el cual se pudo desarrollar cada una de las etapas del mantenimiento general y se calcularon los tiempos respectivos para cada una de las etapas del proceso, las cuales son: Desmontaje, Reparación y Armado siendo el tiempo ciclo: 15, 20 y 25 días respectivamente, al mismo tiempo se realizó un análisis de criticidad donde se determinó cuáles son las cosechadoras más críticas, teniendo como resultado que las cosechadoras: Cos12, Cos2, Cos3, Cos4, son las más críticas para el proceso.

Se llevó a cabo una auditoría inicial de 5s, teniendo como resultado para cada una de las etapas los siguiente: Seleccionar 40% de cumplimiento, Ordenar 32% de cumplimiento, Limpiar 70% de cumplimiento y Estandarizar 40% de cumplimiento.

- Se hizo un análisis con base a los 6 grandes desperdicios del Mantenimiento Productivo Total (TPM), en donde se obtuvo que los desperdicios con mayores tiempos fueron: Deficiencia en la Gestión, Movimientos innecesarios, Pérdidas por Procesos y Pequeñas Paradas, con: 27.07, 13.33, 13.27, 11.48 horas promedio por cosechadora reparada, respectivamente.
- Para la gestión de indicadores se propusieron cuatro indicadores fundamentales siendo estos los siguiente: el tiempo medio entre fallo con 1.36 horas promedio, el tiempo medio para reparar con 17.96 horas promedio, la disponibilidad mecánica con 90.93% y la eficiencia globas de la máquina con un 62.84%.
- Se presentó una propuesta de mejora a través de herramientas Lean como Trabajo Estándar, ANDON y 5s, obteniendo como resultado, un aumento en el 1.67% en la eficiencia del uso del tiempo disponible para la reparación. Así

mismo se realizó un análisis económico de la implementación, teniendo como resultado que este ahorro en la eficiencia representa un ahorro monetario de C\$ 33,478.1 en el primer año después de la implementación.

## IX. RECOMENDACIONES

- Debe realizarse la propuesta de mejora para el seguimiento continuo de la ejecución de las actividades, con el fin de que cada una de las etapas se cumplan siguiendo el procedimiento de las mejoras Kaizen.
- Este estudio de desperdicios debería aplicar a otras áreas del taller de mantenimiento, con el fin de que todas sigan el mismo patrón de trabajo y se pueda crear un cambio no solo de procedimientos, sino de filosofía de trabajo.
- Se recomienda programas capacitaciones y charlas de mantenimiento y Lean Manufacturing a todo el personal, con el fin de lograr que cada uno de los colaboradores entiendan el porqué de los cambios.
- Se recomienda realizar periódicamente las auditorías 5s para evitar que una vez realizado el evento inicial y se observen mejoras, no se vuelva a estado original.
- Se recomienda utilizar esta metodología propuesta para los eventos de mejora para poder atacar otros desperdicios encontrados en el análisis de desperdicios, pero no fueron tomados en cuenta para esta propuesta. Debido a que estos aún representarán grandes cantidades de tiempo perdido dentro del proceso.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Chiavenato, I. (2006). *Introducción a la teoría de la administración*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Comité Nacional de Productores de Azúcar. (15 de Marzo de 2020). *Comité Nacional de Productores de Azúcar*. Obtenido de <http://cnpa.com.ni/ingenio-san-antonio/>
- Duffua, R. D. (2007). *Sistema de mantenimiento. Planeación y control*. Mexico: Limusa Wiley.
- Duffua, Raoux, & Dixon. (2007). *Sistema de Mantenimiento. Planeación y control*. Mexico: Limusa Wiley.
- Fritze, C. (2016). *The Toyota Production System - The Key Elements and the Role of Kaizen within the System*.
- García Criollo, R. (s.f.). *Estudio del Trabajo*. Monterey: Mc Graw Hill.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing - Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid.
- Montes, C. E. (2014). *Metodología de la investigación tecnológica*. Perú.
- Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ginebra.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing - La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Real Academia Española. (05 de Abril de 2020). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/disponible?m=form>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see - value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, Massachusetts.
- Ruiz, D. (10 de Febrero de 2020). Jefe de Mantenimiento de Cosechadoras. (H. Pérez, Entrevistador)
- Tavares, L. (2000). *Administración moderna del mantenimiento*.
- Verzini, R. A. (s.f.). *ActionGroup*. Obtenido de ActionGroup: <http://www.actiongroup.com.ar/las-16-grandes-perdidas-industriales-tpm/>



## **XI. ANEXOS**

### **Anexo I: Guía de entrevistas**

A continuación, se presentan las preguntas sobre las cuales gira la entrevista realizada a las personas seleccionadas.

1. ¿Se cuenta con registros de los trabajos realizados en el mantenimiento de las cosechadoras?
2. ¿Poseen registros que identifiquen la frecuencia de las fallas?
3. ¿Existe una Inspección general orientada basada en procedimientos ya establecidos y documentados formalmente para el mantenimiento?
4. ¿Qué tipo de formatos se utilizan para las inspecciones realizadas?
5. ¿Han escuchado anteriormente o le han explicado algo acerca de Lean Manufacturing en el taller de Mantenimiento?; de ser así, ¿Qué tan capacitados considera que estas?
6. ¿Existe una estandarización de los tiempos de cada una de las actividades del proceso de mantenimiento de las cosechadoras?
7. ¿Existen registros del tiempo total que han durado los mantenimientos de años anteriores?
8. ¿Cuáles consideran que son los atrasos más frecuentes en su trabajo diario?

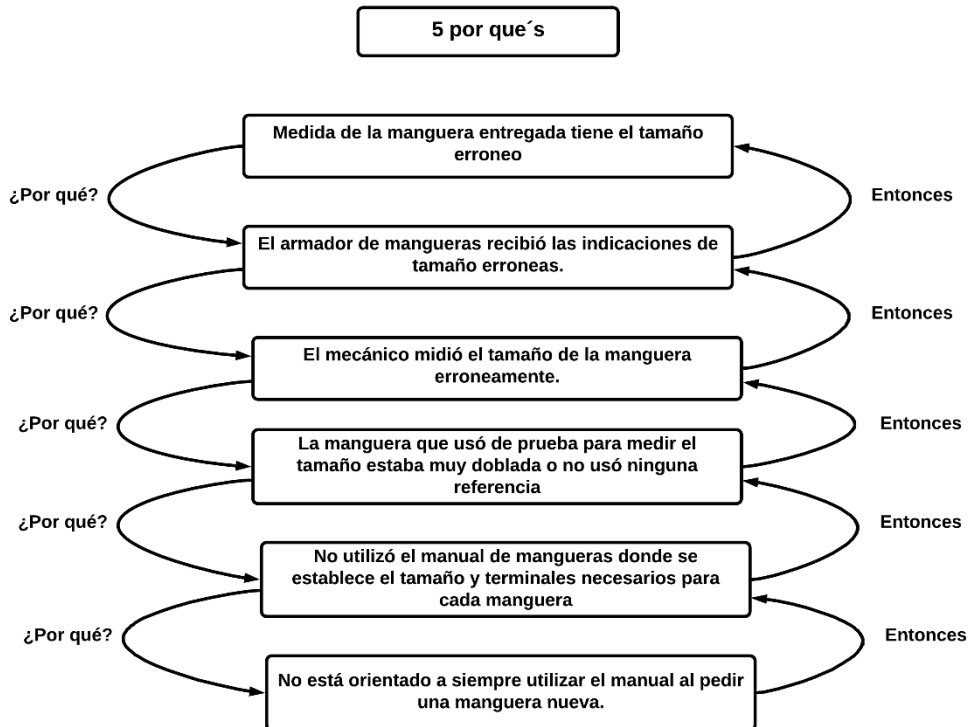
## Anexo II: Matriz de entrevista

| Pregunta  | Entrevistado 1  | Entrevistado 2  | Entrevistado 3   | Entrevistado 4  | Entrevistado 5  | Resumen  |
|---|---|---|--|---|---|--|
| <b>1. ¿Se cuenta con registros de los trabajos realizados en el mantenimiento de las cosechadoras?</b>  | Sí, el digitador crea ordenes de trabajo que ya tienen establecido los tipos de operaciones que se les va a hacer   | No, la verdad se crean ordenes de trabajo con actividades, pero no son específicas  | Se lleva un registro de lo que se hace pero en mantenimiento general no es específico  | El supervisor sabe qué es lo que se le va haciendo a cada una de las máquinas, este es quien lo cumple al jefe                              | Cada quien le vamos diciendo las actividades y el avance que tenemos en la máquina todos los días al supervisor   | <b>No se cuenta con un registro detallado de lo que se le hizo a cada cosechadora en el mantenimiento general. Se utiliza una lista de actividades genéricas</b>           |
| <b>2. ¿Poseen registros que identifiquen la frecuencia de las fallas?</b>   | El digitador lo apunta en un excel  | En temporada de zafra el digitador va llenando un excel   | Se apunta cada vez que se le daña algo al equipo.  | El digitador es quien se encarga de llevar ese histórico, con los tiempos que se llevó repararlos   | Las fallas en los equipos se llevan en un excel que luego el jefe utiliza para tomar decisiones   | <b>Se lleva un análisis de falla para la temporada de zafra en excel, en donde apuntan que fue lo que falló y cuanto tiempo pasaron reparándolo</b>                        |
| <b>3. ¿Existe una Inspección general orientada basada en procedimientos ya establecidos y documentados formalmente para el mantenimiento?</b>                                     | Nosotros lo sabemos con la experiencia, ya uno sabe que es lo que tienen que ir desmontando de la máquina, sabemos que estuvo dando fallos en la zafra      | En tiempo de reparación lo que hacemos es bajar todos los componentes para darle un chequeo general   | Así como procedimiento, no tenemos nada, tenemos un listado de actividades que se tienen que seguir, pero no siempre se hace todo lo que está ahí                                | Existe un listado de actividades, pero no siempre se hace todo eso, depende de como miremos que está la pieza                               | No tenemos algo formal, los supervisores caminan una lista de actividades en la que va apuntando el avance diario   | <b>No existe una inspección general estandarizada para el mantenimiento general</b>  |
| <b>4. ¿Qué tipo de formatos se utilizan para las inspecciones realizadas?</b>   | No utilizamos ningún formato para inspeccionar, solo el supervisor tiene el listado de actividades que se supone que debemos hacer                          | El supervisor es el que tiene el listado de actividades para el avance  | Llevamos el avance diario según las actividades que se deben hacer por máquina y después se pasan a excel  | Existe un excel que el jefe llena diario con el avance, según lo que nosotros le vamos diciendo   | Así como un formato, no tenemos, lo que hacemos es en el avance de la máquina se llena en un excel  | <b>No hay formato para las inspecciones, cada quien junto al supervisor van determinando el estado del equipo y sus partes</b>   |
| <b>5. ¿Han escuchado anteriormente o le han explicado algo acerca de Lean Manufacturing en el taller de Mantenimiento?; de ser así, ¿Qué tan capacitados considera que estas?</b> | Ya nos han venido a dar una charla de 5s la gente de mejora continua, pero así como una capacitación, a mí no me han dado                                   | El año pasado empezaron con unas capacitaciones de 5s, han hecho algunos proyectos pero no se les dio continuidad parece                            | Si nos han capacitado en Lean, tengo entendido que en noviembre empiezan otras capacitaciones, lo que pasa es que no se le ha dado seguimiento                                   | Si, nos han hablado de Lean, de 5s, de mejora continua, el año pasado se iniciaron una proyectos, pero no se por qué no se siguió           | Si, de 5s, pero no se ha dado seguimiento, yo escuché que iban a volver a intentar dar las capacitaciones a nosotros los mecánicos, pero con esto del covid, no se pudo | <b>A algunos sí se les ha capacitado antes en temas de Lean Manufacturing pero, no a todos y no se ha llevado un seguimiento de los proyectos que alguna vez iniciaron</b> |
| <b>6. ¿Existe una estandarización de los tiempos de cada una de las actividades del proceso de mantenimiento de las cosechadoras?</b>   | Ya nosotros sabemos más o menos cuanto nos va a llevar hacer algo, pero es difícil por que uno nunca sabe las condiciones en la que se encuentra la máquina | Es difícil hacer eso, por que en el campo las cosas son diferentes, las cosas allá son diferentes a aquí (adentro del taller), entonces no se puede | No se puede hacer ese tipo de cosas, esta máquina es enorme y en el campo las cosas varían demasiado   | Han intentado medir tiempo pero, no eso no sirve porque uno nunca sabe lo que va a traer la máquina, es difícil decir exactamente un tiempo | Más o menos cada quien sabe el tiempo que se va a dilatar con una máquina, pero uno nunca sabe lo que puede pasar hasta que esta metido.                                | <b>No se puede realizar ese tipo de estudio debido a que las condiciones en el campo son muy variables.</b>  |
| <b>7. ¿Cuáles consideran que son los atrasos más frecuentes en su trabajo diario?</b>   | La falta de herramientas, a veces no tenemos herramientas básicas y tenemos que andar prestando   | Las herramientas y el telehandler, perdemos mucho tiempo esperando esa máquina, porque solo hay una en todo el taller                               | Es complicado por que a veces queremos avanzar pero no depende solo de nuestra área, entre todos compartimos el área de Tornos y sólo tenemos un telehandler para todo el taller | A nosotros se nos complican las herramientas, pasa que ningún mecánico las herramientas completas, ahí le caminamos prestando entre todos   | El movimiento buscado firmas o buscando alguna herramienta o máquina como el telehandler, también las esperas por que nos reparen algo en los tornos.                   | <b>Los atrasos mas comunes son: falta de herramientas, esperas por trabajos en tornos, movimientos en búsqueda de firmas o en préstamos de herramientas</b>                |
| <b>8. ¿Existen registros del tiempo total que han durado los mantenimientos de años anteriores?</b>   | Eso lo lleva el jefe, de todos los años, ese el reporte del avance  | Eso creo que es lo que ven la gente de la gerencia con el avance  | Es tiempo lo lleva inspección, se puede ver con la creación de las Ordenes de Trabajo  | Eso lo podemos ver de dos maneras, en el sistema con las OT y el jefe lleva el avance de todas las reparaciones                             | Yo creo que el jefe lo debe llevar con el asistente   | <b>Se lleva un registro de los días totales que pasa el equipo en mantenimiento general, según las órdenes de trabajo y el historial de avance</b>                         |

### Anexo III: Formato de observación

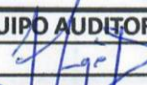

| <b>FORMATO DE MEDICIÓN DE TIEMPO DE DESPERDICIOS</b> |           | Proceso: _____ |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Fecha de análisis: _____ |     | Observó: _____ |          |               |
|--|-----------|----------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|-----|----------------|----------|---------------|
|  |           | _____          |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora análisis: _____     |     |                |          |               |
| No   | Actividad | Fecha Inicio   | Hora Inicio | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | D10                      | D11 | Fecha Fin      | Hora Fin | Observaciones |
| 1  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 2  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 3  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 4  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 5  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 6  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 7  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 8  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 9  |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 10   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 11   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 12   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 13   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 14   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 15   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 16   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |
| 17   |           |                |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                          |     |                |          |               |

## Anexo IV: Herramienta 5 ¿por qué?





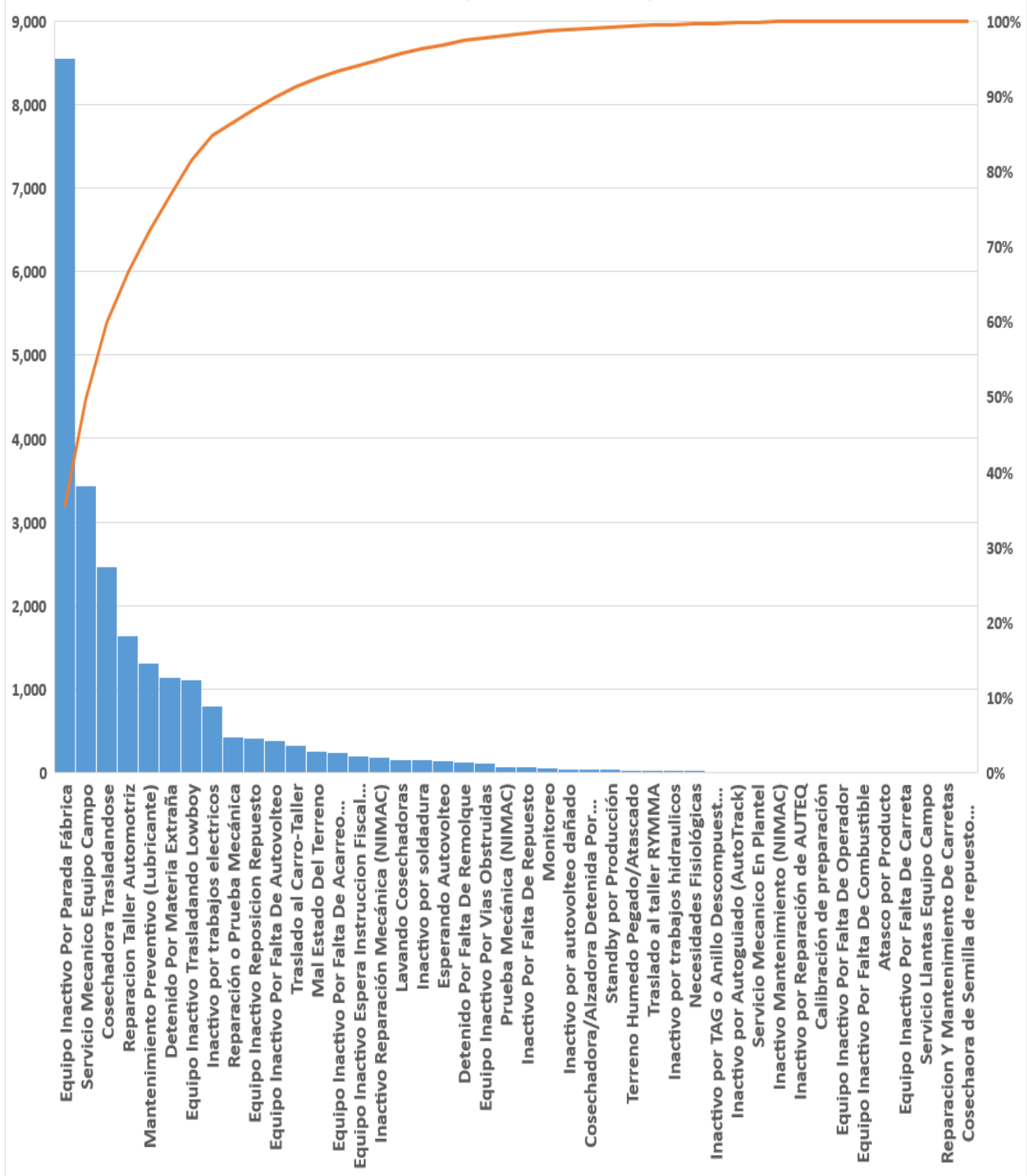
## Anexo VI: Auditoría 5s

| AUDITORÍA DE 5 S's            |                              |   |   |
|-------------------------------|------------------------------|---|---|
| AREA AUDITADA                 | EQUIPO AUDITOR               |   | FIRMAS DEL EQUIPO AUDITOR   |
| Mantenimiento de Cosechadoras | Hugo Alejandro Pérez León    |   |  |
|                               | Alejandro Miguel Díaz Amador |   |   |
| FECHA                         | Responsable del área         | FIRMAS DEL RESPONSABLE  |   |
| 5/11/2020                     | Danilo Ruiz                  |    |   |
| RUBROS AUDITADOS              |                              |   | CALIFICACIÓN  |
| Seleccionar                   | 1.1                          | Se cuenta con una lista de artículos necesarios   | 2   |
|                               | 1.2                          | Se han establecido cantidades (o máximos y mínimos) de los artículos necesarios   | 2   |
|                               | 1.3                          | Los artículos necesarios se encuentran en buen estado para su uso   | 3   |
|                               | 1.4                          | La lista de artículos necesarios coincide con lo que realmente se tiene   | 3   |
|                               | 1.5                          | Los pasillos y áreas de trabajo están libres de obstáculos y artículos innecesarios   | 3   |
|                               | 1.6                          | Los artículos innecesarios fueron enviados a cuarentena o descartados   | 2   |
| Ordenar                       | 2.1                          | En la lista de artículos necesarios se han establecido claves de ubicación para cada artículo   | 0   |
|                               | 2.2                          | Se han definido lugares para cada cosa (equipos, herramientas, materiales, etc.)  | 3   |
|                               | 2.3                          | Se han establecido y estandarizado métodos de identificación (códigos de colores, claves de ubicación, métodos para organización de anaqueles y herramientas) | 1   |
|                               | 2.4                          | Se ha realizado el marcado de áreas, tuberías y materiales según códigos de colores   | 4   |
|                               | 2.5                          | Se respetan lugares y códigos para cada cosa (los artículos necesarios se encuentran debidamente identificados y en su lugar)                                 | 0   |
|                               | 2.6                          | Hay información visual que comunique el orden de las áreas, objetos y artículos necesarios  | 1   |
|                               | 2.7                          | La información desplegada se encuentra actualizada  | 2   |
|                               | 2.8                          | Es posible identificar cuando algo está fuera de su lugar   | 0   |
|                               | 2.9                          | Es posible encontrar cualquier artículo en menos de 30 segundos   | 0   |
| Limpiar                       | 3.1                          | Las áreas de trabajo se encuentran limpias  | 4   |
|                               | 3.2                          | Las herramientas y artículos necesarios se encuentran limpios   | 4   |
|                               | 3.3                          | Se han establecido métodos para no ensuciar   | 2   |
|                               | 3.4                          | Se tienen programas de limpieza establecidos y registradas las actividades de limpieza  | 3   |

|                      |     |  |   |
|----------------------|-----|--|---|
|                      | 3.5 | Se cuenta con el equipo de limpieza necesario y en buen estado   | 2 |
|                      | 3.6 | La apariencia de los integrantes del equipo de trabajo luce limpia e impecable (Uniforme, zapatos, cara, etc.)               | 2 |
| Estandarizar         | 4.1 | Se han estandarizado códigos de colores, etiquetas, señalización por escrito   | 0 |
|                      | 4.2 | Se han estandarizado mobiliario, herramental, utensilios, materiales de trabajo, etc.  | 0 |
|                      | 4.3 | Se ha estandarizado el uso de equipo de seguridad en las operaciones que lo requieren  | 5 |
|                      | 4.4 | Se ha establecido un manual de estandarización (reglamento de las 5's, guía de ubicación, planos de áreas y anaqueles, etc.) | 0 |
|                      | 4.5 | Cumplió en tiempo y forma con evaluar el área que le correspondió la semana pasada   | 5 |
| <b>OBSERVACIONES</b> |     | <b>Guía de Calificación</b>  |   |
|                      |     | 0 = Implementación entre 0 y 20 %  |   |
|                      |     | 1 = Implementación entre 20 y 40 %   |   |
|                      |     | 2 = Implementación entre 40 y 60 %   |   |
|                      |     | 3 = Implementación entre 60 y 80 %   |   |
|                      |     | 4 = Implementación entre 80 y 90 %   |   |
|                      |     | 5 = Implementación entre 90 y 100 %  |   |

## Anexo VII: Gráfica de Pareto (Horas no productivas)

### Gráfica de Pareto para horas no productivas





## Anexo VIII: Telehandler o Manipulador Telescópico

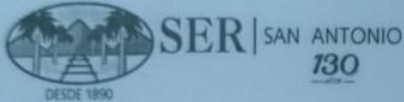



## Anexo IX: Observaciones de Auditoría 5s

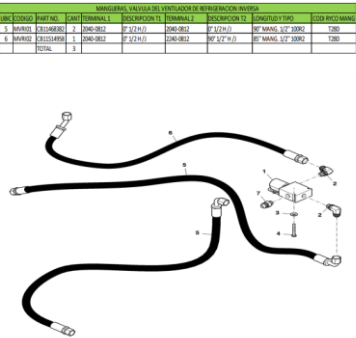



|             |     |   | Pnt | Observaciones   |
|-------------|-----|---|-----|---|
| Seleccionar | 1.1 | Se cuenta con una lista de artículos necesarios   | 2   | Si se cuenta con una lista de herramientas necesarias, pero no se utiliza por el momento y no esta estandarizada                                    |
|             | 1.2 | Se han establecido cantidades (o máximos y mínimos) de los artículos necesarios   | 2   | Existen cantidades para algunos de los artículos, como las herramientas (copas, llaves, rach) pero este no se ocupa                                 |
|             | 1.3 | Los artículos necesarios se encuentran en buen estado para su uso   | 3   | Se logró identificar algunos artículos en mal estado que necesitan ser reemplazado  |
|             | 1.4 | La lista de artículos necesarios coincide con lo que realmente se tiene   | 0   | No coincide la lista con la que se cuenta con lo que realmente tienen los mecánicos en su célula de trabajo   |
|             | 1.5 | Los pasillos y áreas de trabajo están libres de obstáculos y artículos innecesarios   | 3   | Los pasillos están delimitados, sin embargo, existen obstáculos en estos que impiden el libre movimiento  |
|             | 1.6 | Los artículos innecesarios fueron enviados a cuarentena o descartados   | 2   | Los artículos incensarios son separados, pero están dentro de las áreas de trabajo  |
|             |     |   | Pnt | Observaciones   |
| Ordenar     | 2.1 | En la lista de artículos necesarios se han establecido claves de ubicación para cada artículo   | 1   | Solo el estante de repuestos para los carros taller cuenta con ubicación destinada para cada repuesto   |
|             | 2.2 | Se han definido lugares para cada cosa (equipos, herramientas, materiales, etc.)  | 3   | Existe una iniciativa para esta labor sin embargo aún no se ha implementado por completo  |
|             | 2.3 | Se han establecido y estandarizado métodos de identificación (códigos de colores, claves de ubicación, métodos para organización de anaqueles y herramientas) | 1   | En el período de zafra se cuenta, dentro de los carros talleres, con un sistema de control visual para los machetes y cuchillas de las cosechadoras |
|             | 2.4 | Se ha realizado el marcado de áreas, tuberías y materiales según códigos de colores   | 4   | Las áreas y tuberías de oxígeno cuentan con identificación de colores, sin embargo, deben dar mantenimiento a la pintura                            |
|             | 2.5 | Se respetan lugares y códigos para cada cosa (los artículos necesarios se encuentran debidamente identificados y en su lugar)                                 | 1   | La poca existencia de lugares definidos para cada cosa hace inalcanzable este punto, solo en el caso de los carros talleres en tiempo de zafra      |
|             | 2.6 | Hay información visual que comunique el orden de las áreas, objetos y artículos necesarios  | 1   | Se cuenta con alguna información visual para la colocación de ciertos artículos (sobre todo los de seguridad)                                       |
|             | 2.7 | La información desplegada se encuentra actualizada  | 3   | La información desplegada en los murales y diagramas de información están actualizada, pero son pocas   |
|             | 2.8 | Es posible identificar cuando algo está fuera de su lugar   | 0   | No, esto es debido a la falta de controles visuales en el área  |
|             | 2.9 | Es posible encontrar cualquier artículo en menos de 30 segundos   | 0   | No, esto es debido a la falta de controles visuales en el área  |

|                     |     |  | Pnt | Observaciones  |
|---------------------|-----|--|-----|--|
| <b>Limpiar</b>      | 3.1 | Las áreas de trabajo se encuentran limpias   | 5   | Si, en su gran mayoría. Existen auditorías Ambientales semanales que regulan este punto  |
|                     | 3.2 | Las herramientas y artículos necesarios se encuentran limpios  | 3   | Se encontraron herramientas sucias después del trabajo debido al aceite  |
|                     | 3.3 | Se han establecido métodos para no ensuciar  | 3   | Se cuenta con Herramientas para evitar el derrame de aceites en el suelo y cada maquinaria es lavada antes de entrar al área de lavado |
|                     | 3.4 | Se tienen programas de limpieza establecidos y registradas las actividades de limpieza                                       | 3   | Se realizan limpiezas de las áreas de trabajo dos veces al día, pero no se lleva registro de estas                                     |
|                     | 3.5 | Se cuenta con el equipo de limpieza necesario y en buen estado   | 5   | Se cuentan con los equipos de limpieza   |
|                     | 3.6 | La apariencia de los integrantes del equipo de trabajo luce limpia e impecable (Uniforme, zapatos, cara, etc.)               | 2   | No todos los colaboradores cuidan este aspecto   |
|                     |     |  | Pnt | Observaciones  |
| <b>Estandarizar</b> | 4.1 | Se han estandarizado códigos de colores, etiquetas, señalización por escrito   | 0   | No se cuentan con esto   |
|                     | 4.2 | Se han estandarizado mobiliario, herramental, utensilios, materiales de trabajo, etc.  | 0   | No, cada trabajar cuenta herramientas diferentes a los otros   |
|                     | 4.3 | Se ha estandarizado el uso de equipo de seguridad en las operaciones que lo requieren  | 5   | Todos los mecánicos cuentan con sus equipos de protección  |
|                     | 4.4 | Se ha establecido un manual de estandarización (reglamento de las 5's, guía de ubicación, planos de áreas y anaqueles, etc.) | 0   | No se cuenta con manual  |
|                     | 4.5 | Cumplió en tiempo y forma con evaluar el área que le correspondió la semana pasada   | 5   | Primera auditoría  |

## Anexo XI: Solicitud de servicio a Torno y Soldadura

|   |   |
|---|---|
|    | <b>GERENCIA DE TALLERES<br/>SOLICITUD DE SERVICIO<br/>TORNO Y SOLDADURA</b> |
| Código de Equipo: _____   | Fecha: _____  |
| O/T _____ Tarea: _____  | Prioridad: _____  |
| Área: _____   | Hora Recibido: _____  |
| Descripción del Trabajo   |   |
| _____   |   |
| _____   |   |
| _____   |   |
| _____   |   |
| 1-Máxima                      2-Media                      3-Mínima   |   |
| <br><small>Nestlé en Guatemala S.A. de C.V.<br/>Del paraje de Chachajlops 5 km. al sur<br/>Chachajlops, Chantón, Guatemala<br/>T: (502) 2341 9120 e: (502) 8966 8200</small> | _____<br>Firma Jefe de Área   |

# Anexo XII: Instrucción de trabajo para solicitud de mangueras

| INSTRUCCIÓN DE TRABAJO              |  |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
|-------------------------------------|--|------------------------|------|---|---|--|---|--|-------|-------------|------------|----------|
| Área: Mantenimiento de Cosechadoras |  |                        |      | Operación: Solicitud  |   | Tipo de producto: Mangueras  |   | Preparado por: Hugo Pérez  |       | Pág. 1 de 1 |            |          |
| NO.                                 | SECUENCIA DE OPERACIONES   |                        |      | PUNTOS CLAVE  |   | RAZONES PARA PUNTOS CLAVE  |   | ILUSTRACIONES  |       |             |            |          |
| 1                                   | Identificar las Mangueras necesarios en el manual de Mangueras   |                        |      | Es importante identificar correctamente la manguera que se necesita   |   | De no ser así todo el proceso se convertirá en un reproceso debido a una mala solicitud del usuario  |   |   |       |             |            |          |
| 2                                   | Anotar la cantidad y el código de las mangueras que se necesitan o pedir directamente con el manual en mano. |                        |      | Hacer anotaciones claras  |   | Las anotaciones claras ayudan a que se cometan menos errores de interpretación por parte del almacén |   |  |       |             |            |          |
| 3                                   | Llevar solicitud al digitador de requisas  |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
| 4                                   | Llevar requisas aprobada al almacen de repuestos   |                        |      | Llevar el código de las requisas digitales  |   | De no llevar el código de requisas aprobada, no podrá extraer el repuesto del almacén                |   |  |       |             |            |          |
| 5                                   | Recoger los repuestos solicitados  |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
| 6                                   | Llevar repuestos y códigos de las mangueras necesarias a la persona encargada de ensamblar las mangueras     |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
| 7                                   | Regresar al puesto de Trabajo  |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
| 8                                   | Esperar a que les envíen el paquete de mangueras solicitadas   |                        |      | Si el pedido de mangueras es muy grande, la persona encargada de ensamblar las mangueras es quien las lleva al área de trabajo una ves terminadas |   | No es necesario esperar a que terminen todas las mangueras.  |   |  |       |             |            |          |
| 9                                   | Inspeccionar que las mangueras sean las solicitadas  |                        |      | Punto Crítico del proceso   |   | Si no se realiza una inspección del producto entregado, se podría convertir en un grave problema     |   |  |       |             |            |          |
| 10                                  | Colocar mangueras  |                        |      |   |   |  |   |  |       |             |            |          |
| REGISTRO DE CAMBIOS                 |  |                        |      | CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD  |   | CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD   |   | FIRMAS   |       |             |            |          |
| Fecha                               | Rev  | Descripción del cambio | Sup. | Aprob.  |  |  |  |  | Fecha | Turno       | Supervisor | Operator |
|                                     |  |                        |      |   | -El equipo de seguridad debe ser utilizado en todo momento                          |  | -El equipo de seguridad debe ser utilizado en todo momento                            |  |       |             |            |          |

**Anexo XIII: Tarjetas de mejora**

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| TARJETA DE OPORTUNIDAD              |               |
| Fecha:                              | Folio:        |
| Área:                               |               |
| Oportunidad detectada: (Muda, Muri) |               |
| Actividad a realizar:               | Clasificación |
| Equipo:                             |               |
| Observaciones:                      |               |
| Fecha:                              | Folio:        |
| Área:                               |               |
| Oportunidad detectada: (Muda, Muri) |               |
| Actividad a realizar:               | Clasificación |
| Equipo:                             |               |
| Observaciones:                      |               |