

**Desarrollo de proyectos para mejorar la efectividad de las paradas de mantenimiento y
vida útil de equipos en la gerencia de mantenimiento de equipo sobre llantas de
Carbones de Cerrejón**

German David Colina Amaya

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico

Director

Pedro Pablo Diaz Jaimes

Título académico más alto

Codirector

William R. Castro

Título académico más alto

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Ingeniería Mecatrónica

2023

Contenido

	Pág.
Introducción	7
1. Desarrollo De Proyectos Para Mejorar La Efectividad De Las Paradas De Mantenimiento Y Vida Útil De Equipos En La Gerencia De Mantenimiento De Equipo Sobre Llantas De Carbones De Cerrejón	8
1.1 Planteamiento del Problema.....	8
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos	10
1.4 Reseña de la empresa	10
1.4.1 Misión.....	10
1.4.2 Visión	10
2. Marco de Referencia	11
3. Resultados	12
4. Discusión.....	18
5. Conclusiones.....	19
6. Recomendaciones	19
Referencias.....	21

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Plan de acción objetivo 1</i>	12
Tabla 2. <i>Plan de acción objetivo 2</i>	13
Tabla 3. <i>Plan de acción objetivo 3</i>	17

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Logo de la empresa</i>	10
Figura 2. <i>Diagrama de Gantt del plan de trabajo</i>	12
Figura 3. <i>Gráfico BASELINE & ACTUAL WT</i>	13
Figura 4. <i>Diseño para el hangar 14A</i>	14
Figura 5. <i>Items correspondientes al hangar 14A.....</i>	14
Figura 6. <i>Diseño para el hangar 13A</i>	15
Figura 7. <i>Items correspondientes al hangar 13A.....</i>	15
Figura 8. <i>Diseño para el hangar 12A</i>	16
Figura 9. <i>Items correspondientes al hangar 12A.....</i>	16
Figura 10. <i>Análisis Tiempos de parada programada BASELINE & ACTUAL</i>	18
Figura 11. <i>Indicadores de Para Programada.....</i>	18

Resumen

En el presente documento se muestra el procedimiento del practicante en su rol de apoyo a la gerencia de mantenimiento de equipo sobre llantas en la participación de 3 proyectos: Optimización de paro programado mediante análisis de datos de actividades no productivas, productividad del taller Wrench Time para reducción de tiempos involucrados y finalmente implementación de la metodología 5S para estandarizar hangares en mejora de mantenimiento; siendo los proyectos orientados a la eficiencia operativa y mejora continua.

Palabras Clave: Mantenimiento, paro programado, análisis de datos, 5S, productividad, Wrench time.

Abstract

In this document, the intern's role in supporting the tire equipment maintenance management in the participation of 3 projects is presented: Optimization of scheduled downtime through the analysis of data from non-productive activities, workshop productivity - Wrench Time for reducing involved times, and finally, implementation of the 5S methodology to standardize hangars for maintenance improvement. The projects are focused on operational efficiency and continuous improvement.

Keywords: Maintenance, scheduled downtime, data analysis, 5S, productivity, Wrench Time.

Introducción

Las prácticas empresariales realizadas tuvieron como objetivo dar apoyo a la gerencia de mantenimiento de equipo sobre llantas. Durante el trabajo realizado, se realizaron tres proyectos importantes; mediciones de Wrench Time (WT), la inspección de control de contaminación y mediciones de la parada programada. En el primer proyecto se aplicaba la metodología Wrench Time (WT) en la medición del tiempo con herramienta en mano de los técnicos aplicando un mantenimiento efectivo sobre los equipos, logrando estimar un porcentaje de tiempo del turno el cual es usado por los técnicos efectivamente sobre el equipo y los porcentajes de tiempos usados en acciones incidentales y acciones que no generan valor, con estos porcentajes se buscaba identificar las posibles mejoras para así aumentar el porcentaje de WT y disminuir el porcentaje de acciones que no generan valor e identificar acciones incidentales. En el segundo proyecto se realizaba apoyo en la inspección de control de contaminación que tenía como objetivo realizar auditorías en los hangares donde se desarrollaban prácticas de mantenimiento teniendo en cuenta una guía con la cual se obtenía un criterio para tener ciertos parámetros bajo control o con un nivel de calidad específico. Y en el tercer proyecto se realizaba seguimiento a la parada programada de los equipos en las diferentes flotas en talleres de mantenimiento el cual consistía en medir y diferenciar el tiempo planeado o programado versus el tiempo real que toma la parada, se realizaba para poder denotar las razones por las cuales este tiempo real llega a ser superior al programado, debido a acciones que no generan valor o incidentales que ocurren en el transcurso de la parada.

1. Desarrollo De Proyectos Para Mejorar La Efectividad De Las Paradas De Mantenimiento Y Vida Útil De Equipos En La Gerencia De Mantenimiento De Equipo Sobre Llantas De Carbones De Cerrejón

1.1 Planteamiento del Problema

La efectividad con la que se realizaban las labores de mantenimiento (WT) por parte de los técnicos podía aumentar para lograr obtener un nivel de WT mundial el cual equivale a un 60 por ciento del tiempo del turno empleado efectivamente en mantenimiento sobre el equipo y esto se puede ver en aumento al momento de identificar las posibles mejoras al proceso de mantenimiento disminuyendo la causas que no generan valor que tienen mayor impacto en el turno.

Con el paso del tiempo se lograba ver un deterioro en la calidad del mantenimiento debido a que no se tenía controlado cierto márgenes o estándares en las zonas de mantenimiento.

El tener un seguimiento registrado de la para programada ayuda a identificar la valoración de algunos de los indicadores importantes a tener en cuenta al momento de realizar un PM (Mantenimiento Preventivo) los cuales son alcance tiempo y primera llamada.

1.2 Justificación

Identificando algunas posibles mejoras para aplicar al momento de que los técnicos hagan su labor de mantenimiento durante el turno se podría lograr aumentar el porcentaje de WRECH TIME hasta poder llegar a los valores deseados los cuales equivalen a tener una efectividad (WT) del 60 por ciento o mayor, logrando estar dentro del rango de nivel mundial dentro de las grandes empresas globales. De igual forma, se aplicarían las posibles mejoras y se controlarían para así no solo tener los porcentajes deseados, sino que también mantenerlos.

Después de hacer las primera auditorias de control de contaminación, se identificaron que algunas prácticas son realizadas de la manera menos recomendable ya que se contamina la zona de trabajo, la herramienta o los implementos que se usan al momento de aplicar el mantenimiento a los equipos y el uso de herramientas o implementos contaminados al momento de ponerlos en contacto con el equipo, lo cual podría llegar a disminuir su vida útil o disminuir la calidad del mantenimiento implementado, así que el objetivo de realizar auditorías con retroalimentaciones es lograr poder mantener el estándar designado para cada hangar y las normativa que estos debe tener y aplicar al momento de los mantenimiento.

Luego de haber identificado los lapsos de tiempo reales que se tomaba una parada previamente programada, se procedió a realizar seguimiento de estas para poder registrar las causas que generaban demoras y posteriormente identificar las posibles oportunidades de mejora en las acciones de no valor y acciones incidentales de la parada, analizar la totalidad de los datos para dar solución a estos inconvenientes y poder implementar la mediciones del cumplimiento mediante indicadores los cuales vendrían siendo el alcance, la primera llamada (Cuando vuelve a fallar el equipo) y el tiempo de PM.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar la metodología DMAIC en procesos específicos con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejoras aplicables en los diferentes procesos para aumentar la productividad, eficiencia y efectividad.

1.3.2 Objetivos Específicos

Definir un plan de acción para mejorar la efectividad de los técnicos a la hora de realizar sus laboras de mantenimientos, plan de acción para aumentar el Wrench Time.

Aplicar la metodología 5s en hangares de talleres permanentes flota de camiones mecánicos para obtener una mayor calificación en las inspecciones de control de contaminación.

Definir un plan de acción para mejorar el resultado de los indicadores en las mediciones de las paradas programadas en la flota de Equipo Auxiliares de llantas (EALL) más específicamente para la flota de estudio inicial, motos niveladoras.

1.4 Reseña de la empresa

Figura 1. Logo de la empresa



1.4.1 Misión

Producir y exportar carbón de manera eficiente, confiable y rentable, cumpliendo con los más altos estándares en seguridad, salud, medio ambiente y ética empresarial, contribuyendo al progreso de nuestra gente, las comunidades vecinas y La Guajira.

1.4.2 Visión

Ser el productor y exportador de carbón líder a nivel mundial y un aliado clave para el progreso y desarrollo sostenible de La Guajira.

En el centro de La Guajira se encuentra el corazón de nuestra operación, desde donde realizamos la exploración y explotación del carbón colombiano siguiendo los más altos estándares operacionales y ambientales. Una vez finalizado el proceso minero, comienza la rehabilitación de tierras en las áreas intervenidas.^[1]

2. Marco de Referencia

Wrench Time: Una medida primaria de la eficiencia de la fuerza laboral (Llave en mano) y de la efectividad de las funciones de planificación y programación. Representa el tiempo dedicado realmente a "realizar" el mantenimiento. Las encuestas muestran consistentemente que el tiempo de llave en mano dentro de un entorno reactivo de mantenimiento de extinción de incendios está dentro del rango de 30 a 40 por ciento. La planificación adecuada en la organización de mantenimiento puede mejorar en gran medida la eficiencia de la ejecución del mantenimiento, generalmente especificado como el tiempo de llave en mano. Algunas encuestas comparativas recientes sugieren que las organizaciones de clase mundial logran un tiempo de WT de >52 %.

DMAIC: Es una metodología de mejora continua conformada por 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y está incluida dentro de las herramientas de la filosofía Six Sigma. Cada etapa está pensada para seguir una secuencia lógica en la búsqueda de una mejora continua en un proceso determinado. ^[2]

El método de las 5S: Es una técnica de gestión cuyo objetivo es lograr espacios de trabajo más organizados, productivos, [ergonómicos](#), seguros y de mayor calidad. El nombre deriva de cinco términos japoneses que comienzan con la letra «S» y representan los 5 pasos necesarios para transformar cualquier espacio en un espacio de trabajo *lean*.

Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización), Shitsuke (Disciplina).[3]

3. Resultados

Figura 2. Diagrama de Gantt del plan de trabajo

Objetivo Especifico	Actividades realizadas para consecuencias de dichos objetivos	Fecha inicial	Fechas Final	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mejorar la productividad del personal tecnico en el taller mediante mediciones del indicador WRENCH TIME (tiempo llave en mano)	Recibir el entrenamiento teorico en la metodologia	2/28/2023	4/4/2023																												
	Realizar rutas programadas con acompanamiento del supervisor a cargo de esta actividad	2/28/2023	8/11/2023																												
	Realizar las rutas programadas para toma de datos segun superintendencia seleccionada	2/28/2023	8/11/2023																												
	Digitar datos obtenidos en el formato excel	2/28/2023	8/11/2023																												
	Realizar informe con analisis de los datos obtenidos y proponer recomendaciones para aumentar los niveles de WT	5/9/2023	8/11/2023																												
Implemetar la metodologia de Control de Contaminacion para mejorar los estandares del taller y practicas de mantenimiento.	Realizacion de inspecciones de control de contaminacion guiadas por personal encargado de la actividad	3/6/2023	4/3/2023																												
	Inspeccionar periodicamente hagues de las diferentes superintendencias	3/6/2023	8/10/2023																												
	Dar seguimiento de los hangares inspeccionados	6/30/2023	8/10/2023																												
Mejorar el cumplimiento de la parada programada de mantenimiento de flotas en Tiempo, alcance y calidad	Realizar observaciones para tomar tiempos de inicio y fin de los diferentes items programados, no programados, acciones incidentales y que no generan valor.	4/18/2023	8/11/2023																												
	Generar base de datos de las diferentes flotas observadas, identificar causas raices de las desviaciones del proceso, y proponer ideas de mejoramiento	5/15/2023	8/11/2023																												
	Terminado																														
	Sin Terminar																														

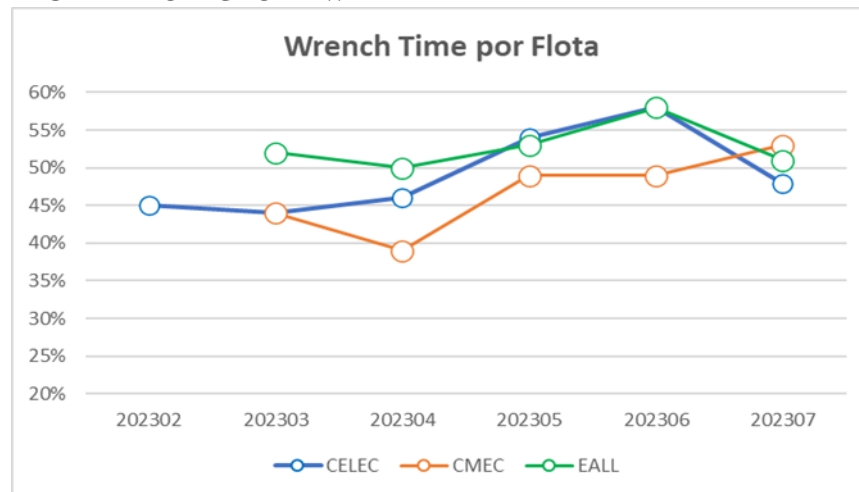
Para el cumplimiento del primer objetivo y posteriormente de haber finalizado el entrenamiento respectivo en la metodología, se procede a realizar un consolidado de datos en las diferentes flotas para así ver la tendencia que se ha tenido luego de iniciar con las mediciones de WT y analizar los datos donde se encuentran los porcentajes mayores de acciones de no valor e incidentales durante los turnos para lograr identificar donde están las posibilidades de mejoras que ayudaran a aumentar el nivel de productividad del turno. Después de haber realizado la consolidación de datos, se implementaron los planes de acción de mejora y se realizó el seguimiento mediante la toma de datos para identificar un antes y un después de la implementación de los planes de acción, estos dos tiempos se van a representar con el base time y actual time.

Tabla 1. Plan de acción objetivo 1

Iniciativa	Estado	Resp.	Fecha
Minimizar tiempo de entrega de APL	Ejecutado	Programación	Jun-2023

Asegurar la entrega oportuna de los bancos de herramientas en los hangares	Ejecutado	Herramienteria	Jun-2023
Optimizar el tiempo de la reunión de inicio de turno	En proceso	Supervisor CRJ	Ago-2023
Mejorar coordinación para entrega de equipos a lavadero	En proceso	Supervisor CRJ	Ago-2023

Figura 3. Gráfico BASELINE & ACTUAL WT



Para el cumplimiento del segundo objetivo se implementó la metodología 5s en los hangares de camiones mecánicos 12A, 13A y 14A obteniendo como resultado la fase final la cual sería mantener el estado en el que se estaban dejando los hangares.

Tabla 2. Plan de acción objetivo 2

Iniciativa	Estado	Resp.	Fecha
Implementación de la primera S (SEIRI)	Ejecutado	German Colina	May-2023
Implementación de la segunda S (SEITON)	Ejecutado	Yoleidis Barbosa	Jun-2023
Implementación de la tercera S (SEISO)	Ejecutado	Jaime Jiménez	Jun-2023
Implementación de la cuarta S (SEIKETSU)	En espera	Jaime Jiménez	Ago-2023
Implementación de la quinta S (SHITSUKE)	En Evaluación	Jaime Jiménez	TBD

Y para cumplir con el ultimo ítem de la metodología 5s se deberá mantener el diseño creado para cada uno de los diferentes hangares.

Figura 4. *Diseño para el hangar 14A*

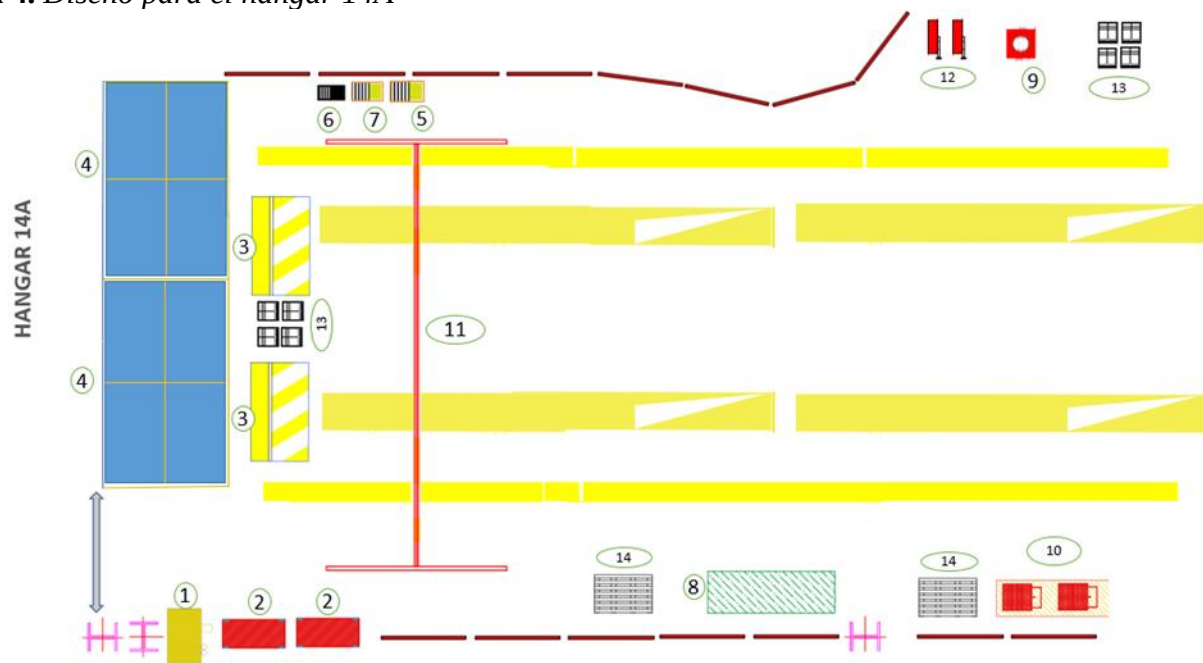
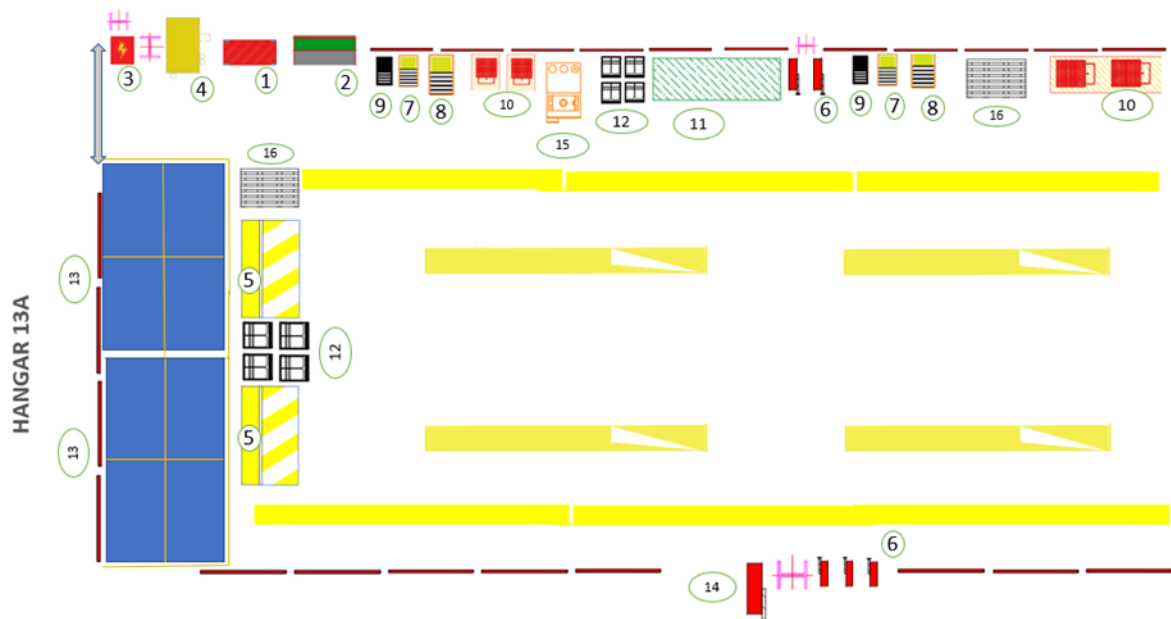


Figura 5. *Items correspondientes al hangar 14A*

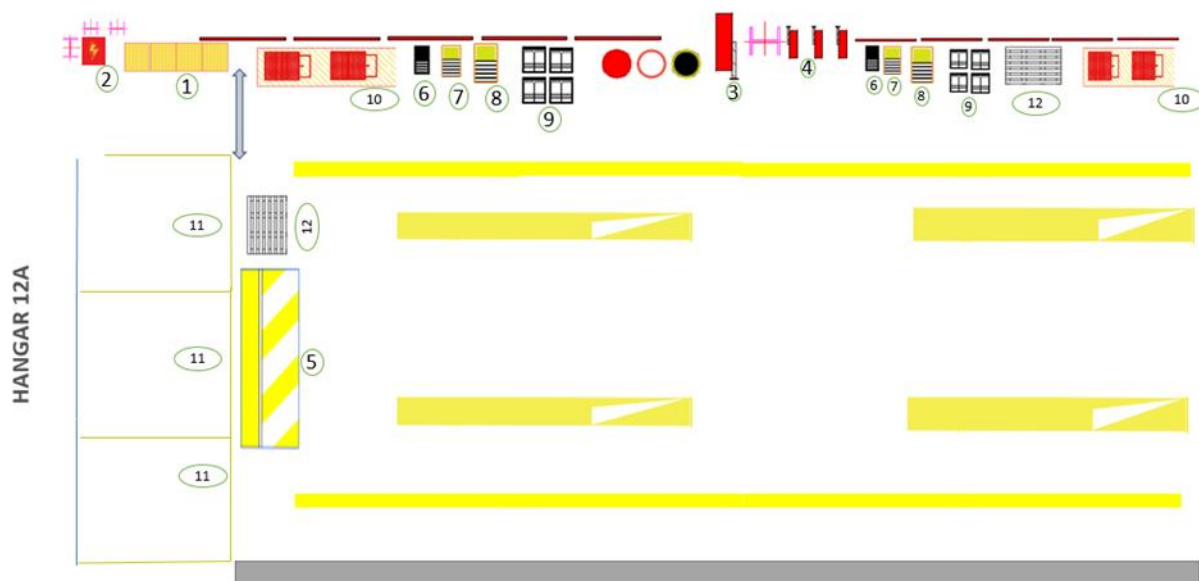
•HANGAR 14A

- 1 – UNIDAD DE ACEITE
- 2 – VITRINA DE HERRAMIENTAS
- 3 – TOPELLANTAS
- 4 – BAHIA DE COMPONENTS
- 5 – ESCALERA 5 PELDAÑO
- 6 – ESCALERA 3 PELDAÑO
- 7 – ESCALERA 4 PELDAÑO
- 8 – ZONA PARA TRILLI
- 9 – EXTINTOR
- 10 - Zona para carros recolectores de aceite
- 11 – PORTICO
- 12 – CARRETE DE AIRE
- 13 - PORTACUÑAS DE 2 CUÑAS
- 14 - ESTIBA

Figura 6. *Diseño para el hangar 13A***Figura 7.** *Items correspondientes al hangar 13A*

•HANGAR 13A

- 1 – VITRINA DE HERRAMIENTAS
- 2 – BANCO DE TRABAJO Y HERRAMIENTAS
- 3 – TOMA 480
- 4 – UNIDAD DE ACEITE
- 5 – TOPELLANTAS
- 6 – CARRETE DE AIRE
- 7 – ESCALERA 4 PELDAÑO
- 8 – ESCALERA 5 PELDAÑO
- 9 – ESCALERA 3 PELDAÑO
- 10 - Zona para carros recolectores de aceite
- 11 – ZONA PARA TRHILLI
- 12 – PORTACUÑAS DE 2 CUÑAS
- 13 – BAHIA DE COMPONENTES
- 14 - CARRETE DE AGUA CONTRA INCENDIOS
- 15 – ZONA PARA UNIDAD DE CALIBRACION DE SUSPENSION
- 16 - ESTIBA

Figura 8. *Diseño para el hangar 12A***Figura 9.** *Items correspondientes al hangar 12A*

•HANGAR 12A

- 1 – JAULAS
- 2 – TOMA 480V
- 3 – CARRETE DE AGUA CONTRA INCENDIOS
- 4 – CARRETE DE AIRE
- 5 – TOPELLANTAS
- 6 – ESCALERA 3 PELDAÑO
- 7 – ESCALERA 4 PELDAÑO
- 8 – ESCALERA 5 PELDAÑO
- 9 – PORTACUÑAS DE 2 CUÑAS
- 10 – Zona para carros recolectores de aceite
- 11 - BAHIA DE EQUIPOS PEQUEAUXILIARES
- 12 - ESTIBA

Para el cumplimiento del tercer objetivo y luego de tener los datos consolidados de las primeras 4 mediciones en la flota de EALL, más específicamente en la flota de moto niveladoras

16M, se procedió a implementar unos planes de acción y se realizaron dos mediciones más en esta misma flota para lograr ver el cambio positivo en los indicadores.

Tabla 3. *Plan de acción objetivo 3*

Iniciativa	Estado	Resp.	Fecha
Asignación del rol de supervisor líder de PM	Ejecutado	Superintendente	Jul-2023
Mejorar interfase entre Ejecución y Programación y el seguimiento a la programación semanal previo a las paradas	Ejecutado	Supervisor PM	Jul-2023
Mejorar el proceso de seguimiento a la ejecución de la parada programada basado en control de intervalo corto	En proceso	Supervisor PM	Ago-2023
Mejorar inspección en campo, dividir en dos fases, una para detección de fugas y otra inspección luego de hacer un lavado superficial	En Evaluación	Supervisor Campo	TBD

Figura 10. *Análisis Tiempos de parada programada BASELINE & ACTUAL***Figura 11.** *Indicadores de Para Programada*

Fase	MTFF	Alcance	Tiempo
Baseline	165/141	91%	153%
Actual	45/141	88%	135%

4. Discusión

En el proceso de implementación de la metodología 5s se presentaron varias demoras debido al tiempo de disposición de algunos de los involucrados. Sin embargo, la demora que marco la mayor diferencia fue por falta de material (pinturas necesarias) ya que se tuvo que esperar unas semanas para poder comenzar con la implementación del diseño en los hangares lo cual causó que

el practicante solo llegara hasta la fase o S (SEIKETSU) implementar. De igual forma, antes de esta espera se había presentado otra ya que se estaba realizando mantenimiento a un hangar de la flota de camiones mecánicos, ocasionando dificultaba al poder dejar disponible un segundo hangar (12A o 13A o 14A) para poder implementar el diseño que se había creado, esta también presento una demora. En la parada programada, aunque no se llegó a cumplir el indicador de la primera llamada, se pudo evidenciar una disminución porcentual del tiempo empleado en acciones de no valor debido al plan de acción implementado, ayudando a que el porcentaje del tiempo entre el planeado y la variación fuera un poco mayor, que en parte también era algo que se estaba buscando.

5. Conclusiones

Se puede concluir que los planes de acción implementados con el fin de aumentar la productividad en el taller dieron resultados positivos debido a que se pudo notar un aumento considerable en el porcentaje de WT. De igual forma, se puede identificar con la consolidación de datos las categorías de acciones incidentales y acciones que no generan valor en las cuales hubo un decremento considerables lo cual aporta a tener mayores porcentajes de WT.

En la parada programada se pudo evidenciar una disminución en el tiempo implementado en la realización de la labor con respeto al tiempo planeado, dejando más tiempo disponible para atender los imprevistos que se presentan al momento de hacer el PM (Mantenimiento Preventivo).

6. Recomendaciones

Se recomienda diseñar un cronograma teniendo en cuenta los tiempos de disponibilidad de todos los involucrados para que a futuro no se presente una demora o un retraso considerable, como la situación ocurrida al momento de implementar la 4s (cuarta s) ya que se presentaron varias

demoras las cuales fueron la espera por disposición de los hangares y la espera por el material requerido.

Si se sigue implementando los planes de acción propuestos se podría ver un aumento en el paso del tiempo de la productividad del WT y una mejor ponderación en los indicadores de la llamada programada.

Referencias

[1] (Cerrejon, s.f.)

Cerrejon. (s.f.). *Cerrejon.com*. Obtenido de <https://www.cerrejon.com/nuestra-operacion/mina>

[2] (IMAGINER, s.f.)

IMAGINER. (s.f.). Obtenido de <https://blog.imagineer.co/es/estrategia/dmaic/dmaic-y-otras-herramientas-six-sigma-para-potenciar-la-mejora-continua>

[3] (Somengil, 2022)

Somengil. (26 de Mayo de 2022). *MULTI WASHER*. Obtenido de <https://blog.somengil.com/es/metodologia-5s/>