

**Implementación del Modelo Lean Six Sigma para el mejoramiento de los procesos de PM
cortos de Motoniveladoras del modelo 24 en el área RTTF en las minas de la compañía
Drummond Ltda**

Jose Javier Sarmiento Triana

Asesor

Carlos Ruben Trejos Moncayo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Negocios – ECACEN

Especialización en Gestión de Proyectos – Proyecto De Grado

2024

Resumen

Este proyecto de grado describe la implementación de la metodología Lean Six Sigma en DRUMMOND LTDA., enfocándose en mejorar los procesos de mantenimiento y reparación de la flota de tractores y cargadores del área RTTF, específicamente en las motoniveladoras modelo 24. A través del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se identifican problemas, se recogen datos y se proponen soluciones para optimizar el mantenimiento preventivo, con el objetivo de reducir los ocho tipos de desperdicios en los procesos: sobreproducción, transporte, inventario, movimiento, sobre-proceso, re-trabajos, esperas y gestión del talento humano. En la fase de definición, se establecen los indicadores y objetivos de medición; en la fase de medición, se recopilan datos sobre los tiempos de las actividades y las variables que los afectan; y en la fase de control, se estandarizan los procesos, creando formatos para asegurar un control adecuado. La sobreproducción y una gestión inadecuada del inventario o transporte generan demoras, mientras que los movimientos innecesarios, las tareas repetitivas y las esperas afectan la eficiencia del proceso. El personal juega un rol clave en la implementación exitosa, debiendo estar capacitado y certificado para evitar contratiempos. Así, el proyecto establece soluciones basadas en la mejora continua para optimizar los tiempos y recursos en los procesos de mantenimiento.

Palabras clave: Estándar, Proceso, Mantenimiento, Planeación, Metodología.

Abstract

This degree project describes the implementation of the Lean Six Sigma methodology at DRUMMOND LTDA., focusing on improving the maintenance and repair processes of the fleet of tractors and loaders in the RTTF area, specifically on model 24 motor graders. Through the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), problems are identified, data is collected and solutions are proposed to optimize preventive maintenance, with the aim of reducing the eight types of waste in the processes: overproduction, transportation, inventory, movement, over-processing, re-work, waiting and human talent management. In the definition phase, the indicators and measurement objectives are established; In the measurement phase, data is collected on the timing of activities and the variables that affect them; and in the control phase, processes are standardized, creating formats to ensure adequate control. Overproduction and inadequate inventory or transportation management generate delays, while unnecessary movements, repetitive tasks and waiting affect the efficiency of the process. Staff play a key role in successful implementation, and must be trained and certified to avoid setbacks. Thus, the project establishes solutions based on continuous improvement to optimize time and resources in maintenance processes.

Keywords: Standard, Process, Maintenance, Planning, Methodology.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Antecedentes del Programa.....	13
Historia y Línea de Tiempo de Lean Six Sigma	13
Fusión de Lean Six Sigma.....	15
Contexto en Donde se Presenta el Conflicto.....	16
Un Poco de Historia y Desarrollo de Drummond Company.....	16
Problemática	20
Descripción del Problema	21
Definición del Sponsor del Proyecto	25
Definición de los Stakeholders	26
Modalidades de Solución al Problema.....	27
Restricciones del Proyecto.....	30
Formulación y Sistematización del Problema por Medio de Preguntas	31
Alcance.....	31
Tiempo.....	31
Costo.....	31
Recursos	32
Calidad.....	32
Riesgos	32
Planteamiento del Problema.....	32
Justificación	34

Optimización de Procesos y Estándares.....	34
Reducción de Costos y Mejoramiento de la Calidad	34
Mejora Continua y Competitividad.....	34
Impacto en el Clima Laboral y Reducción de Re-trabajos	35
Validación y Soporte Estadístico	35
Objetivos.....	36
Objetivo General	36
Objetivos Específicos.....	36
Implementación y Desarrollo del Proyecto Para Alcanzar los Objetivos Planteados	37
Recopilación y análisis de Referencias Bibliográficas Para la Toma de Decisiones con Respecto a la Ruta a Implementar la Metodología Lean Six Sigma en los procesos de PM Cortos de las motoniveladoras Modelo 24 en el Area RTTF de la Mina Drummond	37
Implantación de la metodología Lean Seis Sigma en un proceso de mantenimiento aeronáutico	37
Marco Teórico.....	43
Concepto de Lean Six Sigma	43
Importancia de La Implementación de Lean Six Sigma en una Compañía	46
Obtener la Información en el Objeto de Estudio que Permita Mejorar los Procesos de Mantenimiento, Reducir Desperdicios, Mejorar los Tiempos de Entrega de los Equipos, Mejorar la Calidad del Servicio de Mantenimiento y Costos en los PM Cortos de las Motoniveladoras Modelo 24 en el Area RTTF de la Mina Drummond	48
Tipo de Investigación.....	48
Paradigma de Investigación Cuantitativo.....	48

Metodología Deductiva.....	49
Alcance.....	49
Consistencia de la Metodología	50
Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos	50
Procedimiento	51
Procedimiento de Recolección de Datos	51
Análisis FODA.....	52
Descripción de la Aplicación de Lean Six Sigma.....	52
Procedimiento de Aplicación de Lean Six Sigma.....	54
Aplicación de la Fase Definir.....	54
Resultados Esperados de la Aplicación de la Fase Definir	56
Procedimiento de Aplicación de la Fase Medir.....	56
Procedimiento de Aplicación de la Fase de Analizar.....	64
Procedimiento de Aplicación de la Fase de Mejora	66
Identificar Cada uno de los Residuos del Proceso de PM Cortos de Motoniveladoras 24 y	
Plantear las Estrategias Necesarias para Eliminar o Disminuir Dichos Residuos	71
Sobre-Proceso.....	71
Sobre-producción	72
Transporte.....	72
Inventario.....	73
Movimientos.....	74

Re-trabajos.....	76
Esperas.....	77
Talento Humano	77
Procedimiento de Aplicación de la Fase Controlar.....	78
Presentación de la Metodología Lean Six Sigma al Personal Operativo y Administrativo de la Compañía	80
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	86
Estandarización de Procesos	86
Capacitación Continua	86
Auditorías Periódicas	86
Mejora Continua.....	86
Monitoreo de Indicadores	86
Comunicación Eficaz	86
Expansión del Modelo.....	87
Referencias bibliográficas.....	88
Anexos	92
Anexo 1	92
Encuesta para Trabajadores del Área RTTF de Mantenimiento De Tractores y Cargadores de la Mina El Descanso de la Compañía Drummond Ltda	92

Lista de Tabla

Tabla 1 <i>Definición de los Stakeholders</i>	26
Tabla 2 <i>Modalidades de Solución al Problema</i>	29
Tabla 3 <i>Restricciones del Proyecto</i>	32
Tabla 4 <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de datos</i>	51
Tabla 5 <i>Aplicación de la Fase Definir</i>	55
Tabla 6 <i>Aplicación de la Fase Medir</i>	58

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Fotografía Tomada a Herman E. Drummond presidente fundador</i>	16
Figura 2 <i>Indicadores de Productividad de la Flota de Tractores y Cargadores RTTF</i>	21
Figura 3 <i>Ciclo DMAIC</i>	44
Figura 4 <i>Desperdicios de los procesos según lean</i>	46
Figura 5 <i>Análisis DOFA del área RTTF</i>	52
Figura 6 <i>Tiempos de Duración de las Pautas del Check list de PM y Corrección de los Hallazgos</i>	58
Figura 7 <i>Rango de Duración de Tiempo por Proceso</i>	59
Figura 8 <i>Rango de Duración de Tiempo por Demora</i>	60
Figura 9 <i>Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 1</i>	61
Figura 10 <i>Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 2</i>	62
Figura 11 <i>Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 3</i>	62
Figura 12 <i>Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 4</i>	63
Figura 13 <i>Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 4</i>	64
Figura 14 <i>Flujograma Antiguo de Proceso e PM Cortos de las Motoniveladoras 24 del Area RTTF</i>	67
Figura 15 <i>Flujograma Mejorado de Proceso e PM Cortos de las Motoniveladoras 24 del Area RTTF</i>	67
Figura 16 <i>Formato de Check list Antiguo del Proceso de PM Cortos de Motoniveladoras 24 ..</i>	68
Figura 17 <i>Formato de check list del proceso de PM cortos de motoniveladoras 24 mejorado por Lean Six Sigma 1</i>	69

Figura 18 <i>Formato de check list del proceso de PM cortos de motoniveladoras 24 mejorado por Lean Six Sigma 2</i>	70
Figura 19 <i>Análisis 1 de movimientos en el proceso de PM de las motoniveladoras 24 aplicando diagrama de espaguetei</i>	74
Figura 20 <i>Análisis 1 de diagrama de espaguetei situación actual del taller de PM área RTTF de la mina el descanso</i>	74
Figura 21 <i>Análisis 1 de diagrama de espaguetei mejora planteada por Lean Six Sigma del taller de PM área RTTF de la mina el descanso</i>	75
Figura 22 <i>Ciclos de mejora y adaptación continua según Lean Six Sigma</i>	78
Figura 23 <i>Ciclos de mejora continua según Lean Six Sigma</i>	79
Figura 24 <i>Acta de presentación del proyecto</i>	81

Introducción

El presente proyecto se enfoca en la implementación de la metodología Lean Six Sigma en los procesos de mantenimiento preventivo (PM) cortos de las motoniveladoras modelo 24 en el área de Taller de Revisión Técnica y Final (RTTF) de la mina Drummond. La mina Drummond es una operación minera de relevancia en la región, y la mejora continua de sus procesos es crucial para mantener su competitividad en el mercado global.

La metodología Lean Six Sigma es reconocida por su capacidad para optimizar procesos mediante la reducción de defectos y la eliminación de desperdicios, aspectos fundamentales en la gestión de operaciones mineras (Cudney & Kestle, 2018). Esta metodología combina las fortalezas de Lean, que se enfoca en la eliminación de actividades que no agregan valor, y Six Sigma, que busca reducir la variabilidad en los procesos a través del análisis de datos y la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas (Gutiérrez Pulido, 2005).

El objetivo central de este proyecto es mejorar la eficiencia de los procesos de mantenimiento en el área RTTF, con el fin de reducir costos, mejorar los tiempos de entrega de los equipos y asegurar una alta calidad en los servicios prestados (Fons Jareño & Sánchez Herguedas, 2020). Para lograrlo, se llevará a cabo un análisis detallado de las referencias bibliográficas existentes y se adoptará un enfoque sistemático basado en las fases del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) propio de Lean Six Sigma.

La implementación exitosa de este proyecto no solo se traducirá en mejoras operativas significativas dentro del área RTTF, sino que también establecerá una base sólida para la expansión de la metodología Lean Six Sigma a otras áreas de la operación minera, fomentando una cultura de mejora continua en toda la organización (García Espinoza, 2017).

Para respaldar la ejecución del proyecto, se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica, la cual incluye estudios de caso, modelos teóricos y aplicaciones prácticas de Lean Six Sigma en contextos similares. Este cuerpo de conocimiento proporciona los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para guiar la toma de decisiones durante todo el proceso de implementación.

Antecedentes del Programa

Historia y Línea de Tiempo de Lean Six Sigma

Six Sigma se originó en los principios del siglo XX, basándose en el control estadístico de procesos. Su nombre proviene del término "sigma," que denota una desviación estándar en estadística. En la década de 1980, Motorola adoptó el nivel six sigma como objetivo de calidad. Posteriormente, formalizó metodologías para alcanzar estos objetivos, reconociendo que los beneficios obtenidos podían extenderse a toda la organización. Así, las prácticas de Six Sigma se difundieron rápidamente a otras empresas, ganándose una reputación por su capacidad de generar importantes ahorros de costos (Eby, 2017, 2022).

El concepto de Six Sigma fue desarrollado por el ingeniero Bill Smith, quien se inspiró en las teorías de Deming, Juran y Crosby sobre control estadístico de calidad, adaptándolas al entorno competitivo de Motorola. El principal objetivo de Smith era disminuir la variabilidad en los procesos para mejorar la satisfacción del cliente y reducir costos. En 1986, Motorola lanzó oficialmente Six Sigma como estrategia corporativa para mejorar la calidad, siendo el estadístico Mikel Harry quien lideró la difusión y capacitación en esta metodología, introduciendo el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) como el enfoque principal para resolver problemas (Eby, 2017, 2022).

En 1987, Motorola recibió el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, reconocimiento que estimuló el interés de otras organizaciones por Six Sigma en su búsqueda por mejorar el rendimiento. En 1991, Allied Signal implementó un programa corporativo basado en Six Sigma bajo la dirección de Larry Bossidy. En 1995, General Electric (GE) adoptó Six Sigma como parte de su estrategia empresarial bajo el liderazgo de Jack Welch, invirtiendo más de mil millones de dólares en la formación de sus empleados y logrando ahorros superiores a los

dos mil millones en costos operativos. GE también jugó un papel crucial en la difusión global de Six Sigma a través de sus consultores y socios.

A lo largo de los años, Six Sigma se ha extendido a diversos sectores como la salud, la educación, el gobierno, el comercio y los servicios. Además, se ha combinado con otras metodologías, como Lean Manufacturing y Agile, dando lugar a variantes como Lean Six Sigma o Agile Six Sigma. Hoy en día, Six Sigma sigue siendo una herramienta poderosa para mejorar procesos y alcanzar resultados excepcionales, siendo aplicada por muchas organizaciones para lograr sus objetivos estratégicos y satisfacer las necesidades de sus clientes (Ulloa Nieto, 2023).

Los resultados obtenidos por Motorola tras la implementación de Six Sigma son notables: un aumento anual de la productividad del 12,3 %, una reducción de los costos por falta de calidad superior al 84 %, la eliminación del 99,7 % de los defectos en sus procesos, ahorros en costos de manufactura que superan los 10 000 millones de dólares, y un crecimiento anual compuesto del 17 % en ganancias, ingresos y valor de sus acciones.

La metodología Lean tiene sus orígenes en 1913, cuando Henry Ford combinó piezas intercambiables con trabajo estandarizado y transporte en movimiento, creando lo que denominó "producción fluida". Aunque popularmente se entendió como la cadena de montaje en movimiento, desde la perspectiva de los ingenieros de manufactura, los avances logrados fueron mucho más significativos. Años después de la Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y otros miembros de Toyota, retomaron las ideas de Ford y desarrollaron el Sistema de Producción Toyota, introduciendo innovaciones que permitieron tanto un flujo continuo en el proceso como una mayor variedad en la oferta de productos (Ulloa Nieto, 2023).

Fusión de Lean Six Sigma

A partir del siglo XXI, la integración de las metodologías Lean y Six Sigma culminó en el desarrollo de un enfoque de trabajo centrado en la mejora continua y el óptimo uso de los recursos de la empresa. Aunque ambas metodologías comparten el mismo objetivo de mejorar los procesos, se desarrollaron utilizando herramientas y enfoques distintos. La filosofía Lean se enfoca en eliminar ineficiencias en los procesos y reestructurarlos para que sean más eficientes, ágiles y rápidos. Por otro lado, Six Sigma también busca la mejora de los procesos, pero con un enfoque más amplio que incluye calidad, eficiencia y niveles de servicio. Metodológicamente, Six Sigma es más estructurada y hace un uso eficiente de los datos para identificar opciones de mejora. Así, la metodología Lean Six Sigma combina la estructura y el análisis de datos de Six Sigma con las herramientas de proceso y los principios de Lean (Escobedo & Socconini, 2021).

Contexto en Donde se Presenta el Conflicto

Un Poco de Historia y Desarrollo de Drummond Company

Drummond Company Inc. es una empresa familiar de sociedad limitada fundada por Herman E. Drummond. Inició como H.E. Drummond Coal Company en Sipse, Alabama, siendo un proveedor de carbón para granjas y hogares. Herman Drummond fundó la compañía con un préstamo de 300 dólares de Walker County Bank, utilizando tres mulas como garantía. Tras su fallecimiento en 1956, la compañía pasó a la segunda generación de la familia Drummond, con Don Drummond como presidente y Segal Drummond como vicepresidente de ventas y finanzas. La empresa se financió con un seguro de vida de 50,000 dólares y un préstamo de 240,000 dólares para pequeñas asociaciones empresariales.

Figura 1

Fotografía Tomada a Herman E. Drummond presidente fundador



Fuente: [en línea] Disponible <http://www.drummondco.com/acerca-de-nosotros/historia>

En la década de 1970, la producción anual de Drummond creció de 200,000 a 1,500,000 toneladas. La empresa adquirió Kellerman Mining Co. y estableció su primer acuerdo comercial con Japón, penetrando rápidamente el mercado de explotación de carbón y estableciendo oficinas

en varios países europeos y asiáticos. Durante esta misma década, Drummond firmó un contrato de 2 millones de toneladas anuales por 15 años con Alabama Power para la Planta Miller, lo que llevó a la adquisición de tres dragalinas de 115 yardas cúbicas.

Durante la década de 1980, Drummond adquirió importantes derechos mineros en el norte de Colombia, cerca de La Loma, Cesar, y comenzó su explotación a mediados de los años 90. El carbón térmico de Drummond, con bajos niveles de azufre y ceniza, cumple con las regulaciones internacionales y es preferido por plantas generadoras de energía que buscan reducir emisiones.

En 1986, Drummond adquirió su primera concesión de carbón en Colombia, que se convertiría en la mina Pribbenow. La compañía expandió sus operaciones a Colombia y comenzó la construcción de la mina en el centro del departamento del Cesar y el puerto en Ciénaga, Magdalena. La primera producción internacional de carbón tuvo lugar en 1995.

En 1997, Drummond adquirió la concesión minera El Descanso, que cuenta con más de 1,700 millones de toneladas de reservas. La fase de producción en El Descanso comenzó en 2009 tras la finalización de la debida diligencia y la preparación del terreno. En 2011, Itochu Corporation, una empresa japonesa con más de 150 años de historia, se convirtió en socio del 20% de las operaciones de Drummond en Colombia.

En 2011 ITOCHU Corporation se convirtió en socio del 20% en las operaciones de Drummond en Colombia, Itochu Corporation es una corporación japonesa que remonta sus antecedentes a más de 150 años, opera a través de distintas divisiones empresariales de los siguientes rubros: textil, maquinaria, aeroespacial y electrónica, químicos, alimentos y finanzas, aseguradoras, metales y minerales, bienes raíces, entre otros.

En el año 2014 Drummond Inició operaciones portuarias con el primer embarque de carbón a través del sistema de cargue directo, Puerto Drummond tiene una capacidad instalada de cargue de 60 millones de toneladas al año.

Drummond vendió aproximadamente 25 millones de toneladas de carbón en 2015 y controla reservas de más de dos mil millones de toneladas. Además de carbón, Drummond es el principal productor mercantil de carbón coque en los EE.UU. y cuenta con una gran reputación en la industria de fundición por sus productos de gran calidad y confiabilidad en el proceso de suministro.

Durante la década de 1980, Drummond adquiere los derechos mineros de importantes reservas de carbón en el norte de Colombia, cerca de La Loma, Cesar, e inicia su explotación a mediados de la década de 1990.

Las características del carbón se comparan favorablemente con las de otros carbones térmicos comercializados a nivel internacional. De los carbones que se exportan actualmente desde Colombia, el carbón térmico de Drummond tiene uno de los niveles más bajos de azufre y de ceniza. Este carbón cumple con las regulaciones internacionales de azufre, y también es muy bajo en emisiones de óxidos de nitrógeno, cualidades deseables para las plantas generadoras de energía que requieren disminuir emisiones a la atmósfera.

La operación minera en Colombia incluye las minas a cielo abierto Pribbenow y El Descanso, ubicadas en la cuenca de carbón del Cesar. En la actualidad Drummond cuenta con reservas de aproximadamente 2 mil millones de toneladas de carbón en nuestros proyectos Pribbenow & El Descanso, una fuerte inversión en infraestructura productiva nos ha permitido crecer en las exportaciones de carbón colombiano, desde un millón de toneladas en 1995 a aproximadamente más de 25 millones de toneladas La operación minera en Colombia incluye las

minas a cielo abierto Pribbenow y El Descanso, situadas en la cuenca de carbón del Cesar.

Actualmente, Drummond posee alrededor de 2 mil millones de toneladas de reservas de carbón en estos proyectos, lo que ha permitido que sus exportaciones de carbón colombiano crezcan desde un millón de toneladas en 1995 a más de 25 millones en 2014.

La mina Pribbenow lleva por nombre en honor al funcionario Co., BERT Pribbenow, quien conoció la existencia del yacimiento y firmo el primer contrato de la compañía con Colombia, para iniciar el proyecto.

La mina se encuentra localizada entre los municipios de La Loma, Chiriguaná, Becerril, Codazzi y el Paso, en el departamento del Cesar.

La mina El Descanso inicio en el año 1997, cuando Drummond firmó el contrato con Ecocarbón, en el 2008 en ministerio otorgo la licencia ambiental para las actividades de construcción, montaje y explotación de carbón, esta mina cuenta con una reserva de 1760 millones de toneladas, prometiendo ser una de las minas más grandes del mundo y con una proyección de explotación hasta el año 2032.

Problemática

Actualmente, la gestión del mantenimiento de equipos mecánicos ha cobrado una relevancia considerable entre los altos ejecutivos empresariales, dado que una gestión adecuada puede incrementar significativamente la rentabilidad de la empresa (Olarde, Botero, & Cañón, 2010). En el sector minero, el mantenimiento de equipos y maquinarias solía verse de manera limitada, centrándose principalmente en tareas básicas como el cambio de aceites y una gestión administrativa incipiente mediante software (Alavedra et al., 2016; Viveros et al., 2013).

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones necesarias para "mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones" (Olarde et al., 2010, p. 21). En consonancia, Díaz y De La Paz (2016) describen el mantenimiento como un conjunto de acciones técnicas, organizativas y económicas dirigidas a "conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, mediante la observación y reducción de su desgaste, con el propósito de prolongar su vida útil, preservando el medio ambiente y la seguridad del personal" (p. 15). El objetivo central es mantener o restaurar las máquinas e instalaciones involucradas en el proceso productivo, permitiendo que operen a su máxima capacidad (Arrieta et al., 2011; Olarde et al., 2010; Tejada, 2016).

En los últimos años, el mantenimiento predictivo se ha convertido en una tendencia global, impulsado por la adopción de modelos como Six Sigma. Este sistema de mantenimiento facilita la comprensión del proceso por parte de todos los involucrados, es sencillo de aplicar y requiere una inversión mínima para su implementación (Endler & Da Rosa, 2016). Esto resalta la importancia de un cambio en la mentalidad empresarial, valorando la creación de un plan de mantenimiento que permita preservar equipos, maquinarias, herramientas e instalaciones, mejorando continuamente sus condiciones operativas (Olarde et al., 2010)

Según Gonzales (2005), en el caso de los equipos estáticos en la industria minera, como tanques, recipientes y tuberías que contienen o transportan fluidos presurizados y no presurizados, existe el riesgo de fallas catastróficas. Por tanto, es crucial realizar un mantenimiento preventivo o predictivo, revisando el estado actual de los equipos y sus componentes, realizando las inspecciones necesarias, optimizando su vida útil y evitando posibles fallas graves que puedan aumentar los costos por paradas imprevistas.

Un estudio significativo realizado por Uzcátegui (2014) sobre la gestión de mantenimiento en Petrosantander Colombia concluyó que la implementación de software de mantenimiento es una herramienta práctica y fundamental para establecer planes de mantenimiento efectivos.

Como se evidencia en los estudios revisados, el sector minero en Perú ha logrado avances importantes. Sin embargo, algunas empresas mineras aún no han implementado planes de mantenimiento con la urgencia que requieren. Un ejemplo es la empresa minera DRUMMOND LTDA, que ha intentado mejorar su gestión de mantenimiento, pero su progreso se ha visto limitado por la falta de un sistema de gestión de mantenimiento efectivo que le permita alcanzar sus objetivos de calidad, disponibilidad y tiempos de entrega, al mismo tiempo que reduce los costos en los procesos.

Descripción del Problema

Figura 2

Indicadores de Productividad de la Flota de Tractores y Cargadores RTTF

Mes Día	Mayo 8	Resumen Así Vamos RTTF												
Flota	16GHM	24HM	D250-725	730	834B	854K	992C	980G	345CD	349FL	D6	D9	D10	D11
No. Equipos	9	24	5	6	29	1	7	16	16	2	6	15	13	74
A% Plan	72%	74%	78%	85%	75%	80%	70%	80%	74%	80%	70%	80%	80%	80%
A% MTD	69.1%	77.2%	79.1%	90.3%	72.1%	96.9%	62.6%	84.8%	82.2%	25.8%	89.7%	86.0%	64.4%	79.1%
MTBS Plan hrs	85	90	110	110	130	100	80	100	80	80	80	120	100	100
MTBS MTD	61.2	78.4	120.7	221.2	174.6	150.8	96.2	78.1	70.6	31.5	174.3	85.2	74.1	102.3
MTTR Plan hrs	18	18	20	20	25	25	20	25	20	20	20	20	20	20
MTTR MTD	33.4	31.0	40.1	27.8	81.8	6.0	71.8	16.2	17.9	142.5	25.8	16.1	52.2	30.3

Nota Esta imagen representa los indicadores con los que se miden los niveles de productividad en el área RTTF. Imagen suministrada por el departamento de planeación drummond.

La grafica nos muestra que los indicadores de productividad de los equipos motoniveladoras no cumplen con las metas planteadas en el MTTR MTD (Tiempo que dura un equipo en taller por intervención de PM corto en el taller) y de confiabilidad MTBS MTD (Tiempo que transcurre en caer un equipo en área de explotación luego de que fue atendido por PM).

En el área de mantenimiento equipo móvil de tractores y cargadores RTTF de las minas el descanso y pribbenow de la compañía DRUMMOND LTDA están plenamente identificados los procesos de mantenimiento de PM cortos, PM largos y reparaciones, en algunos casos como en el de la flota de tractores se cuenta con un flujograma para ejecutar cada una de las actividades inmersas en los procesos mencionados.

Al analizar detalladamente la organización, planificación y ejecución del mantenimiento de la flota se identificaron los siguientes aspectos que impactan negativamente el desarrollo efectivo y eficiente de los procesos de PM:

Las tareas del flujo de proceso en los PM cortos no son ejecutados en el orden que este demanda, esto evidencia una ineficiente estandarización de los procesos al no implementarse en toda la flota de equipos, ya que un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica y secuencial de un proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para lograr un objetivo común (*Team Asana 17 de febrero de 2024*), que sirve de guía, a los técnicos para ejecutar de forma adecuada y efectiva el proceso y al supervisor para llevar control del mismo.

En la revisión minuciosa del flujograma del proceso de PM cortos de las motoniveladoras 24, algunas actividades no están en orden lógico y la documentación en la cual se consignan las actividades y hallazgos del proceso está desorganizada, esto ocasiona que se generen desperdicios a la hora de ejecutar las actividades tales como sobre proceso, sobreproducción, exceso de movimientos, esperas, demoras etc., por lo tanto, pérdida de tiempo, recurso en insumos.

En los procesos de PM cortos o largos no se tiene en cuenta un orden eficaz y eficiente de las actividades, cuando se presenta una falla de un componente mayor o menor, esto causa que en muchos de los casos se le dé prioridad a la ejecución de pautas de PM que terminan posteriormente en pérdida de mano de obra e insumos, ya que luego de esta acción se tiene que remover algunos componentes y por lo tanto cambio de filtros y aceites.

Se encuentran condiciones de la ubicación de componentes y algunos insumos necesarios durante la ejecución de los procesos que generan exceso de movimientos en los técnicos, lo cual es considerado un desperdicio por la herramienta lean que no solo ocasiona pérdida de tiempo, sino que también generan fatiga en los técnicos, disminuyendo su productividad.

Se identifican algunas pautas en los PM cortos consideradas como re-trabajo ya que no son necesarias ejecutarlas en este tipo de PM.

Además, debido a la falta de una buena organización, existe también una descoordinación en el trabajo, afectando de esta manera el clima laboral y generando en ocasiones tiempos muertos que van desde 30 minutos a una hora en cada jornada, trayendo como consecuencias la falta de puntualidad en las entregas de los servicios, entre otros, así mismo debido a las constantes improvisaciones en las que se incurren por falta de planificación y una adecuada supervisión trayendo como consecuencias la prestación de un servicio deficiente y las constantes quejas en los clientes.

Falta de percepción por parte del personal para identificar y generar ventanas de oportunidades que permitan disminuir o eliminar los residuos que se generan en los procesos.

Todas estas premisas justifican la elaboración de la presente investigación ya que en la actualidad la empresa no cuenta con un efectivo sistema de gestión que le permita mejorar sus procesos, prestar un mejor servicio a los clientes y por tanto la presente investigación sería un aporte para mejorar sus procesos, apoyado en el uso de herramientas Lean Six Sigma como metodología que permite generar un alto grado de eficiencia, y a su vez mejorar de forma continua y efectiva los procesos de la empresa.

Definición del Sponsor del Proyecto

El sponsor en un proyecto es aquel en quien recaen las funciones de patrocinar el proyecto, el sponsor no solamente apoya y proporciona los recursos con los que se ejecuta el proyecto, sino que también apoya en la toma de decisiones y es responsable del éxito del proyecto, además funciona como portavoz ante los altos niveles de la organización para reunir el apoyo necesario de la organización. Este tipo de proyectos requieren que alguien con responsabilidad suficiente pueda tomar las “grandes decisiones”, *Gestión de Proyectos*, Alfred Maeso Aztarain 5/6/2015, es por esta razón que para la implementación de este proyecto se cuenta con el apoyo del ingeniero mecánico Jose Elías Arzuaga Churio, Súper Intendente de Mantenimiento de Equipo Móvil.

Definición de los Stakeholders**Tabla 1***Definición de los Stakeholders*

Nombre del stakeholder	Rol	Intereses	Nivel de influencia	Nivel de impacto	Prioridad
Jose Javier Sarmiento Triana	Responsable del proyecto	Éxito del proyecto, cumplimiento de plazos	Alta	Alto	Alta
Carlos Ruben Trejos Moncayo	Director del proyecto	Dirección y guía del proyecto	Alta	Alto	Alta
Jose Elias Arzuaga Churio	Sponsor del proyecto	Éxito general del proyecto, eficiencia de procesos de mantenimiento, retorno de inversión	Alta	Alto	Alta
Jose Sierra	Planner proceso de PM	Planificación eficaz, cumplimiento de cronogramas	Alta	Alta	Alta
Carlos Carrillo, Silvio Sierra	Supervisores de los proceso de PM	Implementación efectiva, cumplimiento de estándares	Media	Alto	Media
Franklin Benitez	Líder área RTF	Coordinación de tareas, cumplimiento de cronogramas	Alta	Alto	Alta
Técnicos Mecánicos RTTF	Técnicos de proceso de PM	Condiciones de trabajo, herramientas, ejecución de tareas de proceso de PM	Alta	Alto	Alta

Personal de bodega de repuestos	Entrega de repuestos	Agilidad y entrega eficiente de los repuestos	Baja	Medio	Media
Producción	Cliente interno	Calidad y disponibilidad del equipo	Alta	Alto	Alta

Modalidades de Solución al Problema

Para identificar las distintas soluciones que se requieren implementar para solucionar o mitigar el problema que da origen al proyecto, se identificaron inicialmente los distintos problemas específicos que lo originan con sus respectivas soluciones.

Tabla 2

Modalidades de Solución al Problema

Problema	Solución
Las tareas del flujo de proceso en los PM cortos no son ejecutados en el orden que este demanda, esto evidencia una ineficiente estandarización de los procesos al no implementarse en toda la flota de equipos, ya que un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica y secuencial de un proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para lograr un objetivo común (<i>Team Asana 17 de febrero de 2024</i>), que sirve de guía, a los técnicos para ejecutar de forma adecuada y efectiva el proceso y al supervisor para llevar control del mismo.	Luego de las mediciones y análisis, estandarizar al modelo más eficaz y eficiente el flujo de proceso en los PM de las motoniveladoras modelos 24.

En la revisión minuciosa del flujograma del proceso de PM cortos de las motoniveladoras 24, algunas actividades no están en orden lógico y la documentación en la cual se consignan las actividades y hallazgos del proceso está desorganizada, esto ocasiona que se generen desperdicios a la hora de ejecutar las actividades tales como sobre proceso, sobreproducción, exceso de movimientos, esperas, demoras etc., por lo tanto, pérdida de tiempo, recurso en insumos.

En los procesos de PM cortos o largos no se tiene en cuenta un orden eficaz y eficiente de las actividades, cuando se presenta una falla de un componente mayor o menor, esto causa que en muchos de los casos se le dé prioridad a la ejecución de pautas de PM que terminan posteriormente en pérdida de mano de obra e insumos, ya que luego de esta acción se tiene que remover algunos componentes y por lo tanto cambio de filtros y aceites.

Se encuentran condiciones de la ubicación de componentes y algunos insumos necesarios durante la ejecución de los procesos que generan exceso de movimientos en los técnicos, lo cual es considerado un desperdicio por la herramienta lean que no solo ocasiona pérdida de tiempo, sino que también

Organizar el paso a paso de los flujo de proceso de tal forma que su ejecución no genere desperdicios del proceso.

Incluir en el flujo del proceso el cambio de un componente mayor o menor con el fin de determinar el cambio en el orden adecuado para evitar pérdidas de insumos como aceites y filtros.

Aplicar la herramienta diagrama de espagueti de la metodología lean para identificar los excesos de movimiento que no solo generan retrasos en la ejecución de los procesos sino que también causan fatiga en los técnicos mecánicos y por lo tanto bajo rendimiento en su desempeño.

generan fatiga en los técnicos,
disminuyendo su productividad.

Se identifican algunas pautas en los PM cortos consideradas como re-trabajo ya que no son necesarias ejecutarlas en este tipo de PM.

Además, debido a la falta de una buena organización, existe también una descoordinación en el trabajo, afectando de esta manera el clima laboral y generando en ocasiones tiempos muertos que van desde 30 minutos a una hora en cada jornada, trayendo como consecuencias la falta de puntualidad en las entregas de los servicios, entre otros, así mismo debido a las constantes improvisaciones en las que se incurren por falta de planificación y una adecuada supervisión trayendo como consecuencias la prestación de un servicio deficiente y las constantes quejas en los clientes.

Falta de percepción por parte del personal para identificar y generar ventanas de oportunidades que permitan disminuir o eliminar los residuos que se generan en los procesos.

Eliminar tareas innecesarias tanto de los flujo de proceso como de los formatos de PM cortos de las motoniveladoras, para optimizar los tiempos de entrega de los equipos.

Se implementa como herramienta de planificación de las tareas a realizar durante la ejecución del proceso el planner o time line con el fin de llevar no solo un orden lógico y efectivo de las tareas sino también de mejorar la entrega de información en los cambios de turno.

Divulgación de la metodología a todo el personal involucradas en el proceso de los PM con el fin de que puedan conocer y aplicar las técnicas correspondientes que ayuden a eliminar y a disminuir los residuos de los procesos.

Restricciones del Proyecto

Tabla 3

Restricciones del Proyecto

Categoría	Descripción
Alcance	El proyecto se centra en la implementación del modelo Lean Six Sigma para mejorar los procesos de PM cortos de motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de las minas de Drummond Ltda. Se trabajará con las cinco fases del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).
Tiempo	El tiempo de ejecución del proyecto incluye la fase de definición, donde se identifican problemas y se establecen indicadores; la fase de medición, con la toma de muestras y análisis de tiempos; la fase de análisis, con identificación de causas de retrasos; la fase de mejora, con la implementación de soluciones; y la fase de control, con la estandarización de procesos. Se espera que cada fase se complete en el tiempo estipulado para cumplir con el cronograma general del proyecto.
Costo	El proyecto debe gestionar de manera eficiente los recursos financieros asignados para evitar sobrecostos. Esto incluye la inversión en capacitación del personal, adquisición de herramientas y repuestos necesarios para el mantenimiento, y la implementación de mejoras sugeridas por la metodología Lean Six Sigma.
Recursos	Los recursos humanos deben estar plenamente capacitados y contar con las certificaciones necesarias. Se requiere una planificación adecuada del inventario y disponibilidad de repuestos e insumos. El proyecto también necesitará herramientas y equipos específicos para la implementación de las mejoras propuestas.
Calidad	La calidad del proyecto está asegurada mediante la metodología Lean Six Sigma, que se enfoca en la reducción de variabilidad y eliminación de desperdicios. Los procesos deben ser estandarizados y los trabajos deben realizarse con la mayor calidad posible para evitar re-trabajos.

Riesgos Los riesgos incluyen posibles retrasos debido a la falta de repuestos, demoras en la ejecución de actividades por movimientos innecesarios, sobreproducción que cause desvío de recursos, y falta de capacitación del personal. Se deben identificar y mitigar estos riesgos a través de una planificación y control adecuados.

Formulación y Sistematización del Problema por Medio de Preguntas

Alcance

¿Cuáles son los objetivos específicos de mejorar los procesos de PM cortos en las motoniveladoras modelo 24?

¿Qué actividades y tareas específicas del PM están causando mayores ineficiencias?

¿Qué resultados se esperan tras la implementación de un flujo de procesos más estandarizado?

Tiempo

¿Cuál es el cronograma detallado para reorganizar y estandarizar los flujos de proceso de PM cortos?

¿Cuáles son los hitos clave en la implementación de las mejoras propuestas?

¿Cómo se gestionarán los posibles retrasos en la reorganización de los procesos?

Costo

¿Cuál es el presupuesto total asignado para mejorar los procesos de PM cortos?

¿Cómo se controlarán los costos para evitar sobrecostos debido a re-trabajo y desperdicios?

¿Qué inversiones adicionales en tecnología y capacitación son necesarias para implementar Lean Six Sigma?

Recursos

¿Qué recursos humanos y materiales son críticos para la implementación de Lean Six Sigma en los PM cortos?

¿Qué competencias y certificaciones deben tener los técnicos y supervisores involucrados?

¿Cómo se garantizará la disponibilidad de los componentes y herramientas necesarias durante los procesos de PM?

Calidad

¿Qué estándares de calidad se aplicarán para medir la eficiencia de los nuevos flujos de proceso de PM?

¿Cómo se evaluará la reducción de variabilidad en los procesos de PM tras la implementación de Lean Six Sigma?

¿Qué procedimientos se implementarán para asegurar la calidad y evitar re-trabajos en los PM cortos?

Riesgos

¿Cuáles son los principales riesgos asociados con la implementación de Lean Six Sigma en los procesos de PM?

¿Qué medidas preventivas se implementarán para mitigar estos riesgos?

¿Cómo se gestionarán los riesgos imprevistos durante la implementación de las mejoras en los procesos de PM?.

Planteamiento del Problema

¿En qué medida el diseño de un sistema basado en la Metodología Lean Six sigma puede mejorar los procesos de mantenimiento de equipo minero en la flota RTTF de tractores y

cargadores, con el fin de minimizar los costos de reparaciones, mejorando la calidad y el tiempo de entrega de los equipos para ayudar a alcanzar las metas en producción de la compañía?

Justificación

Optimización de Procesos y Estándares

La principal justificación para la implementación de este proyecto es la necesidad de estandarizar los procesos de mantenimiento preventivo (PM) en las motoniveladoras modelo 24. Actualmente, existen falencias en la gestión de estos procesos que generan demoras y afectaciones en la productividad. Al estandarizar los procedimientos, se busca no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también proporcionar una base sólida para la toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados. Este enfoque permitirá minimizar la variabilidad en los resultados de los procesos, un aspecto crucial en el mantenimiento de equipos de alta demanda y uso intensivo como las motoniveladoras en un entorno minero.

Reducción de Costos y Mejoramiento de la Calidad

La implementación de Lean Six Sigma tiene como objetivo principal la reducción de costos operativos a través de la eliminación de desperdicios y la optimización de los recursos disponibles. Este enfoque, a través de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), busca identificar las causas raíz de los problemas que afectan la calidad y los tiempos de entrega en los procesos de mantenimiento. Al abordar estas causas y aplicar soluciones basadas en datos, se espera no solo una reducción en los costos, sino también una mejora significativa en la calidad del servicio de mantenimiento, lo cual es vital para el éxito operacional de la mina.

Mejora Continua y Competitividad

La metodología Lean Six Sigma es reconocida mundialmente como una herramienta de mejora continua que permite a las organizaciones mantenerse competitivas en el mercado. Al implementar este proyecto, Drummond Ltda. no solo busca solucionar problemas específicos,

sino también establecer una cultura de mejora continua que pueda ser replicada en otras áreas de la operación. Esto incluye la futura aplicación de las mejoras logradas en el área de RTTF a otras partes de la flota de equipos y a otros procesos dentro de la mina.

Impacto en el Clima Laboral y Reducción de Re-trabajos

El proyecto también se justifica en la necesidad de mejorar el clima laboral al reducir las descoordinaciones y tiempos muertos que actualmente afectan la moral del equipo de trabajo. Con una mejor planificación y supervisión, se busca eliminar las improvisaciones y retrabajos que, además de generar insatisfacción, incrementan los costos y afectan la puntualidad en la entrega de los servicios. Esto se alinea con la visión de Lean Six Sigma de reducir las ocho formas de desperdicio, incluidas la sobreproducción, los inventarios innecesarios, y los movimientos superfluos que afectan la productividad.

Validación y Soporte Estadístico

Finalmente, una de las fortalezas clave de Lean Six Sigma es su enfoque en la validación estadística de las mejoras implementadas. Esto asegura que las soluciones propuestas no solo se basen en percepciones subjetivas, sino en datos concretos que demuestran su efectividad. Esto es fundamental en un entorno como el de Drummond, donde las decisiones basadas en datos pueden marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso operacional.

Este proyecto no solo busca mejorar los procesos actuales, sino también establecer una base sólida para la mejora continua en todas las operaciones de la mina, asegurando que la compañía mantenga su competitividad y eficiencia en el largo plazo.

Objetivos

Objetivo General

Implementar la metodología Lean six sigma como herramienta aplicable para mejorar los procesos de mantenimiento de equipo minero en la flota RTTF de tractores y cargadores, con el fin de minimizar los costos de reparaciones, mejorando la calidad y el tiempo de entrega de los equipos para ayudar a alcanzar las metas en producción de la compañía.

Objetivos Específicos

Recopilación de la información bibliográfica para la toma de decisiones con respecto a la ruta a implementar la metodología Lean Six Sigma en los procesos de PM cortos de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de la mina Drummond.

Obtener la información en el objeto de estudio que permita mejorar los procesos de mantenimiento, reducir desperdicios, mejorar los tiempos de entrega de los equipos, mejorar la calidad del servicio de mantenimiento y costos en los PM cortos de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de la mina Drummond.

Presentación de la metodología Lean Six Sigma al personal operativo y administrativo de la compañía.

Implementación y Desarrollo del Proyecto Para Alcanzar los Objetivos Planteados
Recopilación y análisis de Referencias Bibliográficas Para la Toma de Decisiones con
Respecto a la Ruta a Implementar la Metodología Lean Six Sigma en los procesos de PM
Cortos de las motoniveladoras Modelo 24 en el Area RTTF de la Mina Drummond
Implantación de la metodología Lean Seis Sigma en un proceso de mantenimiento
aeronáutico

Autores Irene Fons Jareño & Antonio Sánchez Herguedas

Año 2020

Enlace No accesible directamente

Análisis Este documento describe un plan de mejora para el mantenimiento de aeronaves usando Lean Six Sigma, siguiendo las cinco fases de la metodología DMAIC. Es relevante para el proyecto ya que proporciona una guía práctica sobre cómo estructurar y aplicar Lean Six Sigma en un entorno de mantenimiento, similar al necesario en los procesos de PM de las motoniveladoras en la mina Drummond.

Lean Six Sigma e Industria 4.0 una Revisión Desde la Administración de Operaciones
Para la Mejora Continua de las Organizaciones

Autores José Felipe Ramírez Pérez, Virginia Guadalupe López Torres, Sergio Alonso
Hernández Castillo, Maylevis Morejón Valdés

Año 2021

Enlace [Link](#)

Análisis Este estudio proporciona una visión amplia de cómo Lean Six Sigma y las tecnologías de la Industria 4.0 pueden mejorar la eficiencia y productividad empresarial. La

adopción de estas metodologías puede ofrecer ventajas competitivas sostenidas, relevante para decidir sobre las tecnologías y métodos a implementar en el proyecto.

Optimización de Procesos Administrativos Aplicando Herramientas de Lean Six Sigma

Autores López Leal Raúl, Silíceo Rodríguez María Luisa, Hernández Pitalúa Daniel

Año 2010

Enlace [Link](#)

Análisis Este documento muestra cómo Lean Six Sigma puede ser utilizado para mejorar la calidad y eficiencia en diversas industrias. Aporta ejemplos concretos de reducción de variabilidad y eliminación de defectos, lo cual es crucial para la mejora de los procesos de PM en la mina.

Diseño de un Sistema Basado en la Metodología Six Sigma Para Mejorar la Gestión de Mantenimiento Predictivo de los Equipos Estáticos de Una Empresa Minera Cajamarca

Autor Castrejon R.

Año 2021

Enlace [Link](#)

Análisis Este trabajo se centra en la aplicación de Lean Six Sigma en la gestión de mantenimiento predictivo en una empresa minera, similar al contexto del proyecto. La metodología puede ayudar a mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio en los procesos de mantenimiento de las motoniveladoras.

Gestión de Procesos de Negocio y Calidad Mediante la Técnica Lean y Six Sigma

Autor García Espinoza Sergio Eduardo

Año 2017

Enlace [Link](#)

Análisis Este documento aborda la implementación de Lean Six Sigma en el contexto de globalización y digitalización, destacando la importancia de la eficiencia y la calidad en los procesos empresariales. Ofrece ideas para mejorar los procesos de PM en un entorno desafiante.

Lean Six Sigma y Herramientas Estadísticas Para Ingenieros y Gerentes de Ingeniería

Autor Zhan Wei Ding Xuru

Año 2015

Enlace [Link](#)

Análisis Este libro proporciona un enfoque práctico y estadístico para la gestión de calidad utilizando Lean Six Sigma, lo cual es esencial para la toma de decisiones basadas en datos en el proyecto.

Gestión de la Cadena de Suministro Ecológica en el Sector de Hidrocarburos en Colombia - Descripción, Análisis y Recomendaciones Para la Implementación en una Mipyme

Autores S. Urdinola Gómez, W.A. Trejos Manrique

Año 2013

Enlace [Link](#)

Análisis Este documento proporciona una revisión bibliográfica sobre la implementación de Six Sigma en la cadena de suministro, destacando beneficios energéticos y económicos. Aunque enfocado en hidrocarburos, las recomendaciones pueden ser adaptadas para la mejora de procesos en la mina.

Modelo Tecnológico Para el Desarrollo de Proyectos Logísticos Usando Lean Six Sigma

Autores Mantilla Celis Olga Lucía, Sánchez García José Manuel

Año 2012

Enlace [Link](#)

Análisis Este artículo ofrece una guía sobre cómo mejorar el desempeño logístico usando Lean Six Sigma, aumentando el nivel del servicio al cliente y reduciendo costos, lo cual es aplicable para optimizar los procesos logísticos en la mina.

Calidad y Productividad Plus

Autor Gutiérrez Pulido Humberto

Año 2005

Enlace [Link](#)

Análisis Este libro proporciona conceptos clave sobre mejora continua, calidad, eficiencia y competitividad, sentando las bases para la implementación efectiva de Lean Six Sigma en el proyecto.

Implementación de Lean Six Sigma en Toda la Cadena de Suministro: El Estudio de Caso Completo y Transparente

Autores Elizabeth A. Cudney, Rodney Kestle

Año 2018

Enlace [Link](#)

Análisis Este libro ofrece casos prácticos de implementación de Lean Six Sigma en la cadena de suministro, proporcionando ejemplos reales y detallados que pueden ser aplicados en el contexto de la mina.

Mejora de los Procesos de Almacén Mediante la Implementación de Lean Six Sigma en la Cadena de Suministro Global

Autor Kamińska Monika

Año 2021

Enlace [Link](#)

Análisis Este artículo destaca la importancia de Lean Six Sigma en la optimización de procesos de almacén y reducción de desperdicios, aplicable para mejorar la eficiencia en los procesos de PM de las motoniveladoras.

Lean Six Sigma Sistema de Gestión Para Liderar Empresas

Autores Luis Socconini, Carlos Reato

Año 2019

Enlace [Link](#)

Análisis Este libro proporciona ejemplos de cómo Lean Six Sigma ha sido aplicado exitosamente en diferentes sectores, útil para identificar buenas prácticas que pueden ser implementadas en el proyecto.

Izertiz: El método Lean Six Sigma Clave en la Mejora de Procesos de tu Empresa

Fuente Marcos Nathan-Gerges González

Fecha 22 de abril de 2023

Enlace [Izertiz](#)

Análisis Este artículo proporciona una definición básica del concepto de Lean Six Sigma y explica cómo esta metodología puede ser clave en la mejora de procesos empresariales. Es útil para entender los fundamentos teóricos de Lean Six Sigma, necesarios para justificar su implementación en los procesos de PM cortos. Proporciona una base sólida para la toma de decisiones sobre por qué esta metodología es adecuada para los objetivos del proyecto en la mina Drummond.

Google Académico: Lean Six Sigma Green Belt Paso a Paso

Autores Eduardo Escobedo y Luis Socconini

Edición 1ª Edición, 2021

Enlace [Google Books](#)

Análisis Este libro detalla la fusión de las herramientas Lean y Six Sigma en una única metodología, proporcionando una guía paso a paso para su implementación. La guía paso a paso es crucial para la implementación práctica de Lean Six Sigma en los procesos de PM cortos. Ofrece un enfoque detallado que puede ayudar en la planificación y ejecución del proyecto, asegurando que todas las etapas sean cubiertas de manera efectiva.

Marco Teórico

Concepto de Lean Six Sigma

Lean Six Sigma es una metodología de mejora de procesos que fusiona dos enfoques: Lean y Six Sigma. Lean se centra en la eliminación de residuos, conocidos como "muda", mientras que Six Sigma se basa en el análisis de datos y métricas para examinar procesos repetitivos en las empresas, con el objetivo de alcanzar un nivel de calidad casi perfecto. Según Marcos Nathan-Gerges González (22 de abril de 2023), Lean Six Sigma es un método de mejora continua diseñado para eliminar defectos, maximizar la eficiencia y mejorar la satisfacción del cliente. Cuando se trata de reducir defectos y desperdicios para optimizar un proceso, se puede disminuir la variabilidad del proceso (Six Sigma), ajustar la media del proceso (Lean) o actuar simultáneamente en ambos aspectos (Lean Six Sigma).

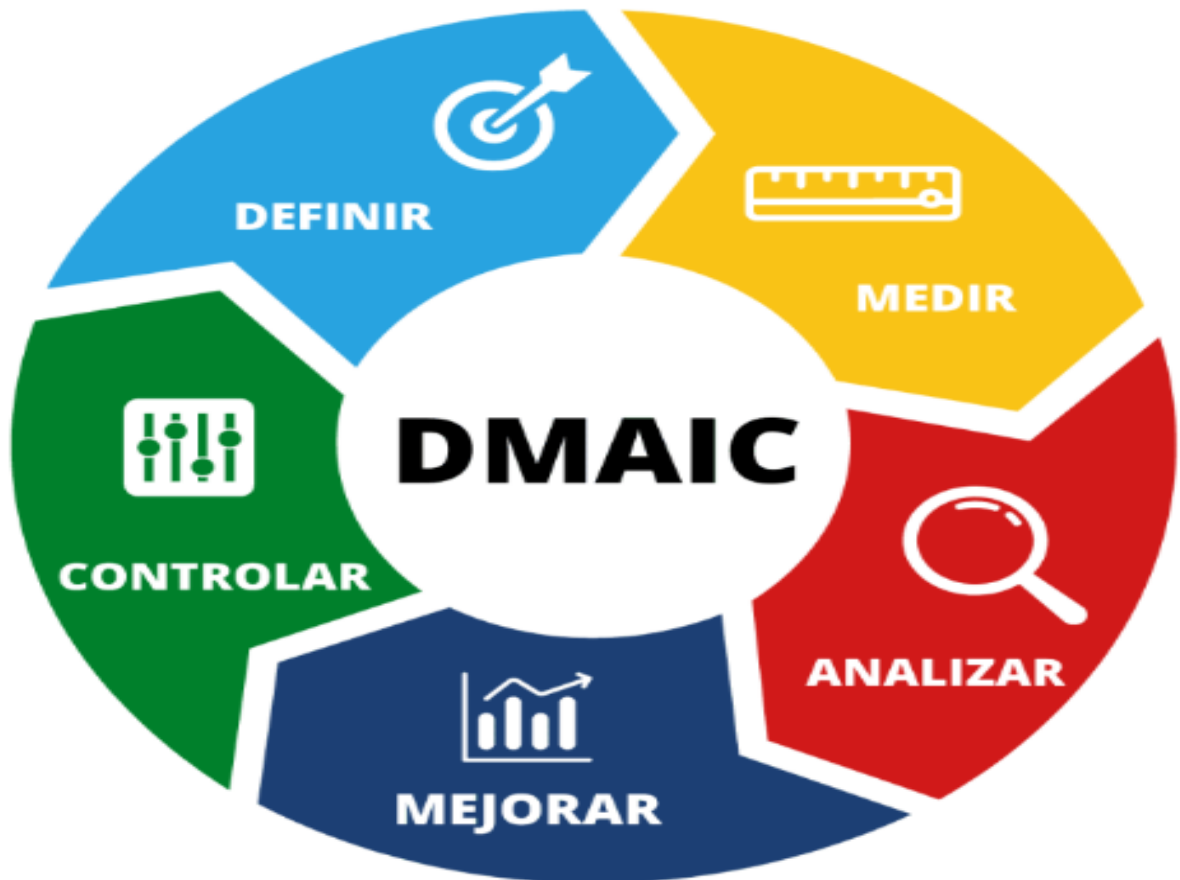
La eficacia de esta metodología ha sido ampliamente demostrada, lo que motivó la realización de un análisis bibliométrico en bases de datos como Web of Sciences y Google Académico, entre otras, para establecer fundamentos sólidos para la implementación de este proyecto. Los términos clave utilizados en esta investigación incluyeron “competitiveness, Industry 4.0, Lean Manufacturing, operations management, productivity y Six Sigma”.

El método Six Sigma busca reducir a 3,4 defectos por cada millón de oportunidades en la producción de bienes o servicios. Este enfoque se implementa a través de cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En la etapa de definición, se identifican los procesos y las posibles causas que afectan su ejecución normal. Durante la medición, se recopilan todos los datos relacionados con las órdenes de trabajo, tiempos de ejecución y demoras, identificando sus causas. En la fase de análisis, se estudian las causas y se buscan soluciones. La etapa de mejora implica la implementación de esas soluciones y la creación de estándares para mitigar o eliminar

futuras fallas. Finalmente, en la etapa de control, se evalúa el proceso globalmente y se establece un plan de mejora continua en todos los procesos.

Figura 3

Ciclo DMAIC



Ciclo DMAIC: herramienta Six Sigma

Nota Perez Rocha Julia (2022). Imagen obtenida de articulo publicada en la web, DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos, calidad Herramientas Six Sigma.

Las metodologías lean se encarga de eliminar todos los desperdicios que surgen de las actividades que se llevan a cabo en los procesos para generar un producto o prestar un servicio, estos desperdicios que comúnmente también generan retrasos en el tránsito normal de los

procesos, los desperdicios son la sobre producción, transporte, inventario, movimiento, sobre proceso, re-trabajos, esperas y talento humano.

La sobreproducción ocurre cuando se destinan recursos demás para intentar entregar un producto antes de lo esperado, ocasionando que muchos de los recursos que se necesiten en otro producto en este caso en otra máquina le genere retrasos en la entrega pactada de la misma, el transporte es una de las actividades primordiales de cualquier proceso, no hacer una buena planificación de este afectaría significativamente la consecución de un producto o servicio, el inventario también es parte fundamental y se debe hacer una buena planificación de este ya que si no se cuenta con los repuestos e insumos necesarios para ejecutar las reparaciones o mantenimiento, esto ocasionaría demoras potenciales en los procesos, por lo tanto no se cumpliría con los tiempos de entrega de las máquinas, los movimientos en las actividades de mantenimiento ocasionan demoras que muy poco se miden y que por este motivo no se tienen en cuenta pero que afectan también los tiempos de ejecución de las tareas ya que no se tiene una organización sistema que evite que se realicen desplazamientos largos a la hora de obtener un repuesto, una herramienta o un insumo para ejecutar las actividades, el sobre proceso indica que se deben eliminar las tareas que no aplican en los procesos, esto se alinea con la definición de los procesos y la estandarización de los mismos, los re- trabajos se deben evitar al máximo ya que esto no sólo representa pérdidas en tiempo sino también en materiales y mano de obra, por eso se debe realizar un trabajo de la más alta calidad posible, las esperas se deben minimizar o en lo posible eliminar de manera inmediata ya que afecta directamente los tiempos de ejecución de los procesos y por último y lo más importante el talento humano ya que de este depende que todo plan que se implemente funcione, el personal debe estar plenamente capacitado para poder

ejercer una buena labor, contar los permisos y certificaciones necesarias que le permitan desarrollar sus actividades sin ningún impedimento.

Figura 4

Desperdicios de los procesos según lean



Nota Roig Retail (2021). Imagen publicada en la web por Roig Retail Construcción.

<https://roigconstruccions.com/como-evitar-desperdicios-en-los-procesos-de-ejecucion-de-una-obra/>.

Importancia de La Implementación de Lean Six Sigma en una Compañía

Mejorar la calidad de los productos y servicios que la empresa ofrece

Esto lleva a una mayor satisfacción del cliente, ya que los productos, procesos y servicios se vuelven más consistentes y fiables.

Reducir los costos operativos mediante la optimización de los procesos

Esto implica eliminar ineficiencias y errores que generan retrabajos, devoluciones y reclamaciones.

Acelerar los tiempos de entrega y respuesta para los productos o servicios

Esto mejora la capacidad de la empresa para cumplir con las expectativas de los clientes de manera más rápida y eficiente.

Solucionar problemas recurrentes dentro de los procesos de la empresa

Aquellos problemas persistentes que se enfrentan diariamente pueden ser abordados y resueltos, mejorando la eficiencia general.

Facilitar la toma de decisiones dentro de la organización

Esto se logra al establecer procesos claros y consistentes que eliminan la necesidad de decisiones arbitrarias o basadas en suposiciones.

No se trata de “trabajar más”, sino de “hacer las cosas bien”

El enfoque busca evitar actividades que no aportan valor al cliente, que afectan la calidad y que aumentan los costos, eliminando así el trabajo innecesario.

Ayuda a estandarizar los procesos y a evitar la improvisación

Al estandarizar los procesos, se garantiza que todos los empleados sigan un mismo método, lo que reduce la variabilidad y mejora la eficiencia.

Esta realidad se refleja en el informe "ASÍ VAMOS" de la flota RTTF, donde se destacan los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento en el taller.

Obtener la Información en el Objeto de Estudio que Permita Mejorar los Procesos de Mantenimiento, Reducir Desperdicios, Mejorar los Tiempos de Entrega de los Equipos, Mejorar la Calidad del Servicio de Mantenimiento y Costos en los PM Cortos de las Motoniveladoras Modelo 24 en el Area RTTF de la Mina Drummond

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), La investigación descriptiva se utiliza para describir características de una población o fenómeno, proporcionando una imagen precisa de las condiciones actuales y ayudando a identificar patrones o tendencias. En el contexto de la implementación de Lean Six Sigma en procesos de corto plazo para motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de la mina Drummond, la investigación descriptiva permitirá comprender detalladamente las condiciones y variables del proceso, así como evaluar su estado actual. El objetivo principal de esta investigación descriptiva es:

Describir y analizar las características y el rendimiento actual de los procesos de mantenimiento corto de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF.

Identificar áreas de mejora y establecer una línea base para la implementación de Lean Six Sigma.

Paradigma de Investigación Cuantitativo

El paradigma de investigación cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para describir, explicar, y predecir fenómenos, Sánchez, E. A. (2005). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill. Este enfoque es adecuado para evaluar el rendimiento de los procesos de mantenimiento y operación de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de la mina Drummond, proporcionando datos

objetivos y estadísticamente analizables. El objetivo principal del paradigma cuantitativo en este contexto es:

Medir y analizar cuantitativamente las variables críticas del proceso de mantenimiento y operación de las motoniveladoras.

Utilizar datos estadísticos para identificar áreas de mejora y guiar la implementación de Lean Six Sigma.

Metodología Deductiva

La metodología deductiva parte de teorías o principios generales y se aplica a casos específicos para llegar a conclusiones concretas, *María del Mar Viña Rouco (2005) Porta Linguarum: revista internacional de didáctica de las lenguas extranjeras*. En el contexto de la implementación de Lean Six Sigma en procesos de corto plazo para motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de la mina Drummond, este enfoque permitirá aplicar principios y herramientas generales de Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos específicos de mantenimiento y operación. El objetivo principal de este análisis deductivo es:

Aplicar principios y teorías generales de Lean Six Sigma a los procesos específicos de mantenimiento corto de las motoniveladoras modelo 24.

Identificar y solucionar problemas específicos mediante el uso de herramientas y metodologías derivadas de Lean Six Sigma.

Alcance

El alcance del proyecto está enmarcado inicialmente en aplicarse a los PM cortos de las motoniveladoras modelos 24 del área RTTF de tractores y cargadores, de la mina el descanso, con el fin de verificar su rendimiento y funcionalidad, posteriormente será aplicado en el resto de la flota de equipos y en el área de remoción, luego será implementado en la mina pribbenow.

Consistencia de la Metodología

La metodología de este proyecto consiste en adaptar, implementar y establecer como una herramienta de mejora continua la estrategia de Lean Six sigma, aplicando el ciclo DMAIC que la metodología plantea con el fin de disminuir la variabilidad de los procesos de Mantenimiento y reparaciones e implementando algunas de las estrategias aplicables de la metodología de Lean que permita mitigar o eliminar al máximo los residuos que se presentan en los procesos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos

Tabla 4

Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos y Materiales	Aplicación
Entrevista	Esta entrevista permite conocer el punto de vista del personal operativo y administrativo acerca de la situación actual de la gestión del mantenimiento en el área y algunos de los aspectos que se deben mejorar	Formato de entrevista	Se aplicó a 15 técnicos y 2 supervisores del área RTTF de la mina el descanso.
Análisis de datos	Se analizaron los indicadores con el fin de identificar las flotas donde no se cumplen con las metas trazadas y los resultados de las	Reporte así vamos, informe de medición en tiempo real	Tablas de reportes de indicadores y reporte de medición en tiempo real

	mediciones en tiempo real que nos ayudaron a identificar las demoras que impactan el desarrollo de los procesos		
Observación directa	Ayudó a captar de primera mano la forma como se ejecuta el proceso de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora	Desarrollo y ejecución de tareas de mantenimiento y reparaciones	Aplicado a equipos intervenidos por PM y/o reparaciones en el taller
Medición del proceso en tiempo real	Permitió medir cada tarea paso a paso en tiempo real e identificar las causas de pérdidas de tiempo en la ejecución del proceso de PM.	Formato de medición en tiempo real.	Aplicado a los equipos intervenidos por PM cortos o largos en el taller.

Procedimiento

Procedimiento de Recolección de Datos

Se analizó los diferentes documentos, libros, artículos etc. para dar respuesta desde un punto de vista teórico a las variables de estudio.

Se analizaron los resultados de la entrevista realizada al personal técnico y de la supervisión para determinar las posibles fallas en los procesos de PM cortos de las motoniveladoras 24 en el área RTTF de la mina DRUMMOND aplicando una estadística descriptiva porcentual presentado tablas y grafico para una mejor comprensión de sus resultados.

Se organizaron y se analizaron los resultados de las observaciones directas de los procesos expresando los hallazgos en la problemática de este proyecto para encontrar el origen de las causas que originan las falencias en los procesos.

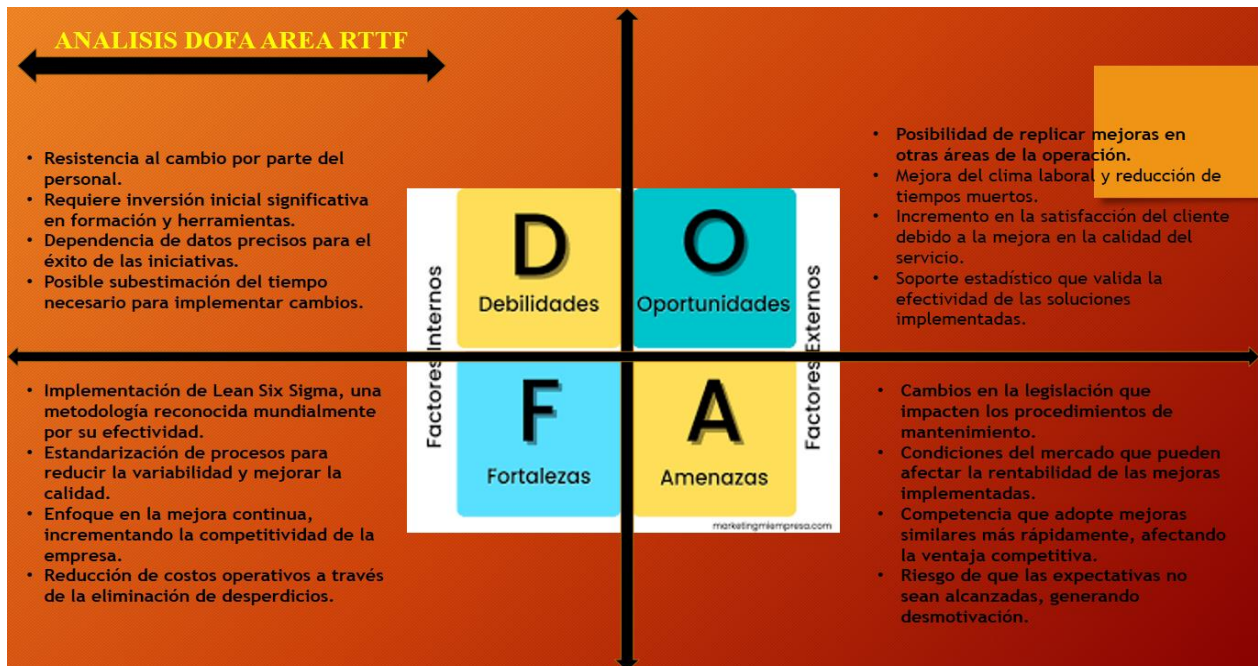
Se elaboró una matriz FODA para determinar las fortalezas, oportunidades debilidades y amenazas del área de mantenimiento del área RTTF de tractores y cargadores.

Se aplicó la metodología Lean Six Sigma y se analizó cada una de las etapas y estrategias que nos permitirán mejorar y estandarizar los procesos en la flota.

Análisis FODA

Figura 5

Análisis DOFA del área RTTF



Descripción de la Aplicación de Lean Six Sigma

En la implementación de la metodología de Lean Six Sigma inicialmente se aplican las 5 fases de Six Sigma de la siguiente forma.

Definir En esta fase definimos el problema, se definen los procesos y se diseña un flujograma que nos indique el paso a paso para ejecutar de forma eficiente y eficaz cada una de las tareas inmersas en dicho proceso. También se definen los indicadores que nos permiten medir las metas de cumplimiento de la implementación de la metodología que en este caso son el MTTR, MTBS Y A%, con los cuales se miden tiempos intervenciones por PM en el taller, la confiabilidad y disponibilidad de las maquinas, finalmente se incluyen como factor de medida todas las demoras que afectan el curso normal de los procesos.

Medir Esta fase se implementa inicialmente como herramienta por medio de un formato para medir la condición actual de los procesos de PM en tiempo real con el fin de identificar todas las causas de demoras que afectan los procesos, luego se implementa y estandariza un sistema de medición digital con sistema de GPS y panel de control que permite medir paso a paso el proceso, registrar las demoras con el fin de que el personal administrativo y supervisión tenga la información inmediata para gestionar las soluciones respectivas que mitiguen o elimine las demoras, además de que se pueden realizar estadísticas acerca de las demoras que más impactan negativamente los tiempos de entrega de los equipos para generar las oportunidades de mejora necesarias.

Analizar En esta fase se analiza toda la información, se revisan los indicadores de productividad, las herramientas y documentos que soportan los procesos, tales como los flujos de procesos, los check list que contienen los formatos y pautas de las tareas del PM, también los datos que arroja el formato de medición y comentarios que arrojan las observaciones directas de las tareas para obtener las conclusiones que dan paso la siguiente fase de mejora.

Mejora La etapa de mejora toma como referencia los hallazgos, anotaciones y conclusiones del análisis de los datos realizados en la fase anterior para consolidar un plan

estratégico que incorpore todas las estrategias que permitan dar solución a los errores que se presentan durante la ejecución de los procesos.

Control Una vez evaluada las posibles soluciones se proceden a implementar los controles que aseguren la continuidad del proceso, se continúan realizando procedimientos de auditorías, observaciones de tareas, análisis de datos, mediciones de tiempos e indicadores con el fin de que lo implementado cumpla su función o con la finalidad de realizar otras mejoras que los procesos requieran.

Luego de aplicada las fases del ciclo DMAIC pertenecientes a la metodología de Six sigma, se busca aplicar las estrategias que plantea Lean para disminuir o eliminar los siguientes residuos de los procesos tales como la sobre producción, transporte, inventario, movimiento, sobre proceso, re-trabajos, esperas y talento humano.

Estrategias de Lean Six Sigma y planteamientos para eliminar residuos.

Estrategia de las 5S

Diagrama de espagueti.

Kaisen.

Kamban.

Procedimiento de Aplicación de Lean Six Sigma

Aplicación de la Fase Definir

Tabla 5

Aplicación de la Fase Definir

Definir			
Problema	Procesos	Indicadores de Productividad	Factores de Medición del Proceso

El problema
 identificado en
 este proyecto
 radica en la baja
 productividad
 que tenemos en
 área RTTF, a
 causa de la falta
 de una
 metodología que
 nos permita
 estandarizar,
 medir,
 identificar y
 controlar las
 oportunidades
 de mejora para
 realizar una
 gestión efectiva
 y eficaz de los
 procesos de
 mantenimiento
 en el área RTTF
 de tractores y
 cargadores de la
 compañía
 DRUMMOND
 LTDA.

PM corto de
 motoniveladoras 24.

MTTR
 MTBS
 DISPONIBILIDAD
 COSTOS

Tiempos de
 ejecución del PM.
 Tiempos de
 ejecución de
 adicionales.
 Errores y demoras
 del proceso.

Resultados Esperados de la Aplicación de la Fase Definir

Lo que se espera de esta fase es tener plenamente identificadas los problemas que afectan la calidad y productividad de los procesos en el área RTTF de tractores y cargadores, mejorar el diseño de los flujos de los procesos y la forma idónea como deben ejecutarse para disminuir tiempos por orden no lógico de las tareas que causan residuos en los procesos, identificar todas las causas de pérdidas de tiempo y establecerlas como factores de medición para implementar sistema de medición en tiempo real estándar para controlar los procesos.

Procedimiento de Aplicación de la Fase Medir

Para aplicar esta fase en los procesos de PM cortos de Motoniveladoras del área RTTF primero se hace un seguimiento paso a paso de todas las tareas y las demoras durante la ejecución de PM corto y se determinan la siguiente lista de actividades como factores de causas de demoras en la ejecución del proceso.

Equipo sin técnicos.

Esperas por partes.

Almuerzo.

Espera por tareas previas.

Seguridad.

Indeterminada.

Configuración de las herramientas.

Llenado de check list.

Pausas activas.

Cambio de turno.

Hidratación.

Movimiento de técnicos.

Falta de herramienta.

Baño.

Instrucciones.

Limpieza de Hangar.

Espera por equipo.

Inspección del supervisor.

Ayuda tecnológica.

Espera por técnico soldador.

Corte eléctrico.

Fatiga.

Instrucciones del líder de backlogs.

Inspección visual.

Esperas por técnicos.

Luego de identificar las causas de demoras en los equipos se clasifican en tareas que hacen parte de la operación, las tareas que no generan progreso y las de progreso parcial en el proceso.

Causas de demoras sin progreso Son aquellas que no generan ningún progreso en la ejecución del proceso.

Progreso parcial Son aquellas que se generan por intervención de un tercero en alguna pauta en la máquina y que de alguna u otra forma causan una demora en la ejecución de alguna de las pautas del PM.

Operacional Son aquellas que hacen parte de la operación y que tienen la particularidad de que no se pueden eliminar, pero si se puede reducir.

Tabla 6 *Aplicación de la Fase Medir*

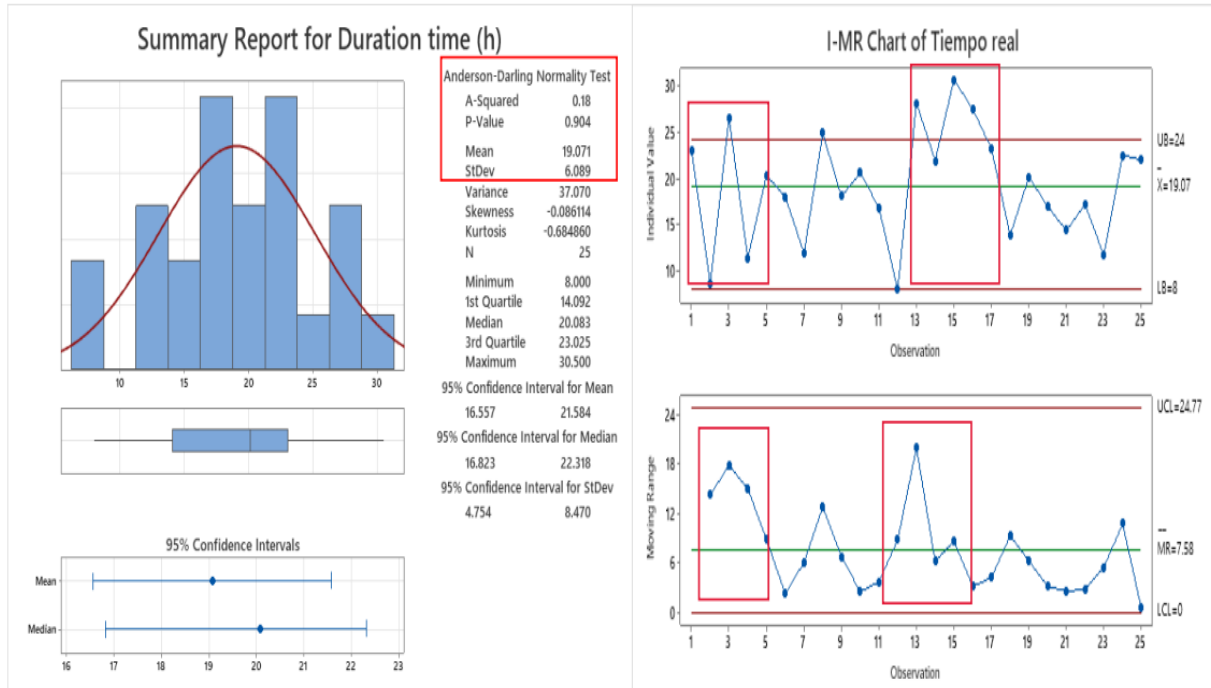
Sin Progreso	Progreso Parcial	Operacional
Equipo sin técnicos	Espera por tareas previas	Almuerzo
Espera por partes	Inspección del supervisor	Seguridad
Movimiento de técnicos	Inspección visual	Configuración de las herramientas
Falta de herramientas		Llenado de check list
Espera por equipo		Pausas activas
Ayuda tecnológica		Cambio de turno
Espera por técnico soldador		Hidratación
Instrucciones de líder de backlogs		Baño
Espera por tecnologías		Instrucciones
		Limpieza de hangar
		Fatiga

Posterior a la identificación y clasificación de las causas de demoras, se implementa un formato de medición en tiempo real con el fin de identificar el tiempo que se invierte en la ejecución del PM corto de las motoniveladoras desde que llega el equipo al taller hasta que es entregado al cliente, además del tiempo que lleva ejecutar las pautas del PM del check list, los hallazgos y demoras del proceso.

Las muestras de medición de tiempos que se tomaron, se ejecutaron en 25 equipos motoniveladoras del modelo 24 presentes en el área arrojando los siguientes resultados.

Figura 6

Tiempos de Duración de las Pautas del Check lis de PM y Corrección de los Hallazgos



Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

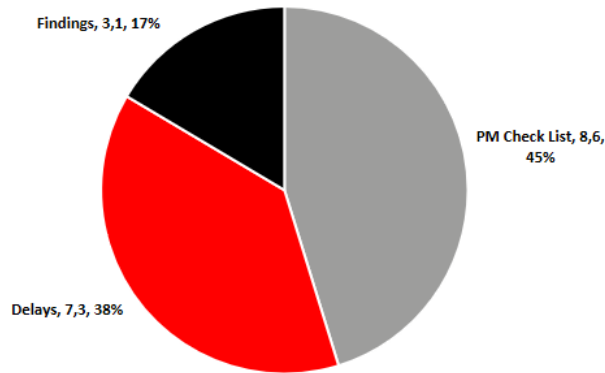
La grafica anterior nos muestra que el promedio de duración del PM corto desde que el equipo llega al taller hasta que se entrega operativo es de 19,07 horas, en la ejecución de las tareas que incluyen solo las pautas del check list solo 7 muestras se aproximan a la media de cumplimiento y el desfase de cumplimiento es de 0,9 horas, en la ejecución que incluye pautas de PM y Check list.

En las siguientes figuras se muestran los resultados de las mediciones en donde podemos observar el promedio de ejecución total de un PM, el promedio de ejecución de las pautas de check list, de los adicionales y las demoras del proceso, además todas las causas que generan tiempos muertos durante la ejecución del PM.

Figura 7

Rango de Duración de Tiempo por Proceso

AVERAGE DURATION BY PROCESS (h)



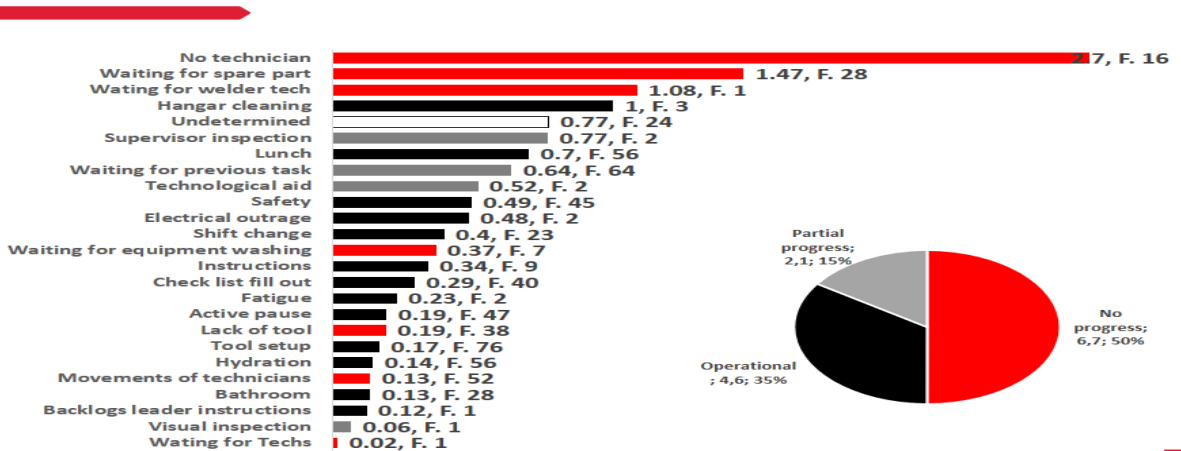
Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

Esta figura muestra que el promedio de demoras durante la ejecución de un PM corto en las motoniveladoras 24 son de 7,3 horas, lo que corresponde a un 38% en promedio del total del tiempo ejecutado.

Figura 8

Rango de Duración de Tiempo por Demora

Average Duration By Delay



Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

Esta figura muestra las causas de demora y el promedio de duración.

A partir de la identificación de todas las causas de demoras en la ejecución del PM se implementa el formato que arroja todos los resultados mostrados en las 2 figuras anteriores y posteriormente este formato se toma como referencia para implementar un sistema de monitoreo de la productividad y demoras en tiempo real de la máquina que consiste en monitorear a través de un GPS cada movimiento que realiza la maquina desde que llega al área de equipos Down del taller hasta que se lleva al área de equipos operativos y un panel de control donde se reportan todas las demoras que surgen durante la ejecución del proceso.

Figura 9

Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 1

Mediciones de Productividad y Demoras en tiempo real en RTTF Shop

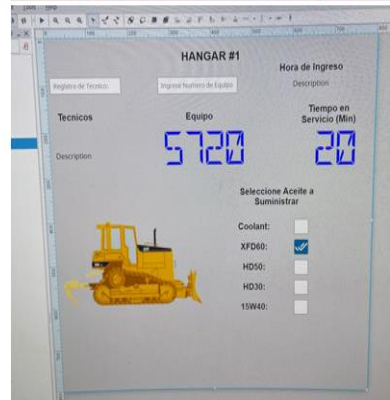
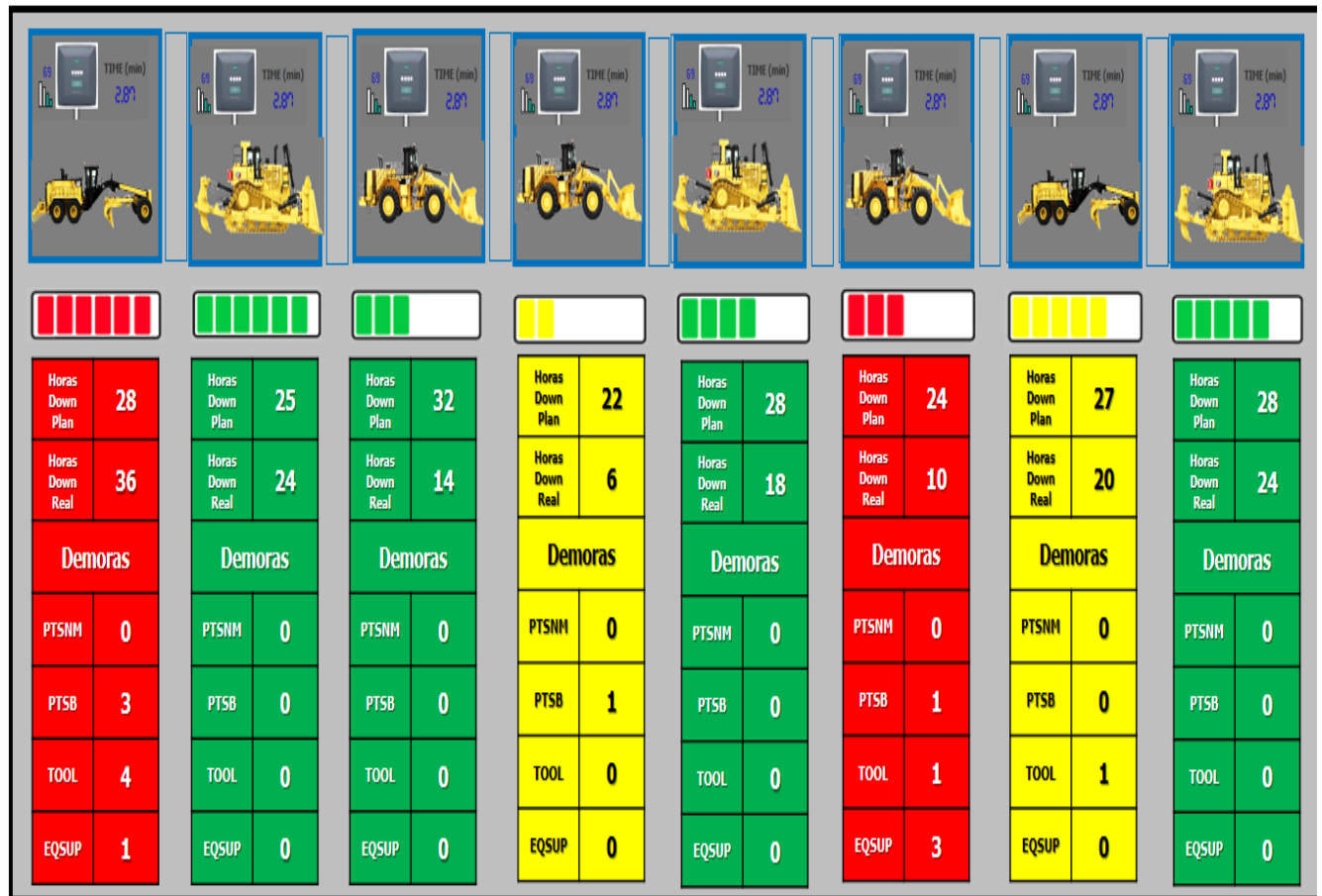


Imagen suministrada por planeación Drummond ltda. (2024).

Figura 10

Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 2

Mediciones de Productividad y Demoras en tiempo real en RTTF Shop



Real Time Productivity and Delays Measurements at RTTF Shop



Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

Figura 11

Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 3

Mediciones de Productividad y Demoras en tiempo real en RTTF Shop



Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

Figura 12

Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 4



Mediciones de Productividad y Demoras en tiempo real en RTTF Shop



Real Time Productivity and Delays Measurements at RTTF Shop

Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

En las figuras anteriores se muestra el sistema de medición tiempo real en donde se realizará monitoreo en tiempo real de cada movimiento del equipo durante la ejecución de los procesos y las demoras, además de que se seguirá teniendo en cuenta los indicadores de productividad a través de los reportes de “así vamos” para verificar el desempeño efectivo de todas las mejoras implementadas a través de la metodología de Lean Six Sigma.

Procedimiento de Aplicación de la Fase de Analizar

En esta fase se analizan inicialmente los indicadores con que se mide la productividad de la flota.

Figura 13

Mediciones de Productividad y Demoras en Tiempo Real 4

Mes Día	Mayo 8	Resumen Así Vamos RTTF												
Flota	16GHM	24HM	D250-725	730	834B	854K	992C	980G	345CD	349FL	D6	D9	D10	D11
No. Equipos	9	24	5	6	29	1	7	16	16	2	6	15	13	74
A% Plan	72%	74%	78%	85%	75%	80%	70%	80%	74%	80%	70%	80%	80%	80%
A% MTD	69.1%	77.2%	79.1%	90.3%	72.1%	96.9%	62.6%	84.8%	82.2%	25.8%	89.7%	86.0%	64.4%	79.1%
MTBS Plan hrs	85	90	110	110	130	100	80	100	80	80	80	120	100	100
MTBS MTD	61.2	78.4	120.7	221.2	174.6	150.8	96.2	78.1	70.6	31.5	174.3	85.2	74.1	102.3
MTTR Plan hrs	18	18	20	20	25	25	20	25	20	20	20	20	20	20
MTTR MTD	33.4	31.0	40.1	27.8	81.8	6.0	71.8	16.2	17.9	142.5	25.8	16.1	52.2	30.3

Según el análisis de ésta tabla del MTTR MTD (Tiempo que dura un equipo intervenido en el taller) podemos observar que en el 71% de los equipos de la flota no se alcanzan las metas trazadas, esto indica que los equipos que pertenecen a este porcentaje tuvieron demoras significativas y no fueron entregados en el tiempo planificado, en el indicador del MTBS MTD (Tiempo que demora un equipo en fallar luego de salir del taller por intervención de PM) podemos identificar que en el 50% de los equipos no se alcanza la metas planeadas, esto demuestra que en estos equipos la ejecución del proceso de PM no se implementó la calidad necesaria para evitar las caídas prematuras de los equipos en el campo de explotación, el A% (Porcentaje de disponibilidad de equipos por flota) nos muestra que un 42% no se cumplen con las metas de equipos disponibles en nuestra área.

En el caso de las motoniveladoras se observa que en los casos del MTTR MTD y MTBS MTD no se cumplen con los indicadores esperados y que se cumple solo con la disponibilidad de los equipos, por lo que podemos concluir que la disponibilidad en esta flota demanda un alto costo y que se pueden mejorar los indicadores si se toman los correctivos necesarios.

También se analizan los resultados de las mediciones en tiempo real para realizar las mejoras necesarias que nos permitan gestionar las soluciones que mitiguen o eliminen las causas de demoras en los procesos, a continuación, se presentan las oportunidades de mejora para

proponer las estrategias necesarias para direccionar la gestión del mantenimiento para alcanzar las metas en productividad en la flota RTTF.

Desorganización de flujo los procesos.

Falta de estándar en algunos procesos.

Residuos que generan pérdidas de tiempo en la ejecución de los procesos.

Baja percepción para identificar los residuos en los procesos.

Falta de herramientas para medir e identificar demoras en los procesos.

Falencias en la gestión inmediata de soluciones a las demoras en los procesos.

Deficiencia en la entrega de repuestos.

Inventario deficiente de partes.

Falta de gestión de las herramientas.

Procedimiento de Aplicación de la Fase de Mejora

En esta fase se plantean algunas de las estrategias aplicables que plantea metodología de Lean Six Sigma para mejorar los procesos de PM cortos de las motoniveladoras 24 en el área RTTF de tractores y cargadores.

Adaptación y aplicación del ciclo DMAIC a los procesos de PM cortos de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF de tractores y cargadores de las minas el descanso y pibbenow como metodología de mejora continua.

Para dar cumplimiento a este planteamiento, se aplican una a una las fases del ciclo DMAIC al proceso de mantenimiento PM corto de las motoniveladoras de los modelos 24.

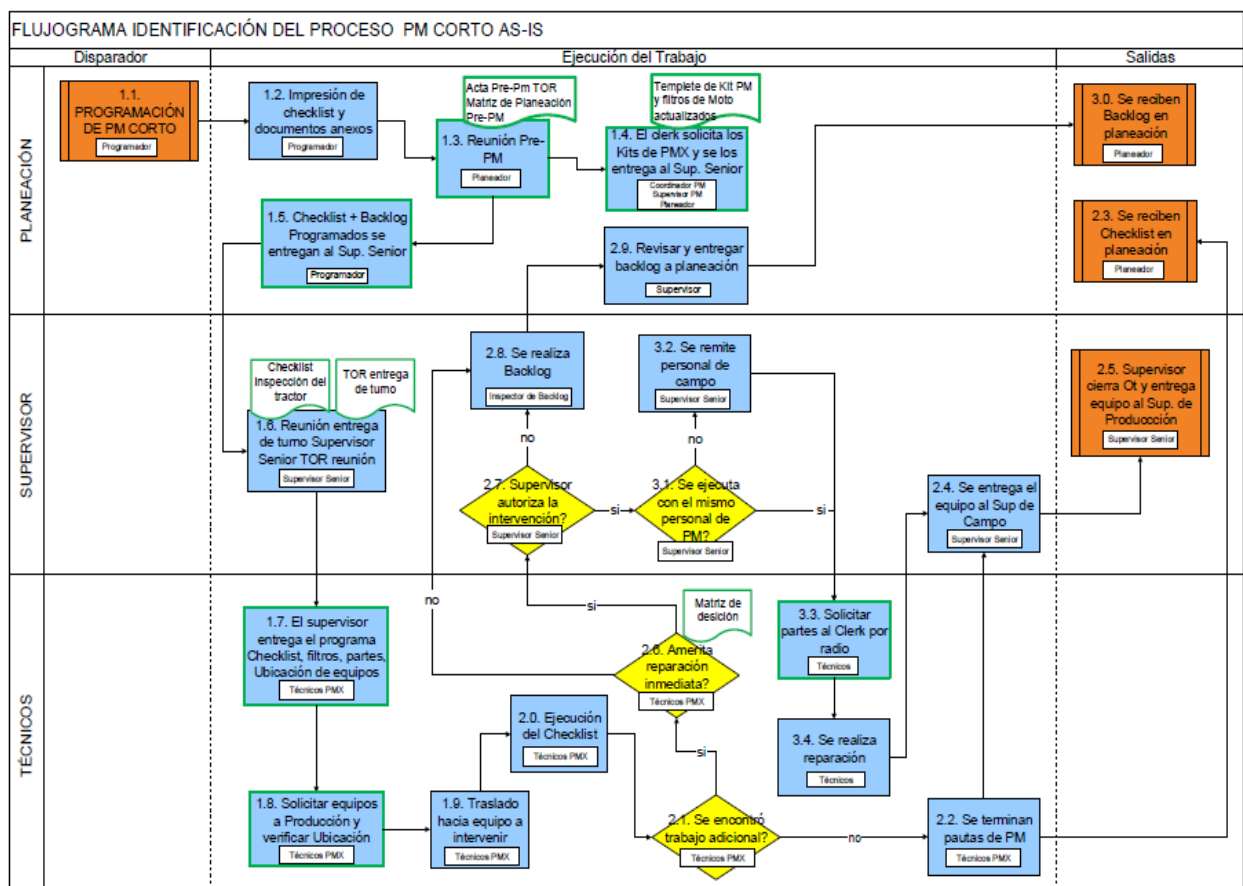
Revisar minuciosamente los flujos de los procesos de los equipos y aplicar la herramienta estratégica de Lean Six Sigma llamada diagrama de espagueti para identificar residuos como el

movimiento, sobre-proceso, re-trabajos, entre otros, que se generan por una mala estructura del flujo del proceso.

En este punto se revisó el flujo del proceso de PM corto de la flota de motoniveladora, se aplica herramienta diagrama de espagueti para identificar exceso de movimientos y se aplica mejora al flujo del proceso obteniendo los siguientes resultados.

Figura 14

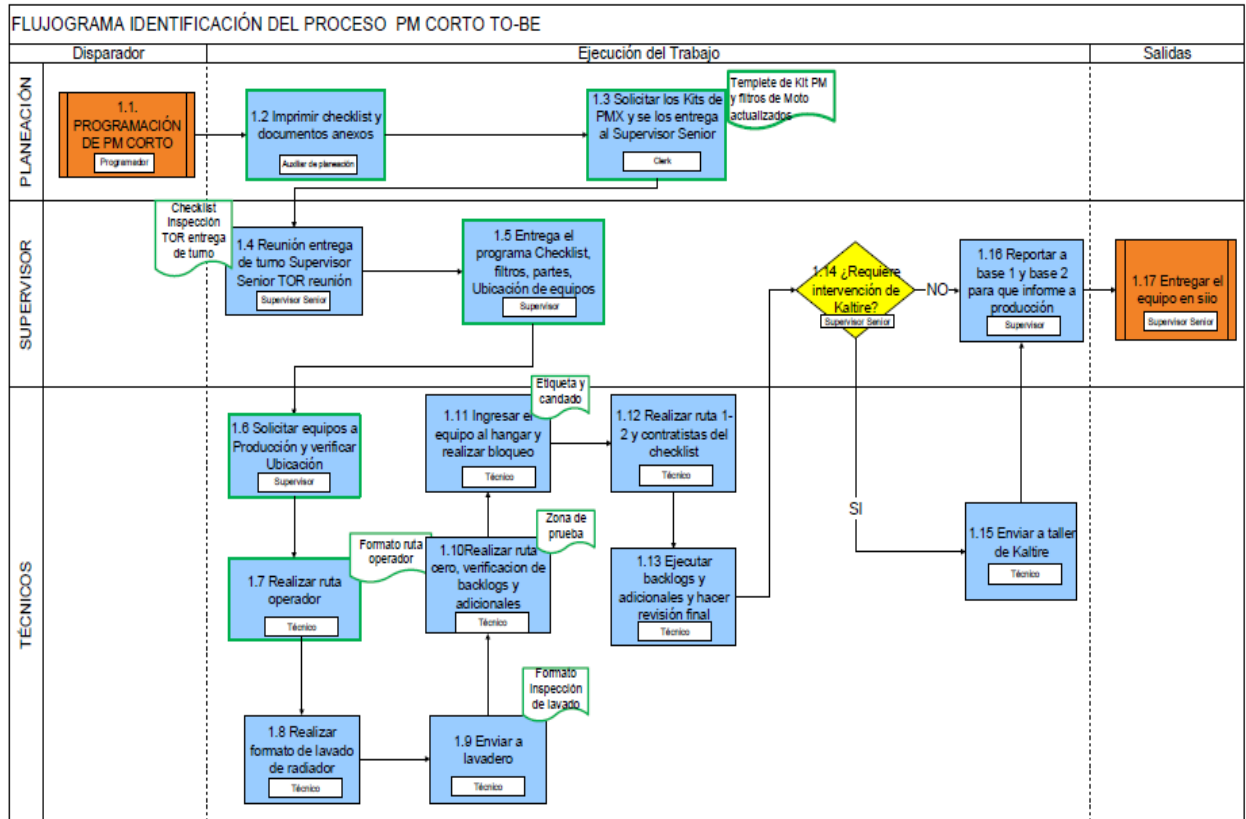
Flujograma Antiguo de Proceso e PM Cortos de las Motoniveladoras 24 del Area RTTF



Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024).

Figura 15

Flujograma Mejorado de Proceso e PM Cortos de las Motoniveladoras 24 del Area RTTF




Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024)

Adaptar los check list y demás documentación que se encuentra en los procesos de tal forma que se cumpla el orden lógico planteado por el flujo del proceso.

Con base en el diseño del flujo de proceso se revisa el formato de check list de PM cortos de las motoniveladoras modelos 24 y se realizan mejoras al check list implementando metodología de ejecución por rutas, como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 16

Formato de Check list Antiguo del Proceso de PM Cortos de Motoniveladoras 24

	MANTENIMIENTO EQUIPO MOVIL		CODIGO		
	FLOTA	CARGADORES	VERSION		
	MODELO	980G	FECHA	1-May-19	
MASTER DE PM (ESTRATEGIA 200 Hrs)			PAGINA	#VALUE!	
ANTES DE APAGAR EL MOTOR					
SISTEMA	REALIZAR EN TODOS LOS PM'S		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	TIEMPO
FRENO	1	Mida la presión de los acumuladores de frenos verifique que no se encuentre suelto y tenga instalada la abrazadera de sujeción. (NOTA: al terminar cerciorea de instalar la tapa y la guarda a la válvula de carga del acumulador.	830 ± 20 Psi		
RUTA CRITICA	SISTEMA MOTOR				
2		Tome una muestra de aceite de motor. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente).			
DESPUÉS DE APAGAR EL MOTOR					
RUTA CRITICA	SISTEMA ELÉCTRICO				
3		Realice la descarga de la información electrónica a través del ET posteriormente borre de la memoria todos los códigos y/o eventos registrados y/o activos, notifique al supervisor los códigos y eventos repetitivos. (NOTA: entregue el reporte al supervisor este debe quedar guardado en el campo attachments de la tarea del PM en people soft).			
4		Revise el funcionamiento del pito y alarma de reversa			
5		Revise en los dispositivos de limpiavidrios: funcionamiento de todas las velocidades, calibración del recorrido, estado de las plumillas.			
6		Revise funcionamiento de las lamparas de trabajo, lampara estroboscopica, buggy wip y los direccionales.			
7		Revise en el sistema centralizado de grasa: - Funcionamiento de la bomba, frecuencia del ciclo, presión de corte de lubricación y tiempo de apagado de la bomba. (Ver tabla #2) - Funcionamiento de la alarma sonora.			
TABLA #2					
FRECUENCIA DEL CICLO	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	PRESIÓN DE CORTE	ESPECIFICADO	ENCONTRADO
	30 minutos			2500 Psi	
DURACIÓN DEL CICLO	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	T. DE APAGADO DE B/B GRASA	ESPECIFICADO	ENCONTRADO
	1.5 minutos			1.5 minutos	
RUTA CRITICA	SISTEMA HIDRÁULICO				
8		Tome una muestra de aceite del sistema hidráulico. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente).			
RUTA CRITICA	SISTEMA TREN DE POTENCIA				
9		Tome una muestra de aceite de la transmisión. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente).			
10		Tome una muestra de aceite al diferencial y los mandos finales frontales. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente).			
11		Tome una muestra de aceite al diferencial y los mandos finales traseros. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente).			
RUTA CRITICA	SISTEMA AIRE ACONDICIONADO				
12		Cambie el filtro de reposición P/N 112-7448 (P/5 97255) y el filtro de recirculación P/N 1752841(P/5 68094) de aire de cabina.			
ELABORO ALVARO CAMACHO		REVISO	APROBO	VIGENCIA	

Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024)

Figura 17

Formato de check list del proceso de PM cortos de motoniveladoras 24 mejorado por Lean Six Sigma 1










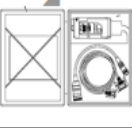
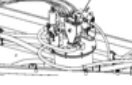


	MANTENIMIENTO RUBBER TIRE TRACTOR FLEET		CÓDIGO XXX					
	FLOTA	MOTONIVELADORAS		VERSION XXX				
	MODELO	24M		FECHA MARZO 2024				
MASTER DE PM (ESTRATEGIA 250 Hrs)			PAGINA 14 DE 18					
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD								
Antes de iniciar la actividad de Evaluación verifique que cuente con todos los (EPP). Marque con una [X] Abajo.								
								
USE CASCO	USE GAFAS DE SEGURIDAD	USE GUANTES	USE BOTAS DE SEGURIDAD	USE PROTECCIÓN AUDITIVA	USE TAPABUCAS			
EPP ADICIONALES								
WARNING								
El arranque accidental de la máquina puede causar lesiones o la muerte al personal que trabaja en la máquina. Para evitar el arranque accidental de la máquina, gire el interruptor de desconexión de la batería a la posición APAGADO y retire la llave. Si la máquina no está equipada con un interruptor de desconexión de la batería, desconecte los cables de la batería y pegue con cinta adhesiva las abrazaderas de la batería. Coloque una etiqueta de no operar en la ubicación del interruptor de desconexión de la batería para informar al personal que se está trabajando en la máquina								
CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS (ETIQUETA Y CANDADO)								
ESTADO	TUERA Y CANDADO DE SUPERVISOR	NARANJA	AZUL	ROJA	CANDADO PERSONAL			
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
ROTA 0		ESTADO EQUIPO ENERGIZADO		ZONA HANGAR				
								
DESCRIPCION								
Numero	SL	TIME	DESCRIPCION					
25	5.1	6	Con el anemometro digital PS 148018, ubicado en Tool Room. Utilizar formato SG-FOR-MCG-XXX Versión 2. Antes de lavar el equipo y despues de lavar el equipo Realizar. NOTA: en zona de pruebas del taller.					
15	3.0	7	REALIZAR EN TODOS LOS PM'S	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	MODIFICADO		
			Mida la presión de los acumuladores de frenos verifique que no se encuentre suelta y tenga instalada la la abrazadera de sujeción. (NOTA: al terminar cesiorece de instalar la tapa y la guarda a la válvula de carga del acumulador. RSNR8499-05	730 ± 20 Psi	ACUMULADOR 1	ACUMULADOR 2	ACUMULADOR 1	ACUMULADOR 2
			Mida la presión de freno de servicio, despues de aplicar y soltar el pedal de freno (Presión remanente). RSNR8499-05	0 Psi	RH	LH	RH	LH
			Mida la presión de freno de parqueo, con el freno de parqueo aplicado (Presión remanente). RSNR8499-05	0 Psi	RH	LH	RH	LH
			Mida la presión de liberación de freno de parqueo con el freno de parqueo desactivado. RSNR8499-05	540 ± 50 Psi	RH	LH	RH	LH
3	0.6	8	Tome una muestra de aceite de motor. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente). (Muestra rapida)					
3	0.6	9	Tome una muestra de aceite de la transmisión. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente). (Muestra rapida)					
3	0.6	10	Tome una muestra de aceite del sistema hidráulico. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente). (Muestra rapida)					
3	0.6	11	Tome una muestra de aceite al diferencial. (NOTA: Cerciórese de llenar el recipiente hasta el cuello de la botella y diligenciar todos los campos de la etiqueta correctamente). (Muestra rapida)					
57	10.5							
GUIA DE ITEMS REALIZADOS		6	7	8	9	10	11	
INDICAR GRUPO								
		NOMBRE DE LOS TENICOS RESPONSABLES DE LA RUTA						
		1			4			
		2			5			
		3			6			
REGISTRO DE DEMORAS								
Concepto de demora	Detalle			Registrada por	Fecha	Hora de Inicio	Hora de Finalizada	Ingresado a people soft por
								SI NO
								SI NO
								SI NO
ELABORO		REVISO		APROBO		VIGENCIA		
MANTENIMIENTO RTTF				15				

Figura 18

Formato de check list del proceso de PM cortos de motoniveladoras 24 mejorado por Lean Six Sigma 2

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO LEAN SIX SIGMA EN DRUMMOND LTDA 71

Ruta # 0		LISTA DE CHEQUEO MOTONIVELADORA 24 M H (ESTRATEGIA DE 250 HRS AGCE)						#REF!	#REF!	#REF!	Página 1 de XX
FASE 1: EQUIPO ENERGIZADO										TIEMPO PLANEADO: 1,3 HRS	
Equipo	WO	Convención de Demoras						Demora # 1	Inc.	& Fin.	
	Fecha	L: Almuerzo, SC: Cambio de turno, H: Hidratación, BT: Baño, S: Seguridad, T: Traslado, HT: Herramienta, WW: Esperando soldador, WE: Esperando eléctrico, WS: Esperando lavadero, WT: Sin personal técnico D.L.T.D. AP: Pausa Activa, PC: Computador, R: Retrabajo, OT: Esperando Ora Activa						Demora # 2	Inc. <td>& Fin. <td></td> </td>	& Fin. <td></td>	
	Tipo PM							Demora # 3	Inc. <td>& Fin. <td></td> </td>	& Fin. <td></td>	
	SMU							Demora # 4	Inc. <td>& Fin. <td></td> </td>	& Fin. <td></td>	
Fecha Inicio	dd/mm/yyyy	Hora Inicio	hh:mm	Fecha Final	dd/mm/yyyy	Hora Final	hh:mm				
REQUISITOS		1- "N/A" SIGNIFICA QUE LA TAREA "NO APLICA" 2- NO INICIAR UNA FASE SIN ANTES HABER TERMINADO LA ANTERIOR 3- COLOCAR NOMBRE Y APELLIDO EN LA COLUMNA TEC Y EL GRUPO EN LA COLUMNA GR 5- SI LA PAUTA FUE REALIZADA SIN ANOMALIAS MARCAR OK, DE LO CONTRARIO MARCAR NO OK Y REGISTRAR LOS HALLAZGOS DE IGUAL MANERA PASARLOS A LA HOJA DE ADICIONALES									
TIEMPO	%	ITEM	DESCRIPCION	SEGURIDAD	IMAGEN	TEC - GF	OK	NO OK	NA	HERRAMIENTAS	
		1	Organizar el arribo del equipo al hangar. Orden y aseo, alistamiento de insumos, kit de PM, muestras y herramientas.							(EPP)	
		2	Realice la descarga de la información electrónica a través del ET posteriormente borre de la memoria todos los códigos y/o eventos registrados y/o activos, notifique al supervisor los códigos y eventos repetitivos. (NOTA: entregue el reporte al supervisor este debe quedar guardado en el campo attachments de la tarea del PM en people soft)							COMPUTADOR	
		3	Con la ayuda del tecnico #2 Revise en el sistema centralizado de grasa: - Funcionamiento de la bombas principal y auxiliar, frecuencia del ciclo, presión de corte de lubricación y tiempo de apagado de la bomba. (Ver tabla #1) - Funcionamiento de la alarma sonora.	ADVERTENCIA El aceite caliente y los componentes calientes pueden causar lesiones personales. No permita el contacto del aceite o de los componentes calientes con la piel.						(EPP)	
		4	Con la ayuda del tecnico #2 Retiras y abrir guardas laterales de zona motor para realizar el lavado del equipo.	ATENCION Antes de rociar el compartimento del motor con agua a alta presión, apague el motor y deje que se enfíe. No rocíe agua directamente sobre una bomba caliente de inyección de combustible para evitar que se produzcan daños.						(EPP) PUNTI PALA ESCALERA 2 PASOS	
		5	Con la ayuda del tecnico #2 Revise el estado de los Flap de los guarda barros del fender P/S 146148 PN 319-2607, cambiar por condicion, Sino hay disponible Generar Backlog y entregar a planeacion.	ADVERTENCIA Las distracciones durante la operación de la máquina pueden ocasionar la pérdida de control de la misma. Tenga extremo cuidado al usar cualquier dispositivo mientras opera la máquina. Las distracciones durante la operación de la máquina pueden ocasionar lesiones personales o incluso la muerte.						(EPP)	

Nota Imagen suministrada por planeación Drummond Ltda. (2024)

Identificar Cada uno de los Residuos del Proceso de PM Cortos de Motoniveladoras 24 y

Plantear las Estrategias Necesarias para Eliminar o Disminuir Dichos Residuos

En este punto a continuación se identifican cada uno de los residuos presentes en el proceso de PM, las estrategias y mejoras aplicadas para eliminar y disminuirlos.

Sobre-Proceso

Estrategias y herramientas para disminuir el sobre-proceso.

Revisión y diseño en el flujo del proceso.

Revisión y ajuste de los check list de PM con forme al flujo de proceso.

Divulgación del paso a paso del flujo del proceso y ajuste del check list para que se cumpla a cabalidad tanto por parte de la supervisión como por parte de los técnicos.

Utilizar la herramienta de time line para planificar el paso a paso de las tareas en orden lógico, imprimir y colocar en el lado izquierdo de la carpeta.

Diseñar cubículo para que una vez se realice la planificación del paso a paso del proceso la carpeta quede en piso al lado del equipo al que corresponde y tanto el técnico, el digitador y el supervisor tengan acceso a la información del equipo.

Sobre-producción

Se identifican por parte de la supervisión los equipos que son prioritarios, que están cercanos a finalizar el proceso de atención en el taller, o por petición del cliente con el fin de asignar correctamente los recursos.

Los equipos que son prioridad son notificados al personal técnico a través del tablero de asignaciones (usar kamban) y se informa que el uso de recursos como equipos de soporte montacargas, mini cargador, puente grúa, soporte de soldadura, herramientas especiales, entre otros, sean asignados a estos equipos.

Transporte

Para el transporte de componentes mayores de reparaciones parciales estos se ubican en una zona estratégica plenamente identificada cerca del taller para que los equipos de soporte como montacargas y mini cargador puedan acceder fácilmente a ellos, de igual forma bases y herramientas que necesiten el apoyo de este transporte, cada área de bases, componentes,

herramientas, deben estar delimitada, enmarcada y contar con un hablador para que los equipos de soporte identifiquen fácilmente el recurso que se solicite.

En el transporte de repuestos e insumos se propone un patinador encargado de reclamar y traer al taller a la mayor brevedad posible, ya que una de las afectaciones más significativas en el tiempo de ejecución de las actividades del proceso es la disposición inmediata de los repuestos disponibles en bodega.

Se propone también identificar los repuestos que se usan comúnmente y que por lo general se encuentran en la bodega de otra mina para que sean incluidos como ítems de inventario para disminuir los retrasos por transporte de componentes de una mina a la otra.

Inventario

Se propone también identificar los repuestos que se usan comúnmente y que por lo general se encuentran en la bodega de otra mina para que sean incluidos como ítems de inventario para disminuir los retrasos por solicitud y entrega de componentes.

Como medida primordial en la ejecución de una tarea por componente, se debe realizar la solicitud del repuesto una vez identificada la falla, con el fin de ganar tiempo en su transporte mientras se realiza la remoción del componente.

Al inicio de turno se deben verificar los insumos que se utilizan en la ejecución de las actividades con el fin de realizar la respectiva solicitud, para esto se debe verificar lo siguiente:

La documentación requerida en la ejecución del proceso, lista de chequeo, formatos de inspección de herramientas, puente grúa, izaje, entre otros.

Insumos químicos.

Insumos de control de contaminación.

Cartuchos de tinta para impresión de documentación y PTS.

Herramientas.

Verificar la disponibilidad de equipos de apoyo como montacargas, mini cargador y equipos de soldadura.

Verificar con el personal técnico con el que se cuenta tanto directo como indirecto.

Movimientos

Para analizar y determinar los procesos y aspectos en donde se presentan los movimientos, se aplica la herramienta de lean six sigma llamada diagrama de espagueti a los movimientos que se realizan tanto las motoniveladoras, como los técnicos que ejecutan el proceso de PM corto.

Figura 19

Análisis 1 de movimientos en el proceso de PM de las motoniveladoras 24 aplicando diagrama de espagueti

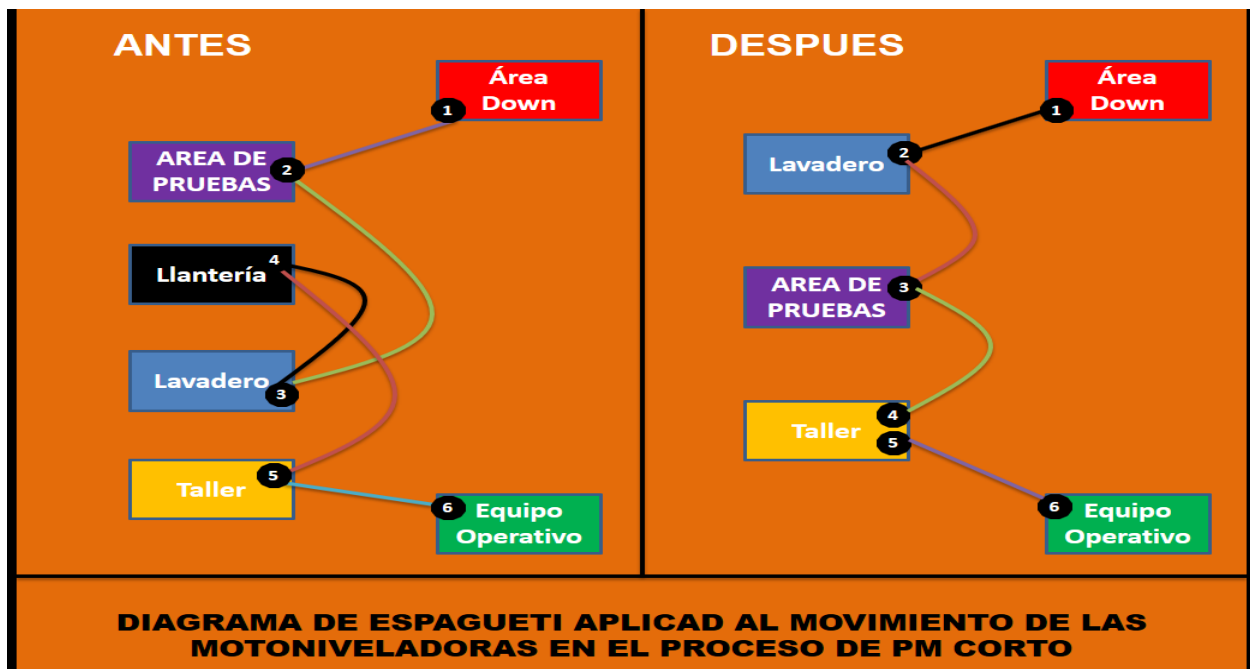


Figura 20

Análisis 1 de diagrama de espagueti situación actual del taller de PM área RTTF de la mina el descanso

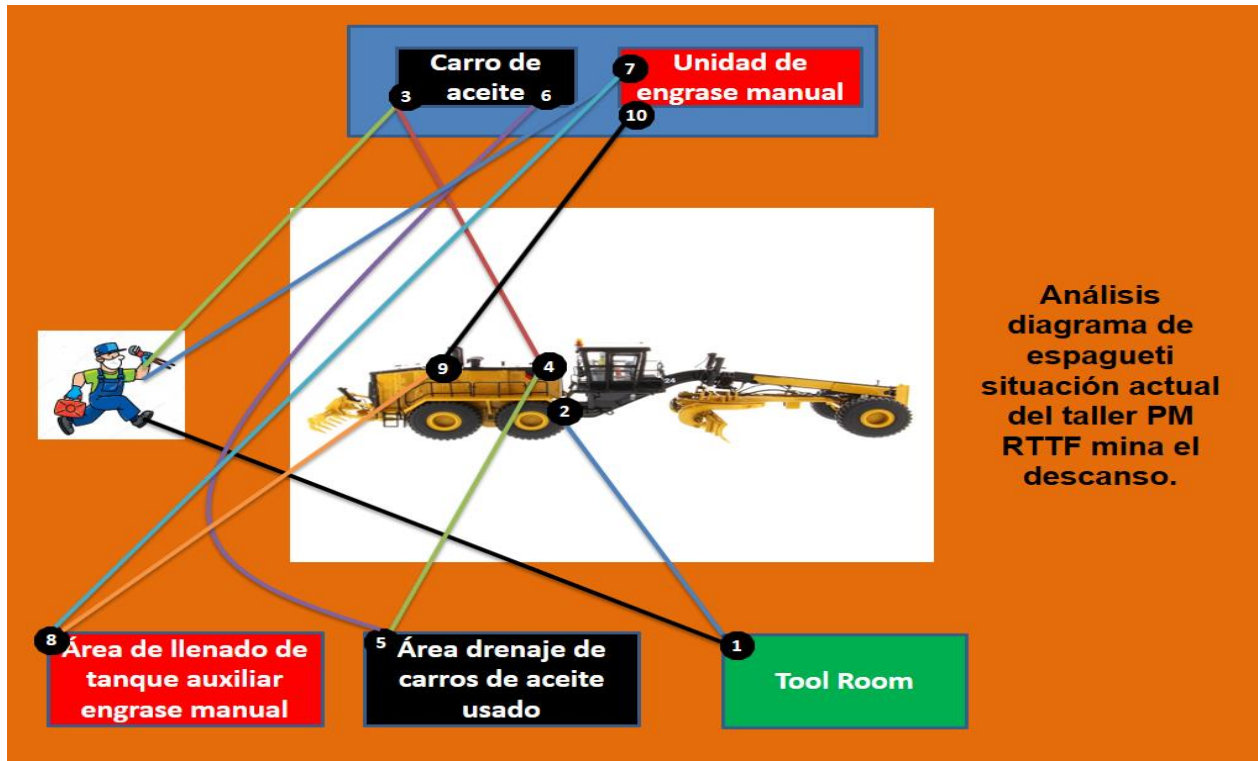
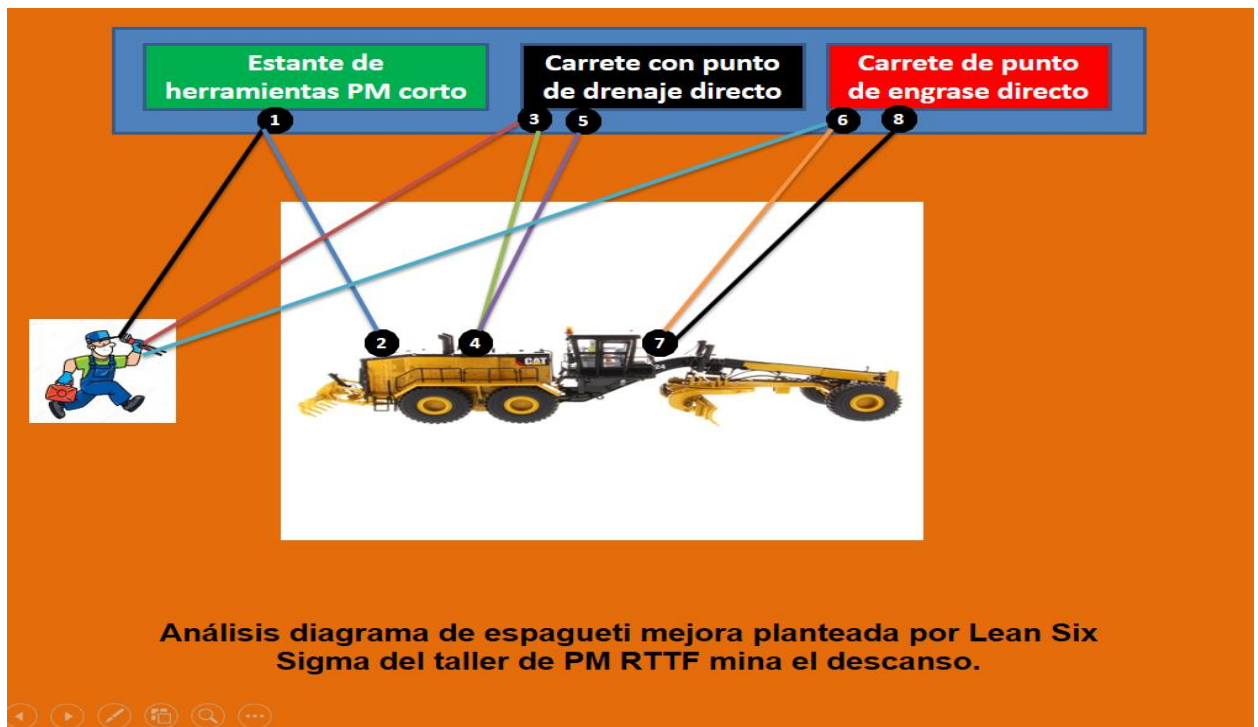


Figura 21

Análisis 1 de diagrama de espagueti mejora planteada por Lean Six Sigma del taller de PM área RTTF de la mina el descanso



Con esta herramienta podemos determinar la forma adecuada para la gestión de los insumos, artículos y herramientas necesarias para ejecutar el proceso de PM corto sin que se genere un exceso de desplazamiento ya sea de la máquina que genere una demora por traslado o por desplazamiento del técnico que genere no solo demoras en el proceso si no también fatiga a quien ejecuta el proceso.

Para disminuir el exceso de movimientos detectados con la metodología del diagrama de herramientas se presentan las siguientes estrategias.

Se ubica un estante con las herramientas básicas con la que se ejecutan las pautas del PM corto.

Se cambia el sistema de drenaje de aceite de motor, de drenaje con recolección de aceite en carro recolector, a sistema de drenaje rápido con punto de drenaje con bomba neumática.

Se cambia Sistema de engrase manual punto a punto con carro auxiliar a sistema de engrase manual directo con carrete con pistola manual instalado en el hangar.

Para evitar exceso de traslado por la maquina se rediseña el flujo de proceso y se adapta el orden lógico de ejecución de las tareas de tal forma que el equipo realice la menor cantidad de traslados posibles.

Se instalan radios en los hangares del taller para facilitar la comunicación entre el técnico y el supervisor.

Re-trabajos

Para evitar los re-trabajos se presentan las siguientes estrategias.

Diseñar el flujo de las tareas de PM a ejecutar de tal forma que no se generen residuos en el proceso.

Cumplir a cabalidad con el orden específico del flujo de trabajo.

Trabajar de la mano con los manuales del fabricante para mantener al máximo el estándar de las maquinas.

Diseñar matriz de decisiones basados en estándares de calidad y productividad.

Metodología de análisis causa raíz (RCA).

Revisión minuciosa de los formatos de evaluación de los equipos y ajustar datos al modelo de quipo que corresponde.

Uso de la herramienta time line como ruta de ejecución paso a paso de las actividades tanto de las pautas del check list como de las tareas que se desprendan de los adicionales.

Mano de obra calificada.

Capacitaciones al personal técnico para mejorar sus conocimientos y habilidades en la ejecución de los procesos de PM.

Esperas

Todas las estrategias implementadas para disminuir los residuos anteriormente mencionados aplican para disminuir el residuo de las esperas.

Para disminuir las esperas por personal, se recomienda tener la planta de técnicos necesarios para cubrir la demanda de trabajo.

Talento Humano

Lean Six Sigma recomienda contar con mano de obra calificada.

Identificar fortalezas y debilidades del personal técnico y con base en esto capacitar para mejorar las habilidades del personal.

La metodología Kaizen de Lean Six sigma plantea que todo el personal que interviene en los procesos debe estar en la capacidad de identificar residuos y dar solución a los mismos.

Aplicar la metodología kamban no solo para dar las instrucciones de las tareas con las que se deben continuar, se deben identificar los equipos que sean prioridad para evitar sobreproducción.

Aplicar la metodología de las 5 S para mantener en óptimas condiciones las instalaciones y los equipos de trabajo.

Procedimiento de Aplicación de la Fase Controlar

En esta fase se plantean las siguientes estrategias para controlar que lo implementado cumpla su función.

Auditorías internas donde se verifica el cumplimiento de los estándares implementados a través de la metodología de Lean Six Sigma.

Luego de las mejoras implementadas se siguen realizando las mediciones en tiempo real para verificar que la metodología cumpla su función.

Luego de las mejoras implementadas se revisan los reportes de confiabilidad con el fin de verificar que lo implementado cumpla con lo esperado.

Documentar cada estándar que se implemente a partir de la aplicación de Lean Six Sigma.

Después de la implementación de las mejoras, el ciclo de adaptación deberá repetirse hasta que se mejoren los indicadores de productividad como se muestra en la siguiente imagen

Figura 22

Ciclos de mejora y adaptación continua según Lean Six Sigma

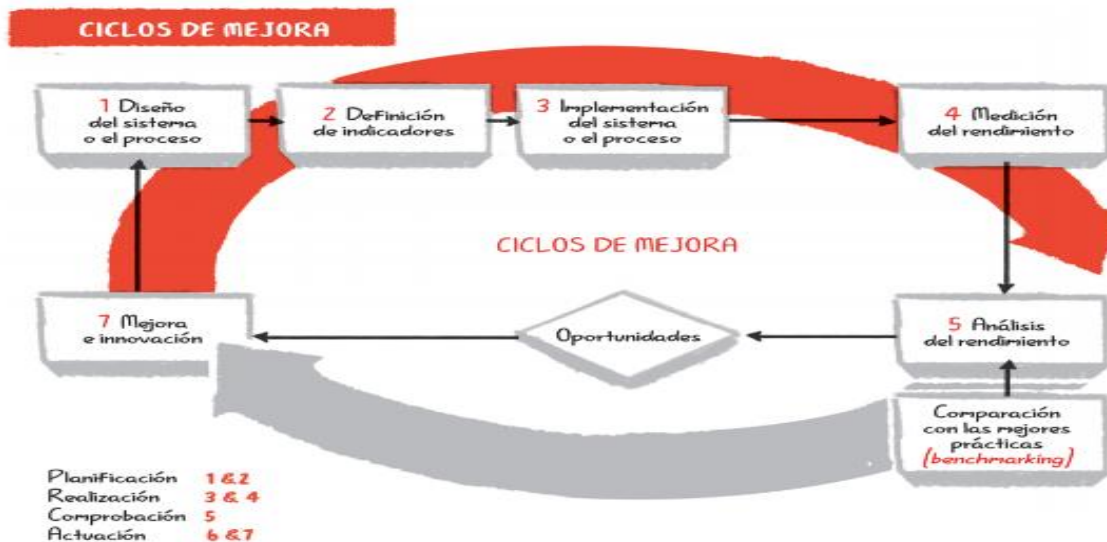


El modelo de la figura anterior explica clara y detalladamente cómo se desarrollan, diseñan, evalúan y mejoran las empresas a través de los ciclos de adaptación y mejora que plantea la metodología de Lean Six Sigma, en los que fase tras fase se recurre a herramientas estratégicas y tácticas para lograr un sistema de gestión Lean Six Sigma duradero. *Luis Soconini, Carlos Reato (1º Edición 2019).*

Una vez completado el ciclo, habrá que volver a ciclo de adaptación para continuar mejorando, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 23

Ciclos de mejora continua según Lean Six Sigma



Presentación de la Metodología Lean Six Sigma al Personal Operativo y Administrativo de la Compañía

Para cumplir con este objetivo específico, se llevó a cabo una presentación del proyecto al personal técnico del área RTTF, específicamente en la sección de PM de motoniveladoras modelo 24, con la presencia del superintendente del área José Arzuaga. Durante esta presentación, además de exponer los detalles del proyecto, se implementó la herramienta Lean Six Sigma conocida como Canvas. Esta herramienta permitió detallar aspectos clave del proceso y del taller, con el fin de identificar y eliminar los desperdicios en los procesos de PM cortos de las motoniveladoras 24.

Es importante destacar que, en dicha presentación, el personal técnico realizó aportes significativos, señalando condiciones en el taller que contribuían a los desperdicios mencionados por la metodología Lean. Estas observaciones fueron consignadas en el acta de reunión de la compañía, que se presenta a continuación, para proceder con su ejecución inmediata como parte de la implementación del proyecto.

 DRUMMOND LTD. COLOMBIA	ACTA DE REUNIÓN	SG-FOR-SST-031 Versión 02 Julio 2015 Página 1 de 3
--	-----------------	---

Acta No:	1	Tema:	Reunión de implementación de PITS para el área de PM cargadores de la flota RTTF de mina el descanso, presentación del modelo de implementación de la metodología de mejora de procesos lean six sigma aplicada a los procesos de la flota RTTF.
Fecha:	20/07/2024	Grupo:	2
Ubicación:	Mina ED	Responsables:	José Arzuaga
Hora Inicio:	6:00 AM	Hora Fin:	7:00 AM

Objetivo:	<i>Mejorar las competencias de Liderazgo del Equipo de RTTF.</i>
Agenda:	<ol style="list-style-type: none"> Momento de Seguridad, Salud, Ambiente y Productividad – Nuestros Principios. 7 Competencias de Liderazgo Drummond Ltd. Presentación del modelo de implementación de la metodología de mejora de procesos lean six sigma aplicada a los procesos de la flota RTTF. Generar Acciones Nuevas.

Desarrollo de la reunión:

1. Momento de Seguridad, Salud, Ambiente y Productividad – Nuestros Principios - 7 competencias de Liderazgo DLTD



Nuestros Principios	Our Principles
SEGURIDAD, NUESTRO ESTADO DE VIDA El Poder de Salvar Vidas	SAFETY, OUR LIFESTYLE The Power to Save Lives
COMPROMISO El Poder de la Responsabilidad	COMMITMENT The Power of Accountability
INTEGRIDAD El Poder de la Honestidad	INTEGRITY The Power of Honesty
EXCELENCIA El Poder de la Calidad	EXCELLENCE The Power of Quality
TRABAJO EN EQUIPO El Poder de la Sinergia	TEAMWORK The Power of Synergy



Figura 24 Acta de presentación del proyecto


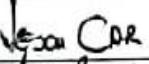
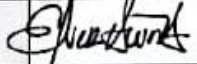

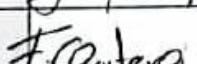
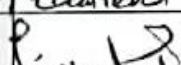
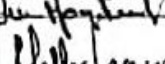
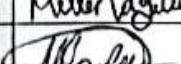
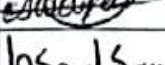
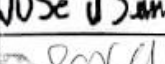
2. Presentación del modelo de implementación de la metodología de mejora de procesos lean six sigma aplicada a los procesos de la flota RTTF.



3. **Crear de Equipos de Mejora de Procesos Pits (Process Improvement Teams) para el área de PM cargadores de la flota RTTF.**
Objetivo PITs: Mejorar el cuidado del Ambiente, la Seguridad, la Salud y la Productividad de los Técnicos, Planeadores, Clerks y Supervisores, identificando, analizando y controlando los actos y las condiciones a riesgo, además de las demoras actuales y potenciales que ocasionan paradas en el flujo de trabajo, generando acciones que permitan reducir o eliminar los incidentes y las demoras en los procesos de mantenimiento.
4. **Implementar sistema de succión de drenaje para los aceites en el área de PM de la flota RTTF.**
5. **Solicitar robotinas para disminuir las demoras por búsqueda de partes en el SIS WEB en el are de PM de la Flota RTTF**
6. **Modificar y/u organizar los check list de tal forma que las pautas sean coherentes cuando se realicen ítems de equipo en prueba y equipo apagado y verificar si existen pautas que son Innecesarias realizar, con el fin de eliminar movimientos Innecesarios y pérdida de tiempo en el proceso de PM en el área de la flota RTTF.**
7. **Mejorar la entrega de repuestos en el área de PM con la ayuda del patinador con el que se cuenta en el taller backline de la flota RTTF en la mina el descanso.**
8. **Aumentar el suministro de agua para el consumo del personal del área de PM de la flota RTTF.**
9. **Entrenamiento en star, move and shut down para el personal técnico motoniveladoras para disminuir las demoras por falta de autorización para mover los equipos en el área de PM y RTTF.**
10. **Crear estante de stock de tornillería de uso constante con el fin de disminuir o eliminar demoras por este reporte para el taller de PM de lo flota RTTF.**
11. **Ampliar y mejorar la ubicación de los puntos limpios, por seguridad a la hora de realizar movimientos con los equipos que ingresan y salen del taller.**
12. **Mejorar iluminación en el área de trabajos fuera del taller de PM de la flota RTTF.**
13. **Solicitar Mesas de trabajo con sus accesorios para el taller de PM de la flota RTTF.**
14. **Solicitar lámparas magnéticas para el taller de PM de la flota RTTF.**
15. **Solicitar Ventiladores. (solo hay 2 en el taller) para el taller de PM de la flota RTTF.**
16. **Solicitar pasacable para mangueras de gran dimensión para el taller de PM de la flota RTTF.**
17. **Solicitar un torque de 1.000 lb (No hay en el taller) con el fin de eliminar la demora por herramienta.**
18. **Generar Acciones Nuevas**

Competencia	Acción	Responsable	Fecha	% de Cumplimiento
Seguridad, Salud y Ambiente	Identificar todas las condiciones inseguras que pueden ocasionar un incidente o accidente y eliminar de inmediato para evitar que se materialice el evento.	Técnicos y Supervisores		
	Implementar los comités satélites de seguridad y productividad Equipos de Mejora de Procesos Pits (Process Improvement Teams) para implementar los procesos mejora del área de PM de la flota RTTF	Lideres de Grupo		

Orientación a resultados de mejora de productividad	Líderes y supervisores realizan solicitud de compra de insumos y partes para el mejoramiento del taller de PM y asignar el personal y los recursos para realizar la ejecución.	Líderes y supervisores		
Competencias de Liderazgo	Sinergizar entre los técnicos y los supervisores las tareas de mejoramiento del taller	Supervisores y técnicos		

Mina El Descanso					
Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
Nombre de Asistentes	Firma	Nombre de Asistentes	Firma	Nombre de Asistentes	Firma
		Dany curiel			
		Jeison Caro			
		Elver Acuña			
		Luis Celedón			
		Freider quintero			
		Luis Magdanlel			
		Miller Laguna			
		Aldair Peña			
		José Sarmiento			
		José Arzuaga			

Nota Esta acta es un documento que pertenece a la compañía DRUMMOND LTDA. SG-FOR-SST-031- VERSION-O2 (JUIO 2015)

Conclusiones

En primer lugar, Lean Six Sigma es un proceso estructurado de resolución de problemas mediante el uso de datos que transforma el enfoque de resolución de problemas que se utiliza en empresas de todo tipo hoy en día con excelentes resultados.

Aplicado al proceso de PM corto de una de las flotas críticas como lo es la de las motoniveladoras 24 en el área RTTF de la mina el descanso, pudimos identificar los factores que afectan significativamente el desarrollo normal de la ejecución de cada una de las tareas inmersas en el proceso, de tal forma que se pudieran analizar las causas reales de demoras en los PM cortos y aplicar e implementar las estrategias necesarias para mitigar o eliminarlas con el fin de mejorar o elevar al nivel del cumplimiento los indicadores que miden la productividad en el área.

El éxito en la implementación de Lean Six Sigma depende no sólo de la difusión de conocimientos en métodos estadísticos sino del compromiso y la disposición de los dueños o gerentes encargados de liderar este cambio de cultura dentro de toda la organización, así como los recursos humanos y materiales destinados a este programa y finalmente la motivación y propiciación de este cambio en cada uno de los empleados en todos los niveles, de adoptar una nueva metodología que nos permita mejorar la calidad, los tiempos de entrega de los equipos y reducir los costos operativos en los procesos de PM y mantenimiento del área, teniendo en cuenta primordialmente la seguridad de los trabajadores y el cuidado del medio ambiente.

Recomendaciones

Estandarización de Procesos

Asegurar que los procesos mejorados sean documentados y estandarizados para facilitar su replicación en otras áreas de la mina. Esto ayudará a mantener la consistencia y la calidad del servicio.

Capacitación Continua

Implementar un programa de capacitación continua para el personal técnico y administrativo, enfocado en las técnicas de Lean Six Sigma y en la importancia de la mejora continua.

Auditorías Periódicas

Realizar auditorías internas regulares para garantizar que los procesos se mantengan alineados con los estándares establecidos y que se cumplan los objetivos de mejora planteados.

Mejora Continua

Establecer ciclos regulares de revisión y mejora para adaptar y optimizar los procesos de manera continua, basándose en datos y resultados obtenidos durante la implementación.

Monitoreo de Indicadores

Continuar monitoreando los indicadores clave de rendimiento para evaluar el impacto de las mejoras implementadas y ajustar las estrategias según sea necesario.

Comunicación Eficaz

Fomentar una comunicación efectiva entre los diferentes departamentos y niveles jerárquicos para asegurar que todos los involucrados estén alineados con los objetivos del proyecto.

Expansión del Modelo

Considerar la posibilidad de expandir la implementación del modelo Lean Six Sigma a otras áreas de la operación que puedan beneficiarse de esta metodología, basándose en los éxitos obtenidos en el área RTTF.

Estas recomendaciones están orientadas a asegurar que los beneficios obtenidos con la implementación del modelo Lean Six Sigma se mantengan a largo plazo y se maximicen a través de la mejora continua y la replicabilidad del modelo en otras áreas de la organización.

Referencias bibliográficas

Fons Jareño, I., & Sánchez Herguedas, A. (2020). *Implantación de la metodología Lean Seis Sigma en un proceso de mantenimiento aeronáutico.*

<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/584>

Ramírez Pérez, J. F., López Torres, V. G., Hernández Castillo, S. A., & Morejón Valdés, M. (2021). *Lean Six Sigma e Industria 4.0: Una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones.*

<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/584>

López Leal, R., Silíceo Rodríguez, M. L., & Hernández Pitalúa, D. (2010). *Optimización de procesos administrativos aplicando herramientas de lean six sigma.*

<https://web-s-ebsohost->

[com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=b16bdfd1-ce71-4a8c-9a6b-d29ba7585941%40redis](https://web-s-ebsohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=b16bdfd1-ce71-4a8c-9a6b-d29ba7585941%40redis)

Castrejon, R. (2021). *Diseño de un sistema basado en la metodología Six Sigma para mejorar la gestión de mantenimiento predictivo de los equipos estáticos de una empresa minera Cajamarca.*

<https://hdl.handle.net/11537/28803>

García Espinoza, S. E. (2017). *Gestión de procesos de negocio y calidad mediante la técnica Lean y Six Sigma.* <https://hdl.handle.net/20.500.12590/15545>

Ding Xuru, Z. W. (2015). *Lean Six Sigma y herramientas estadísticas para ingenieros y gerentes de ingeniería.*

<https://web-s-ebsohost->

[com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEwOTQwMDJfX0FOO?sid=70ee6d60-885c-4203-a7be-908bb8811f9a@redis&vid=2&format=EB&rid=3](https://web-s-ebsohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEwOTQwMDJfX0FOO?sid=70ee6d60-885c-4203-a7be-908bb8811f9a@redis&vid=2&format=EB&rid=3)

Urdinola Gómez, S., & Trejos Manrique, W. A. (2013). *Gestión de la cadena de suministro ecológica en el sector de hidrocarburos en Colombia: Descripción, análisis y recomendaciones para la implementación en una mipyme.*

<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/7aa2bcfa-1c07-496e-933a-fe1229777516/content>

Mantilla Celis, O. L., & Sánchez García, J. M. (2012). *Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma.*

<https://web-p-ebsohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ca1b95ce-7328-4029-97e5-a492655c848a%40redis>

Gutiérrez Pulido, H. (2005). *Calidad y productividad Plus.*

<https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/stage.aspx?il=29223&pg=&ed=>

Cudney, E. A., & Kestle, R. (2018). *Implementación de Lean Six Sigma en toda la cadena de suministro: El estudio de caso completo y transparente.*

https://web-s-ebsohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMzU4NDc-wX19BTg2?sid=17b9c536-b204-4541-ae66-6511d601c794@redis&vid=6&format=EB&ppid=pp_1

Kamińska, M. (2021). *Mejora de los procesos de almacén mediante la implementación de lean six sigma en la cadena de suministro global.* <http://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2022/01/ZN154-Kami%C5%84ska.pdf>

Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean six sigma sistema de gestión para liderar empresas.*

https://www.google.com.co/books/edition/Lean_Six_Sigma_Sistema_de_gesti%C3%B3n

[para/ODyeDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=concepto%20de%20lean%20six%20sigma
&pg=PA14&printsec=frontcover](https://www.izertis.com/es/-/post/metodo-lean-six-sigma-mejora-procesos-de-tu-empresa)

Nathan-Gerges González, M. (2023). *El método Lean Six Sigma clave en la mejora de procesos de tu empresa.*

<https://www.izertis.com/es/-/post/metodo-lean-six-sigma-mejora-procesos-de-tu-empresa>

Escobedo, E., & Socconini, L. (2021). *Lean Six Sigma Green Belt Paso a Paso.*

[https://books.google.es/books?id=fdkZEAAAQBAJ&lpg=PA14&ots=NbX_bXV8PZ&dq
=historia%20de%20lean%20six%20sigma&lr&hl=es&pg=PA6#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=fdkZEAAAQBAJ&lpg=PA14&ots=NbX_bXV8PZ&dq=historia%20de%20lean%20six%20sigma&lr&hl=es&pg=PA6#v=onepage&q&f=false)

Sánchez, E. A. (2005). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed.*

McGraw-Hill

<https://books.google.com.pe/books?id=PIFzgiznTp8C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

(Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58257558/Definiciones_de_los_enfoques_cuantitativo_y_cualitativo_sus_similitudes_y_diferencias.pdf?1548409632=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDefiniciones_de_los_enfoques_cuantitativ.pdf&Expires=1723429485&Signature=ReGqZJ4pXP7FmGOh5aVC2RpxS4UQGKLy8~UT-DUZZDWXhwluXMBxjFkVZnHvj4W3zZpK0wwuNsrhPlGvJ7Hl2SPEbqkkijMyf4l2RcGVUIJ9eQOi9a4CdywZA0NowjfWoSW72WHqG5nv-GW9tV2WUc48Ol0cnfRFayETt88VxervDhRm~FCsbcPt6DVJVo85FqeNb5q6OAo86kh30xOXDmZ02YyOev3PeBrNjktegzx-padM7-To7O1g6hXCh0wSjGE3wJ5uJmOPBveHeRjKs6O3uxNRtO4TF2Qrjo8s81NbqIZp6NyImCnF9MSHtrO-2kiEHIDziYodnUEZCOW_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Eby, K. (2017, 9 de agosto). *Six Sigma: A Complete Guide to the Process.* Recuperado el 16 de junio de 2017, de [Smartsheet](https://www.smartsheet.com).

Ulloa Nieto, C. J. (2023, 23 de abril). *Los Resultados de Six Sigma en Motorola*. [Blog de Calidad Total](#).

(Olarte, Botero & Cañón, 2010)

(Alavedra et al., 2016; Viveros et al., 2013)

(Arrieta et al., 2011; Olarte, et al., 2010; Tejada, 2016)

(Team Asana 17 de febrero de 2024)

Anexos

Anexo 1

Encuesta para Trabajadores del Área RTTF de Mantenimiento De Tractores y Cargadores de la Mina El Descanso de la Compañía Drummond Ltda

Introducción

“Estimado trabajador”

Estamos llevando a cabo una investigación para mejorar nuestros procesos de mantenimiento y operación de las motoniveladoras modelo 24 en el área RTTF mediante la implementación de la metodología Lean Six Sigma. Sus respuestas nos ayudarán a identificar áreas de mejora y a diseñar soluciones más efectivas. Agradecemos sinceramente su colaboración.

Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas de la manera más precisa posible. Todas las respuestas serán confidenciales.

Sección 1: Información General

Cargo:

- Técnico de mantenimiento
- Supervisor de mantenimiento
- Ingeniero de mantenimiento
- Otro: _____

Años de experiencia en el área de mantenimiento:

- Menos de 1 año
- 1-3 años

- 3-5 años
- Más de 5 años

Sección 2: Evaluación de los Procesos Actuales

¿Cómo calificaría la eficiencia del proceso de mantenimiento actual?

- Muy eficiente
- Eficiente
- Ni eficiente ni ineficiente
- Ineficiente
- Muy ineficiente

¿Con qué frecuencia ocurren fallas o defectos en las motoniveladoras?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensualmente
- Raramente
- Nunca

¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta en el proceso de mantenimiento? (Seleccione todas las que apliquen)

- Falta de herramientas o equipos adecuados
- Falta de capacitación
- Procesos ineficientes

Problemas de comunicación

Otros: _____

Sección 3: Percepción sobre Lean Six Sigma

¿Está familiarizado con la metodología Lean Six Sigma?

Sí

No

¿Cree que la implementación de Lean Six Sigma puede mejorar los procesos de mantenimiento?

Sí, definitivamente

Sí, probablemente

No estoy seguro

No, probablemente no

No, definitivamente no

¿Qué áreas cree que se beneficiarían más con la implementación de Lean Six

Sigma? (Seleccione todas las que apliquen)

Reducción de tiempos de mantenimiento

Reducción de defectos y fallas

Mejora en la eficiencia del proceso

Mejora en la calidad del mantenimiento

Otros: _____

Sección 4: Satisfacción y Motivación

¿Cómo calificaría su satisfacción general con su trabajo en el área de mantenimiento?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Ni satisfecho ni insatisfecho
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

¿Qué sugerencias tiene para mejorar los procesos de mantenimiento y operación?

(Responda en el espacio proporcionado)

Sección 5: Datos Demográficos

Edad:

- Menos de 25 años
- 25-34 años
- 35-44 años
- 45-54 años
- 55 años o más

Nivel de educación:

- Secundaria
- Técnico
- Universitario
- Postgrado
- Otro: _____

Agradecimiento

Gracias por tomarse el tiempo para completar esta encuesta. Sus respuestas son muy valiosas para nosotros y contribuirán significativamente a la mejora de nuestros procesos de mantenimiento y operación.

Sarmiento Triana, J. J. (2024). *Implementación del modelo lean six sigma para el mejoramiento de los procesos de PM cortos de motoniveladoras del modelo 24 en el área RTTF en las minas de la compañía Drummond Ltda.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Administrativas Contables Económicas y Negocios – ECACEN, Especialización en Gestión de Proyectos.