



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Sistema SMED para incrementar la productividad en la reparación de motores
16v4000 en la empresa MTU. Lima- 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Auqui Evanan, Nelson Franklin (ORCID: 0000-0003-2387-1143)

Rondan Mamani, Juan Manuel (ORCID: 0000-0001-6753-5817)

ASESOR:

Mg. Ramos Harada Freddy (ORCID: 0000-0002-3619-5140)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA-PERÚ

2019

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi madre Clara Elena por todo el apoyo que me ha brindado durante mis años de estudio, a mis amigos por darme la fuerza de seguir estudiando y a los docentes que me enseñaron la importancia del conocimiento que me brindaron.

Rondan Mamani, Juan Manuel

Este trabajo lo dedicamos a nuestras familias por el gran apoyo que nos brindaron y al docente del curso con todo el respeto que se merece desde nuestro corazón.

Auqui Evanan, Nelson Franklin

Agradecimiento

Agradeceremos a nuestro docente a cargo por la ayuda con todas nuestras dudas en el proceso de investigación, a la UCV por dejarnos acceder a su valiosa información y un gran agradecimiento a la ciencia de la ingeniería por ser tan interesante, fascinante y muy profunda.

Auqui Evanan, Nelson Franklin

Rondan Mamani, Juan Manuel

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Declaración de autenticidad

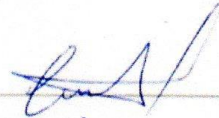
Yo Auqui Evanan, Nelson Franklin con D.N.I. N° 48022233 y yo Rondan Mamani Juan Manuel con D.N.I. N° 47174392 , con el propósito de cumplir con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la información, datos, documentos de esta tesis es veraz y autentico.

De tal manera asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima 16 de diciembre
del 2019



Auqui Evanan, Nelson Franklin



Rondan Mamani, Juan Manuel

ÍNDICE

Carátula-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimiento-----	iii
Página del jurado-----	iv
Declaratoria de autenticidad-----	v
Índice -----	vi
Índice de tablas -----	vii
Índice de figuras-----	viii
Resumen-----	ix
Abstract-----	x
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. MÉTODO -----	15
2.1. Tipo y diseño de investigación -----	15
2.2. Operacionalización de variables -----	15
2.3. Población, muestra y muestreo-----	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos-----	18
2.5. Procedimiento-----	20
2.6. Método de análisis de datos-----	25
2.7. Aspectos éticos -----	30
III. RESULTADOS-----	30
IV. DISCUSIÓN -----	38
V. CONCLUSIONES-----	39
VII. RECOMENDACIONES-----	40
REFERENCIAS -----	41
ANEXOS -----	44

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de actividades en el proceso de lavado	20
Tabla 2 Resumen de actividades en el proceso de armado y desarmado antes	22
Tabla 3 Resumen de actividades en el proceso de armado y desarmado después.....	22
Tabla 4 Resumen de las actividades actuales	23
Tabla 5 Resumen de las actividades mejoradas.....	23
Tabla 6 Eficiencia de los meses después	24
Tabla 7 Cumplimiento de la reparación después.....	24
Tabla 8 Resumen comparativo de los días de reparación.....	25
Tabla 9 Tipos de muestra.....	26
Tabla 10 Tipos de datos.....	26
Tabla 11 Significancia de la productividad	26
Tabla 12 Significancia en la eficiencia y eficacia	27
Tabla 13 Estadístico de pruebas emparejadas	28
Tabla 14 Estadístico de prueba.....	28
Tabla 15 Prueba de rangos.....	29
Tabla 16 Prueba de rangos.....	29
Tabla 17 Horas hombre luego de la reparación.....	31
Tabla 18 Horas de reparación antes y después	31
Tabla 19 cálculo del tiempo estándar	32
Tabla 20 Índices de disponibilidad.....	33
Tabla 21 Índices anteriores de productividad.....	34
Tabla 22 Indices posteriores de productividad	34
Tabla 23 Porcentual de cumplimiento	35
Tabla 24 Porcentaje de eficiencia antes y después	36
Tabla 25 Productividad antes y después.....	37

Índice de figuras

Figura 1 Fase 1-sistema SMED	10
Figura 2 Fase N° 2 del método SMED	11
Figura 3 Fase N° 3 del método SMED	11
Figura 4 Fase N° 4 del método SMED	12
Figura 5 Fase N° 5 del método SMED	12
Figura 6 Lavado de piezas de repuesto.....	21
Figura 7 Índices de horas de reparación	32
Figura 8 comparativo de disponibilidad	33
Figura 9 Índices de cumplimiento en la reparación.....	35
Figura 10 Índice de eficiencia- Reparación de motor.....	36
Figura 11 Índices de productividad antes y después	37

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo principal lograr reducir el tiempo de reparación en los motores 16v4000, para ello se aplicó las 4 etapas de la metodología SMED, la cual fue desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo desde 1950 y sus principios son aplicados actualmente en diversas empresas, esta metodología nos permitió reducir el tiempo de reparación de cada motor para poder cumplir con la fecha de entrega. Esta investigación se llevó a cabo dentro de un periodo de 8 meses, tiempo que nos permitió analizar 24 motores.

En la Primera etapa se realiza un levantamiento de la información para saber cuál es el estado actual de las reparaciones de los motores 16v4000, luego en la Segunda etapa se clasifican las actividades de acuerdo a las definiciones teóricas con la finalidad de diferenciar que actividades influyen directamente en el tiempo de reparación de motores 16v4000.

En la Tercera etapa se aplican las técnicas para convertir las actividades internas en actividades externas de manera que logremos generar una mayor utilidad de los recursos que poseemos y terminando estos procesos realizamos un análisis a detalle de las actividades, de los procesos internos y externos buscando reducir al máximo el tiempo que toma su ejecución; luego de culminar estas etapas logramos reducir el tiempo de reparación en 1 día aproximadamente.

Finalmente, se logró incrementar la productividad de la reparación de los motores en un 8% aproximadamente, logrando reducir los costos de mano de obra generando más utilidad en la empresa, todo esto debido al incremento de la eficiencia y la eficacia.

Palabras claves: SMED, Productividad, Eficiencia, Eficacia.

Abstract

The main objective of this study was to reduce the repair time in 16v4000 engines, for which the 4 stages of the SMED methodology were applied, which was developed by the Japanese engineer Shigeo Shingo since 1950 and its principles are currently applied in various companies, this methodology allowed us to reduce the repair time of each engine to meet the delivery date. This research was carried out within a period of 8 months, which allowed us to analyze 24 engines. In the First stage, information is collected in order to know what the current status of the 16v4000 engine repairs is, then in the Second stage the activities are classified according to the theoretical definitions in order to differentiate which activities directly influence in the repair time of 16v4000 engines.

In the Third stage the techniques are applied to convert the internal activities into external activities so that we can generate a greater utility of the resources that we have and the Fourth stage corresponds to a detailed analysis of the activities, of the internal and external processes looking for minimize the time it takes to execute; After completing these stages we managed to reduce the repair time by 2 days.

Finally, it was possible to increase the productivity of the repair of the engines by approximately 8%, managing to reduce labor costs generating more utility in the company, all this due to the increase in efficiency and effectiveness.

Keywords: SMED, Productivity, Efficiency, Effectiveness

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo titulado “sistema SMED para incrementar la productividad en la reparación de motores 16v4000 en la empresa MTU lima- 2019” consideró el estudio y uso efectivo de estrategias y técnicas del sistema SMED propuesto en las herramientas de lean manufacturing aplicado a los motores 16V4000 de la empresa MTU.

Una realidad nacional que estamos afrontando en la actualidad es que la gran mayoría de empresas de servicio de mantenimiento no considera una metodología de mejora y optimización de procesos aún, debido a que todavía los consideran incontrolables, ya que la alta rotación de personal y la gran variedad de procedimientos generan variables muy difíciles de calcular.

Esta investigación se realizó en una empresa dedicada a la venta, distribución y reparación de motores de alta potencia, con presencia nacional e internacional en el Perú y América Latina. La empresa cuenta con diversos tipos de motores para realizar distintas actividades desde el movimiento de tierras como son camiones mineros de acarreo, cargadores frontales, perforadora y tanques; así mismo, cuenta con una variada flota en las minas más importante del Perú como: Antapaccay, Antamina, Toquepala, Cuajone, Las Bambas, Chinalco y Constancia.

Este trabajo de investigación surgió con fin de estandarizar las etapas que abarcan el proceso de reparación de un motor MTU, de manera que podamos realizar un mayor control en los procesos y poder reducir el tiempo de reparación de los motores en la empresa, procurando seguir manteniendo las actividades a un mínimo costo, generando una mayor rentabilidad para la empresa MTU S.A.C. Iniciando con el planteamiento del estudio de investigación, realidad problemática, formulando el problema, los objetivos, la justificación y presentando el marco teórico para poder comprender los conceptos básicos respectivamente.

El planteamiento del estudio está orientado a describir el problema de investigación, los objetivos generales y específicos, así como también todas las preguntas y la hipótesis planteada inicialmente. Consiste en la aplicación del sistema SMED para incrementar la productividad en la empresa MTU S.A.C.

La realidad problemática general ocurre debido a que dentro de nuestro ambiente global los sectores mineros y de construcción son una fuente fundamental para que se desarrolle un crecimiento económico dentro del país; todo esto debido a la gran diversidad de servicios

que puede generar de manera directa o indirecta estos rubros, estos pueden llegar a ser adquisición de insumos, maquinaria pesada, equipos tecnológicos y un gran número de ofertas laborales en diferentes sectores.

En la actualidad, las empresas de hoy están enfrentando variaciones que suelen llegar a ser más violentas debido al gran cambio que existe en el mercado global y la constante demanda de necesidades con más altos estándares de calidad y servicio, generando una continua búsqueda por ser más competitivas aplicando diferentes técnicas de control dentro de sus procesos y operaciones, generando de esta manera una búsqueda continua de la excelencia en toda la empresa.

Es debido a todo esto que la mayoría de las empresas a nivel mundial están en la búsqueda de estandarizar todos sus procesos y aplicar metodologías que las ayuden a volverse más eficientes y mejor vistas ante su público. Para esta investigación no enfocamos en una empresa que tiene su principal enfoque en el sector minero. En el Perú, este sector ha mostrado para el año 2018 tener un papel importante para la economía, aportando un 10% al PBI, potenciando la actividad económica y generando más empleos de manera directa e indirecta; presentándose un incremento en la producción de: Zinc 8.59%, hierro 41.17%, cobre 0.67%, plata 2.02%; según la SNMPE.

Es por esto mencionar que estas industrias dedicadas al sector minero, se encuentran en un área muy demandada a nivel internacional que requieren de procesos que logren cumplir los altos estándares de calidad que ellos necesitan para mantener sus operaciones de la manera más óptima posible, razón por la cual, la producción de sus máquinas (camiones mineros, cargadores frontales, perforadoras y tanques) tiene que ser la mayor posible. Sin embargo, este cambio no se ha realizado de la mano con la mejora de todos los procesos en las empresas. Se llegó a dar prioridad al cumplimiento de la meta por encima de los recursos utilizados dejando de lado los procesos auxiliares, estos medios no han llevado una estandarización adecuada, generando una serie de problemas en el método de trabajo.

A raíz de la decisión tomada por priorizar el cumplimiento por encima de los procesos auxiliares y las operaciones internas se ha visto un incremento en los costos de producción; el sorprendente crecimiento en la empresa ha venido de la mano con una serie de problemas, entre ellos se encuentra la acumulación de tiempos muertos, sobrecarga en las líneas de ensamblaje, reclamos por las demoras con los motores, acumulación de horas extras entre otras cosas, considerando además que ahora las mineras están solicitando una reducción en el precio de mantenimiento que le está ofreciendo la empresa.

Para lograr formular el problema investigamos que la empresa Detroit Diésel MTU Perú S.A.C. se dedica a realizar reparaciones y asesoría técnica a los motores diésel de equipos de maquinaria pesada en su mayor parte volquetes Komatsu, cargadores, perforadoras, tanques, etc. El tiempo promedio para la entrega de los motores 16V4000 es de 22 días hábiles. Tiempo establecido para terminar todos los procesos. La empresa en estos últimos años ha logrado crecer significativamente incrementando la reparación y asesoría técnica de más clientes, especialmente en las minas de cobre (Anexo 4).

Sin embargo, el problema que se logró encontrar es que según los reportes analizados las reparaciones de los motores diésel están incumpliendo con los plazos de entrega debido a que siempre se están generando retrasos en el área de mantenimiento por diversos motivos. Debido al crecimiento que está ocurriendo en la empresa (Anexo 4) estos retrasos no están siendo tomados en cuenta tan seriamente; también se puede notar que no existe un seguimiento muy riguroso en los procesos ni en el tiempo estándar que debe durar cada operación, en la empresa Detroit Diésel MTU Perú S.A.C. se exige entregar el motor en 22 días hábiles.

Tomando en cuenta los valores y compromisos de la empresa (Anexo 12), tendremos problemas en el área de producción incumpliendo los objetivos diarios y mensuales; debido al retraso en la entrega de los motores que se reparan en la empresa, también observamos que se genera una exagerada acumulación de hora extras para poder cumplir la meta. En el Anexo 6 podemos observar la cantidad de horas extras que se han realizado en los meses anteriores y también como se realizan los pagos de estas horas extras con respecto a la duración de las actividades que lo requieran.

Debido a esta realidad realizamos una investigación que nos permitiera identificar de manera más exacta las causas raíces del retraso en la entrega de los motores. En la siguiente figura se generará un diagrama causa-efecto. (Anexo 1) En este diagrama consideraremos agrupar las causas por las siguientes variables: métodos, materia prima, maquinaria, métricas, mano de obra y medio ambiente. Se asignará un peso numérico a cada una de las causas descritas en el diagrama de Ishikawa teniendo en cuenta también a trabajadores con conocimiento en el área de mantenimiento. Luego realizamos un análisis de Pareto que nos permitió identificar los problemas principales del retraso en la entrega de los motores, de esta manera identificaremos el 20% de las actividades a las cuales debemos dar prioridad para poder eliminar el 80% de los problemas que causan la falta de entrega a tiempo, también podremos identificar las causas más influyentes que afectan el problema principal.

Se tomaron los 16 ítems encontrados, los cuales identificamos como las causas del problema general. También se asignó un peso a cada observador con respecto a su posición en el taller. En el análisis (Anexo 2) podemos observar que existen una mayor gravedad de causales con relación al método de trabajo y la mano de obra siendo los principales problemas sobre tiempo en las operaciones y deficiencia en los procesos de mantenimiento con un 20.94% y un 18.24 % respectivamente. Estas causas generaran un incumplimiento en el tiempo de producción siempre que se realizara un mantenimiento en los motores a entregar.

Las dos principales causas muestran un gran problema tanto en mano de obra como en métodos, siendo representadas como el 39.19% acumulado. La acción más eficaz de mejora que desarrollaremos será centrarnos en la principal causa del retraso que se genera en los motores y llegar a analizarla para poder descubrir cuáles son los factores que generan que sea tan importante y grave para el área de trabajo (Anexo 3).

Centrándonos en solucionar este problema (Anexo 3) teniendo en cuenta su relación con el método de trabajo y que están relacionados por las operaciones que se realizan y sus tiempos que no son muy bien aprovechados, encontramos semejanza entre los puntos observados:

- Exceso del tiempo de preparación en las maquinas
- Ubicación de equipos y herramientas
- Lavado de piezas con sobre costos
- Personal realiza diferentes actividades durante las operaciones
- Zona de pernos y oring alejada

Por todos estos puntos decidimos utilizar el sistema SMED, para solucionar de manera más profunda estos aspectos encontrados. Empezaremos aplicando el sistema SMED en el proceso de lavado, ya que según el Anexo 4 esta actividad requiere más horas-hombre en el área, continuando con la etapa del armado y desarmado. Toda esta información nos será útil para confirmar el uso del SMED que nos servirá para poder eliminar o disminuir los problemas que generan la entrega fuera de tiempo de los motores; por consiguiente, obtener una mejor disponibilidad que tiene que estar ubicada entre un 95% o más.

Las reparaciones se realizan de acuerdo a las horas de trabajo del motor, tenemos las reparaciones generales (Overhaul) que se realizan en el taller de reparaciones de Lima. Los motores llegan a las instalaciones del taller de reparaciones para su desarmado y evaluación, posteriormente se envía la cotización al cliente para su aprobación. El tiempo de reparación del motor según el diagrama de GANT debe ser 22 días hábiles, la reparación general del motor está dividida en 82 actividades (Anexo 5) y contiene 6 etapas.

Antes de implementar este nuevo sistema, empezamos analizando la situación actual de la empresa, el promedio de la eficacia y la eficiencia de los 4 meses previos al uso del sistema SMED es 87.72% y 86.99% respectivamente (Anexo5).

Centrándonos en la etapa del lavado obtenemos que el cumplimiento y la eficiencia promedio en los primeros 4 meses fue de 76% y 88.54% respectivamente (anexo 6).

Este trabajo de investigación es importante para la empresa reparadora de motores. ya que desarrollará evaluaciones y posteriormente mejorará la productividad en las reparaciones de motores diésel MTU en el taller de Lima, minimizando los tiempos muertos mediante la reducción de los de preparación en las máquinas y otras operaciones que no generan un valor agregado. El fin de este trabajo es desarrollar técnicas y herramientas futuras de estudio de métodos para aumentar la productividad en las reparaciones de los motores MTU y lograr que el área de servicios cumpla los objetivos planificados.

En el trabajo de Miguel Alexis Palomino titulado como aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes (2012 p.7), nos indica tiene como objetivo mejorar la eficiencia en sus líneas de envasado que estaban en una planta de fabricación de lubricantes, desarrollando un análisis, un diagnóstico; la propuesta de mejora para poder lograr un incremento en sus indicadores de eficiencia.

Se evaluó la mejora de la eficiencia mediante el indicador OEE, este aspecto involucra la evaluación de aspectos de calidad, rendimiento y la disponibilidad, detectando que el indicador de rendimiento afectaba de forma negativa el resultado de la OEE. Determinando como un factor principal el tiempo excesivo de paradas, donde las paradas más resaltantes fueron las que se originaban por el set-up y por el movimiento de los materiales de empaque hacia las líneas de envasado. Concluyendo que la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing ayudarían significativamente a combatir los problemas de rendimiento y productividad en las líneas de envasado de lubricantes.

En el trabajo de Rody Nelson Hualla y Carlos Cárdenas Álvarez titulado como mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y pead aplicando herramientas de calidad y lean manufacturing (2012 p.6). Detectando problemas en la empresa con la utilización del scrap en los compuestos, mediante su uso no estandarizado que generaba altos inventarios de scrap. Mediante un análisis de la empresa se detectaron principales problemas que mediante la aplicación de herramientas lean: 5s, SMED y su adaptación a la empresa mejorando el proceso de mezclado y molienda.

En conclusión, con resultado del análisis del SMED se procedió a la compra de un apilador eléctrico que genero un mejor tiempo de traslado del scrap al área de molinos incrementando en un 99% la utilización de la capacidad de los equipos.

De la misma manera Peter Saul Núñez en su trabajo titulado aplicación de herramientas del sistema productivo “lean manufacturing” en una empresa al servicio de la industria(2012 p.6) Se detallan las principales fases en la implementación, describiendo las mejoras en las áreas productivas mediante la aplicación del sistema productivo Lean, estableciendo los procesos del monitoreo y seguimiento para poder identificar el estado en el que se encuentra la empresa con relación a la fase de implantación, generando beneficios y demostrando una satisfacción económica. Pudiendo concluir que el elemento clave en la implantación de este sistema y sus herramientas ha sido la implicación de todos los departamentos y sus colaboradores, logrando deducir que en todos los procesos siempre hay una parte que no genera un valor añadido y ser consciente de que eliminar estas pérdidas depende de todos los trabajadores.

En el trabajo de Palacios Condor Rosmeri titulado como Aplicación de la técnica SMED para mejorar la productividad del área de etiquetado de la empresa industrias alimentarias S.A.C.(2008 p.8) Cuyo objetivo principal se basa en mejorar la productividad de la empresa mediante la aplicación de la técnica SMED logrando reducir de esta manera los tiempos de cambio de formato, permitiendo reducir las operaciones de etiquetado mediante la reducción de sus tiempos de cambio de formato y logrando mejorar la productividad en el área de etiquetado. Se concluyó que al analizar la productividad en la primera etapa esta era 0.67 y luego de la aplicación de la técnica SMED llego a ser de 0.95 deduciendo un incremento de un 41.8%.

En el trabajo de Marrujo Álvarez Claous titulado como aplicación del SMED para mejorar la productividad de la maquina inyectora plásticos A.s.a.(2014 p.7) se utilizó la herramienta SMED con el objetivo de simplificar los tiempos alineados a la reducción de las actividades en la maquina inyectora para lograr mejorar su productividad. La aplicación de esta técnica permitió mejorar la disponibilidad de los materiales y sus útiles en el proceso de montaje, mediante la minimización del desperdicio en la habilitación del equipo, logrando mejorar los resultados de la producción. Concluyendo que esta herramienta mejora la productividad de la maquina inyectora en Plásticos A S.A. manifestando que el promedio de productividad era de 77% y luego de la aplicación llego a ser de 86% generando un incremento del 11%.

Jiménez Jhulyanis en su trabajo titulado *methodological guide of waste management in a pyme* (2019) nos indica que también se están llegando a considerar como desperdicio todas las actividades que se llegan a consumir pero que al final no consiguen agregar ningún valor al producto o al servicio que se está generando dentro de la empresa. En el trabajo se señala que llegan a existir al menos 7 desperdicios con los cuales todas las empresas que llegan a buscar la excelencia de sus procesos se tendrán que enfrentar cotidianamente. En conclusión, toda la implementación de la gestión de los desperdicios llega a ser un tema fundamental para cualquier empresa que busca optimizar sus procesos. Esta herramienta nos garantiza resultados exitosos mediante el uso más eficiente y eficaz de los recursos y materiales (p.6).

En la investigación de Jorge Sanz titulada *lean manufacturing in smes* (2009 p.6) nos indica que la metodología Lean Manufacturing está basada en las personas que se llegan a centrar en mejorar los procesos eliminando todo aquello que no nos genera valor. Se llegan a definir algunos de sus técnicas básicas, objetivos y principios, logrando intencionalmente dar a conocer esta filosofía a las empresas que aún no han llevado a cabo su implementación, en general las Pymes. En el trabajo concluyen que el modelo Lean consiste en una aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que quieren mejorar los procesos productivos mediante la reducción de todos los tipos de “desperdicios”, identificados estos como los procesos o las actividades que utilizan más recursos de los necesarios.

En el trabajo de Ángela Pamela titulado: *lean manufacturing: tools to improve productivity in businesses* (2017) nos indica cual es la importancia que llega a tener el Lean Manufacturing dentro de la industria para poder mejorar su productividad y la eficiencia de las empresas. Concluyendo que la metodología Lean nos implica un cambio cultural dentro de la organización, en donde todos los trabajadores tienen que lograr identificarse con esta filosofía y buscar la manera de crear mejoras dentro de su ámbito de acción, para que se pueda generar una mejora continua que sea sostenida (p7).

En la investigación de Miguel Sugai titulada como: *Shingo's methodology (SMED): critical evaluation and case study*(2007) se concentra en la metodología de Shigeo Shingo y menciona como esta se enfatiza en la separación y transferencia de los elementos que van desde la configuración interna a la configuración externa, en este artículo se analiza críticamente el SMED y nos revela todas las brechas de esta metodología, se concentra en analizar los periodos de desaceleración y aceleración relacionados con las actividades configuradas y también verifica la separación y la conversión de las tareas que no son

suficientes. Se concluye afirmando que Shigeo Shingo realizo contribuciones realmente sustanciales tratando de mejoras en el tiempo de configuración mediante mejoras de bajo costo (p.6).

En el trabajo de Flávio Sanson titulado: Rapid exchange of tools: method steps and case study (2003) se propone un cambio rápido de herramienta (TRF) trabajo diseñado para lograr reducir los tiempos de configuración de los equipos, minimizando el tiempo no productivo dentro del taller. Este trabajo se centra principalmente en técnicas que priorizan el trabajo en equipo cooperativo y una propuesta creativa de mejorar todos los procesos. Presentando una propuesta metodológica que está incluyendo: definición del proyecto, planificación de actividades, capacitación del equipo, implementación, monitoreo y consolidación. Se concluye que la propuesta de esta metodología se puede aplicar de manera genérica en diferentes sectores industriales. Destacando la reducción en el tiempo de configuración reduciendo el tamaño del lote de fabricación (p.7).

En el artículo de José Antonio Valle titulado: A teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas (1993), nos propone una sinergia entre dos técnicas industriales, el Rapid Tool Exchange y la teoría de restricciones. Comenzando con el problema macroeconómico y relacionándolo con los aspectos microeconómicos de la TRF. Revisando esto se enfatiza en que el enfoque presenta una deficiencia con relación a un proceso de priorización que nos permita crear un plan lógico que ataque el problema. Proponiendo al TOC como una ayuda para dirigir las acciones del Rapid Tool Change. Considerando que existe una relación entre estas herramientas. Se logra concluir que esta herramienta de Shigeo Shingo, no nos indican donde debemos realizar los primeros esfuerzos y tampoco donde debemos reasignar lógicamente los esfuerzos del TRF (p.8).

En el artículo de Mario Eduardo Pauka titulado como: A method for the calculation of economic benefits and development of setup time reduction strategies (2010), nos indica que dentro de la producción ajustada uno de los aspectos principales llega a ser el bajo tiempo de configuración, que se puede realizar mediante soluciones organizativas de un diseño a bajo costo y/o alto costo, como podría ser el cambio en las máquinas. Cuando llegue a presentarse un cambio como proyecto, es necesario calcular la ganancia para poder estar seguro de la viabilidad económica de esta acción. Concluyendo con la clasificación y separación de actividades y la transferencia de las actividades de configuración interna a la configuración externa. Se propuso reducir el tiempo de configuración hasta un 50% (p.6).

En el artículo de Samuel Viera titulado como: *Development and implementation of a SMED methodology in contract manufacturing environments* (2009), se está presentando una metodología que nos permita reducir el tiempo de preparación de la máquina, para entornos volátiles de la fabricación por contrata del sector de la electrónica y la industria de la computación. Como resultado, la producción ajustada aparece como una alternativa, ya que tiene características de flujo de producción continuo, altos niveles de calidad, reducción de costos y agilidad en la introducción de cambios, factores fundamentales para lograr flexibilidad. Se concluye que la reducción del cambio es el requisito previo para la producción de pequeños lotes. Por lo tanto, la metodología implementada tiene la función de equilibrar permitiendo un intercambio más ágil (p.8).

En el artículo de Moacir Godinho titulado: *Effect of lot size reduction and Continuous Improvement on Work In Process and Utilization: study using a combined System Dynamics and Factory Physics approach* (2009), se presenta un modelo cuantitativo que se aproxima de forma híbrida a la dinámica de sistemas - SD (Forrester, 1962) y Física de fábrica (HOPP; Spearman, 2001). Con el fin de estudiar el efecto de conjunto de seis programas de mejora continua - CI (variabilidad en la tasa variabilidad del proceso, calidad, tiempo hasta el fallo, tiempo de reparación y tiempo de configuración) y reducción del tamaño de los lotes de producción en los niveles promedio de Stock in Process (WIP) y utilización en un entorno productivo con un Máquina única procesando múltiples productos. Se logró concluir que el uso de un modelo SD Hybrid y Factory Physics proporciona una mejor comprensión de cómo los esfuerzos de mejora continua, enfocados en varios aspectos de la fabricación, afectan los sistemas de fabricación, especialmente los niveles promedio de WIP y la utilización (p.6).

También mencionaremos los fundamentos teóricos que nos permitirán desarrollar nuestro trabajo de investigación de manera más práctica, generando un soporte adecuado a nuestra investigación.

Enfoque de un sistema Lean. Según Hernández y Vizán (2013), sostiene que: La palabra Lean es de origen inglés, sin grasa, escaso, esbelto. Pero en su aplicación a un sistema productivo llega a significar: ágil, flexible; quiere decir, tiene la capacidad de adaptarse a las necesidades de los clientes. Un modelo Lean busca eliminar el desperdicio y todo lo que no le añade valor al proceso, debido a esto, fue rápidamente aceptada en las empresas (p.4).

Para Reyes (2009), se consideran dos tipos de preparación:

La preparación interna (IED): Las operaciones que se realizan con máquina detenida.

La preparación externa (OED): Las operaciones que se realizan con máquina operando.

Casanovas dice (2011), se tienen que convertir todas las operaciones que sean internas en externas y mediante su organización se tienen que aproximar a las máquinas con el objetivo de priorizar siempre los tiempos de las máquinas sobre el de los operarios.

Para Paredes (2012), las ventajas del SMED son las siguientes:

- Flexibilidad: Las industrias pueden satisfacer variables demandas de los clientes sin necesidad de estar manteniendo grandes stocks de producción.
- Entregas rápidas: La producción realizada en lotes reducidos significa periodos de fabricación más pequeños y menos tiempo de espera para los clientes.
- Productividad más elevada: Los tiempos de la preparación y los cambios de herramientas más pequeños disminuyen los tiempos de parada de los equipos, esto eleva la tasa de productividad.
- Cambio más sencillo: Llegar a tener operarios sin altas preparaciones, se reducen situaciones de riesgo (mayor seguridad), se suprimen errores durante el proceso (mejor calidad).
- Producción con stock mínimo: Lotes más cortos, bajo inventario en proceso.
- Simplificación del área de trabajo: clasificación de herramientas, Lista de comprobación de herramientas, orden y limpieza.

Para Rajadell y Sánchez se divide esta metodología en cinco pasos: **FASE N° 1:** Identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo, Según Rajadell y Sánchez (2010) Se inicia con detallar todas las operaciones que se realizan en un cambio y cronometrar sus secuencias, anotando el tiempo, distancia recorrida (p.129). Como ejemplo adjuntamos la siguiente, donde observamos el tiempo de cambio entre el producto A y B.

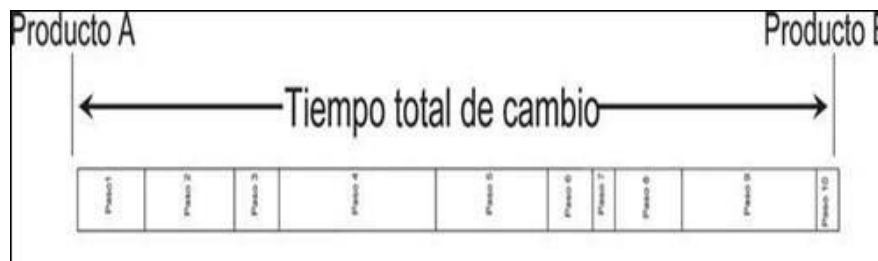


Figura 1 Fase 1-sistema SMED

Fuente: Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad (2010)

FASE N°2: Diferenciar las actividades internas de las externas, identificar las actividades de preparación que se realicen durante un cambio, diferenciando las actividades internas que se operan mientras la maquina está detenida y las actividades externas que se dan cuando las máquinas están operando. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.130).

Un ejemplo vendría a ser, la localización y el traslado de equipos y materiales desde su punto de origen hasta la máquina, esta operación puede desarrollarse durante el funcionamiento de la maquina por lo tanto son actividades externas.

En las actividades internas se tienen que concentrar en extraer la pieza o herramienta anterior y poner la nueva, esto es debido a que esta operación es el menor tiempo que se debe manejar con la maquina parada. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.130). Mediante la distinción y organización de las actividades internas y externas, el tiempo de preparación interna que se ejecuta mientras la máquina está detenida puede reducirlo entre un 30 y 50 %.

Se adjunta la siguiente figura mostrando las diferencias entre las actividades internas de las externas resaltando de color oscuro las actividades externas y de color claro las actividades internas.



Figura 2 Fase N° 2 del método SMED

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. (2010)

FASE N° 3: Transformar las operaciones internas en externas o eliminarlas, en el cambio de las operaciones internas hacia las operaciones externas, o la exclusión de algunas actividades internas se da el paso más importante del SMED.

Como ejemplo se muestra la siguiente imagen donde observamos que algunas actividades internas se convirtieron en actividades externas para mejorar la utilización de la máquina.

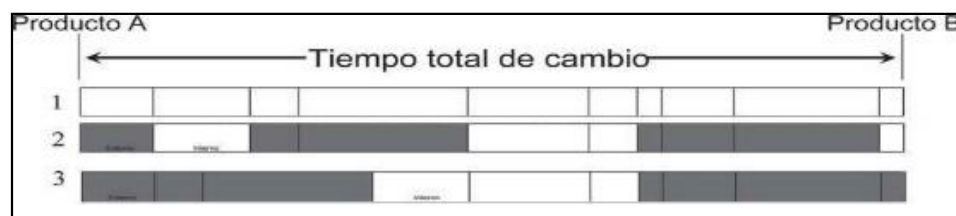


Figura 3 Fase N° 3 del método SMED

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad (2010)

Fase N° 4: Disminuir las actividades internas, la reducción en las actividades internas se da por lo siguiente:

- Emplear cambios rápidos para las piezas o formatos.
- Emplear códigos de colores como ayuda visual
- Fijar lugares permanentes para cada pieza o herramienta.

En la siguiente figura podemos ver como se realizó varias acciones para disminuir las actividades internas, por ejemplo: fijar un carrito de herramientas cerca de la máquina, entre otras acciones que ayudan a reducir las actividades que se realizan cuando la máquina esta parada.



Figura 4 Fase N° 4 del método SMED

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad (2010)

Fase N° 5: Disminuir las actividades externas, las operaciones externas se reducen del mismo modo que se reduce las operaciones internas, incorporando los movimientos de los operarios en las máquinas. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.124). En la siguiente figura, podemos observar, que, en la 5ta acción, el tiempo de cambio ha sido reducido en más de un 60%.



Figura 5 Fase N° 5 del método SMED

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. (2010)

Comprendemos el cambio de formato como el tiempo que utilizamos desde la fabricación del último producto correcto en una presentación hasta lograr conseguir el siguiente producto correcto en la siguiente presentación. (Suñe y Figueras, 2013, p.99).

La productividad se define según Hernández (2006), que se puede establecer como la relación entre la totalidad de los insumos empleados o alguno en especial; considerando materiales, máquinas y mano de obra (p.26).

Podemos identificar a la productividad como su relación entre el sistema productivo y los recursos que se utilizaron en el proceso, dentro de la obtención de un recurso. Productividad significa llegar a la máxima producción con los mínimos recursos utilizados, buscando la efectividad optima, desarrollando una utilidad que nos guie hacia la sostenibilidad de la compañía. (Hernández, 2006, p. 26).

En la productividad se mide la relación entre el recurso utilizado y el producto obtenido, esto quiere decir si llegamos a utilizar menos recursos generando más productos, nuestra productividad obtenida será mayor. (Gutiérrez, 2014, p.3).

Definimos la productividad como el uso eficiente de los recursos, trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la generación de bienes y servicios (Prokopenko, 1989, p.18). También nos menciona que mientras se incrementa la productividad obtendremos más bienes mediante el uso constante de la misma cantidad de nuestros recursos o mediante una mayor producción y calidad con los mismos insumos. (Prokopenko, 1989, p.18).

Categorías principales de factores de productividad:

- Factores externos (no controlables): son los que quedan fuera del control de una empresa determinada
- Factores internos (controlables). Son los que están sujetos a su control.

Según la realidad que se presentó se plantea el siguiente problema general para nuestra investigación: **¿Cómo el sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?** Generando también los siguientes problemas específicos:

- ¿Cómo el sistema SMED incrementa el cumplimiento en la reparación de motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?
- ¿Cómo el sistema SMED incrementa la eficiencia en la reparación de motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?

Con este sistema analizamos detalladamente las actividades, logrando reducir las operaciones que requieran bastante preparación previa, también reduciremos el tiempo

estándar de reparación y consecuentemente se incrementará la eficiencia y la eficacia en la reparación de motores diésel MTU en las instalaciones de taller Lima.

Desde el punto de vista social la presente investigación, tendrá como mayores beneficiarios a los clientes finales de la empresa, quienes tendrán los motores listos en la fecha estimada para sus proveedores. También se beneficiarán los trabajadores, ya que, al reducir el tiempo de proceso, se reducirán las horas extras y se incrementarán las utilidades. Debido a lo planteado nuestro objetivo general fue: **Determinar cómo el sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.**

Por consiguiente, tuvimos como objetivos específicos, determinar como el sistema SMED incrementa la eficiencia y la eficacia en la reparación de los motores 16v4000.

Según lo mencionado anteriormente, planteamos la siguiente hipótesis general: **El sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.**

Afirmando también que el sistema SMED, incrementa el cumplimiento y la eficiencia de los procesos de reparación.

Este trabajo de investigación es importante para la empresa reparadora de motores. ya que desarrollará evaluaciones y posteriormente mejorará la productividad en las reparaciones de motores diésel MTU en el taller de Lima, minimizando los tiempos muertos mediante la reducción de los de preparación en las máquinas y otras operaciones que no generan un valor agregado.

El fin de este trabajo es desarrollar técnicas y herramientas futuras de estudio de métodos para aumentar la productividad en las reparaciones de los motores MTU y lograr que el área de servicios cumpla los objetivos planificados.

Finalmente, debido a todos los recursos que logramos obtener definimos que nuestro alcance abarca el estudio del proceso de mantenimiento de un motor 16V4000, evalúan las actividades involucradas a dicho proceso, por consiguiente, lograr incrementar la productividad y abarcar también la implementación teniendo en cuenta el costo beneficio, desarrollando un seguimiento de los motores de 8 meses al tiempo empleado y los procesos realizados.

II. MÉTODO

Según los objetivos planteados en el anexo 9 mencionaremos el método de trabajo que utilizamos para desarrollar nuestra investigación que logró cumplir nuestras exigencias planificadas en la investigación.

2.1. Tipo y diseño de investigación

Ñaupas (2014), la investigación realizada por su propósito es aplicada ya que nos sirve para remediar un problema en particular o modificar una situación establecida (p. 91).

Esta investigación fue de tipo aplicada, ya que se pretende describir y medir el efecto de las siguientes variables de estudio: Sistema SMED y el nivel de productividad en la empresa.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.106), el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos con el propósito de probar la hipótesis, además a través de la medición numérica y el análisis estadístico para probar las teorías.

Esta investigación utilizó el enfoque de investigación cuantitativo, porque los datos que hemos recolectado responden a indicadores numéricos.

Un diseño de investigación se define como un plan o estrategia para obtener la información o los resultados requeridos en una investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.120). En el diseño de carácter preexperimental los métodos se desarrollan de manera más simple, sin embargo, son una buena fuente de generación para las ideas, hipótesis y para llegar a validar y probar nuestros instrumentos, un punto importante es que no existe un control de las variables extrañas. (Fernández, 2004, p. 48).

En esta investigación se aplicó el diseño de investigación preexperimental, ya que utilizaremos un modelo más simple para probar nuestras variables e hipótesis.

La investigación de nivel descriptivo tiene como propósito especificar características, propiedades y rasgos relevantes del fenómeno analizado. Únicamente pretende recoger información de las variables que se estudian (Hernández, Fernández y Baptista, 2010 p.18).

Esta investigación fue de nivel descriptiva, ya que se describió las siguientes variables de estudio: sistema SMED y el nivel de productividad en la empresa.

2.2. Operacionalización de variables

Las variables llegan a ser características que poseen cada persona, objeto o institución y que cuando es medida llegan a variar de forma cuantitativa y cualitativa de manera que se

relacionen (Valderrama, 2015, p. 157).

El funcionamiento de la variable independiente llega a ser relativo y autónomo, debido a que no depende de otra; en cambio, de esta variable dependen las otras. (Valderrama, 2015, p. 157).

En la variable dependiente, su existencia y desarrollo, vendrá a tener dependencia de la variable independiente. Su manera de ser y su variabilidad están relacionados por otros sucesos de la realidad (Valderrama, 2015, p. 157). Dentro de este proceso podremos identificar a las variables que se convertirán de conceptos abstractos hacia nuestras unidades de medición. (Valderrama, 2015, p. 160).

Para Shigeo Shingo (1985, p. 34) Él nos indica que este método nos permite mejorar los procesos de preparación en las operaciones y que deben considerarse en los programas de mejora, dividiéndose en dos tipos de preparación: la interna (IED) y la externa (OED).

Según Roberto García (2005) El tiempo estándar se utiliza para calcular el periodo que se necesita para realizar una tarea, donde se incluye los tiempos de los elementos cíclicos, así como también elementos casuales o contingentes que han sido observados (p.240).

La Eficacia: Nos indica la relación entre los logros actuales con los que se planificaron. (Prokopenko, 1989, p.27).

El indicador estimado para esta variable es: **Eficacia**= Producto/insumo

La eficacia es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados (Gutiérrez, 2014, p.27).

Cumplimiento= ((Días Programados) / (Días reales utilizados)) *100%

Cumplimiento= Cumplimiento de las etapas de la reparación del motor

Este indicador nos permitirá medir el grado de cumplimiento que se esté desarrollando dentro de la empresa.

Eficiencia: La eficiencia es el nivel en que un insumo se produce mediante la utilización de los recursos disponibles (Prokopenko, 1989, p.27).

En la eficiencia nos indican la relación entre nuestro resultado realizado y los recursos que utilizamos (Gutiérrez, 2014, p.20).

El indicador estimado para esta variable es: **Eficiencia** = ((Horas programadas) / (Horas Reales utilizadas)) *100%

Eficiencia = porcentaje de utilización del tiempo de trabajo

Este indicador nos permitirá identificar el grado de capacidad que se tiene dentro de las horas de trabajo, que tanto se utilizan de forma real las horas hombre.

2.3. Población, muestra y muestreo

Arias (2012, p. 81), La población, o también llamado población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características que son comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Así quedará delimitada por el problema y también por los objetivos del estudio. Según Gómez (2006), La población llega a ser el conjunto de todos los objetos que se estudiaran que lleguen a concordar con una serie de especificaciones (p.110).

Para definir nuestro muestreo utilizaremos a Mendenhall (2013), que nos menciona que un muestreo por conveniencia es una muestra que se puede obtener de manera simple y sencilla sin selección aleatoria (p.258).

Para este trabajo de investigación, nuestra población fue de 18 motores reparados y la productividad que se alcanzó durante ese periodo. Estos motores se repararon en un tiempo equivalente a 6 meses.

Siendo nuestro muestreo de tipo probabilístico, calculamos nuestra muestra. Según García-García (2013, p. 223):

$$n = \frac{N z_{\alpha}^2 s^2}{d^2 (N-1) + z_{\alpha}^2 s^2}$$

- N = Total de la población
- $Z \alpha^2 = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- $S^2 =$ Varianza de la distribución objetivo
- d = precisión (equivalente a 5%).

Obteniendo como resultado un tamaño de la población de 12 motores a evaluar, estos 12 motores recibirán mantenimiento en un periodo que durará 4 meses.

Tiempo necesario para evaluar la situación en la que se encuentra la empresa y también para poder aplicar y analizar el efecto del sistema SMED dentro de los próximos 80 días hábiles (4 meses) en la compañía.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Mendenhall (2013) una parte fundamental en los problemas de estadística es el muestreo, este viene a ser un número especificado de mediciones o datos (p.3).

Para lograr recolectar los datos de nuestras variables desarrollamos formatos que nos permitieron evaluar la realidad en la que se encontraba la empresa, medir su eficiencia y el cumplimiento, así como también formatos que nos permitieran implementar este sistema (Anexo 38).

También contamos con el apoyo del ERP de la compañía que nos sirvió para evaluar las variables de nuestros indicadores. (Anexo 41).

Validez

Para esta sección revisamos la presentación de nuestro contenido contrastándolo con nuestros indicadores.

Según Hernández et al (2014), al mencionar la validez en términos generales, se realiza una referencia hacia el grado en el que nuestro instrumento realmente mida la variable que desea medir (p.200).

Se utilizó la ayuda de expertos en la compañía, para lograr según su juicio establecer el problema principal y las consecuencias que estos ocasionan durante el proceso de reparación. También utilizamos material informativo, como libros, artículos científicos y tesis que lograron incrementar su productividad utilizando el sistema SMED, estas referencias nos ayudaron a complementar nuestra investigación.

Lima, 21 de noviembre del 2019

Señores:

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - UCV

Atención: Facultad de Ingeniería Industrial

Referencia: Carta de conocimiento y aceptación de tesis

Estimados Señores:

Por medio de la presente hacemos llegar nuestros saludos y a la vez comunicarles que nuestro colaborador el Sr. Nelson Franklin Auqui Evanan, viene realizando un proyecto de investigación titulado: "SISTEMA SMED PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA REPARACIÓN DE MOTORES 16V4000 EN LA EMPRESA MTU.LIMA,2019".

Dicha investigación, además de cumplir con los requisitos y las expectativas de formación y competencia que exige la universidad, aporta positivamente a los objetivos que persigue el área de Servicio Técnico en nuestra compañía.

La investigación cuenta con datos e información verídica de nuestra compañía.

Atentamente,


LIC. MARLENE MORENO GAMERO
JEFE DE RECURSOS HUMANOS

Al finalizar nuestro proyecto la empresa nos entregó un documento donde valida nuestra investigación y verifica que este proyecto se implementó y logro obtener los resultados afirmados.

Confiability

La toma de datos se realizó dentro de la empresa mediante la observación del área de mantenimiento junto con las fuentes informativas que nos ayudaron a utilizar los indicadores que nos permitan lograr nuestro objetivo principal.

Se utilizó el sistema ERP de la empresa para lograr medir los tiempos de las operaciones que se realizan durante el mantenimiento (anexo 41).






2.5. Procedimiento

Se realizará una descripción general de la empresa, Anexo 11. También se mencionará su trayectoria junto con su visión y misión Anexo 10. La presente investigación se desarrolló siguiendo los 4 pasos de la implementación del sistema SMED, según Shigeo Shingo.:

Fase preliminar: Diferenciar las preparaciones

En la primera etapa se recolectará la información acerca de la situación actual de la empresa a través del sistema ERP de la empresa y las fichas para poder determinar las demoras en la reparación del motor 16v4000. También obtendremos información acerca del tiempo que demora en llegar los componentes externos, además mediante la evaluación de las etapas de la reparación poder identificar nuestro cuello de botella. Considerando también todas las demás actividades y el tiempo que toma realizarlas (anexo 5).

Tabla 1 Resumen de actividades en el proceso de lavado

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Estadísticas	Horas-H	(%) Tiempo
Operación		20	100	51.0%
Transporte		17	36	18.4%
Operación Comb.		3	30	15.3%
Demora		3	30	15.3%
Inspección		0	0	0.0%
Almacenamiento		0	0	0.0%
TOTAL		43	196	100%

Fuente: Elaboración propia

Este proceso se realiza en 196 H-H en promedio, desarrollándose en turnos de 8h

cumpléndose la actividad en un rango de 6 días.



Figura 6 Lavado de piezas de repuesto

Fuente La empresa

Fase 1: Diferenciar las preparaciones

En la segunda etapa identificaremos las actividades que sean internas y externas, esto ayudara a identificar las actividades que le agregan valor a todo el proceso de lavado. Para poder determinar cuáles son nuestras actividades internas, realizaremos un seguimiento diario y por técnico para determinar los tiempos reales (Anexo 35).

Fase 2: Convertir actividades internas en externas

En la siguiente etapa, evaluamos las actividades internas y externas para determinar qué actividades no le agregan valor a nuestro proceso, para lo cual inspeccionaremos el proceso de lavado principalmente, proceso de armado y desarmado; durante los días de duración y determinamos qué actividades internas lo podemos volver externas. De acuerdo a la evaluación se tiene que tener el avance por día, por semana y por mes. Pues actualmente solo se verifica el tiempo total de duración del proceso de reparación (Anexo 36). Para poder optimizar los procesos de preparación en las reparaciones de los motores se indicó la importancia del orden, la limpieza y señalización de los accesorios requeridos en las preparaciones. Esto se logró solucionar mediante la disposición de un kit de herramientas para los trabajadores.

Fase 3: Reducir las actividades internas y externas

La Mejora de los problemas principales se lograron solucionar en esta etapa, Mediante la implementación del sistema SMED y la automatización de algunas actividades se lograron reducir los retrasos principales en la reparación de los motores.

En las etapas de armado y desarmado se implementó la pistola neumática en todas las operaciones de cambio y ajustes de pernos (Anexo 21).

Tabla 2 Resumen de actividades en el proceso de armado y desarmado antes

Registro de operaciones			Actividades	
	Descripción	Tiempo(horas-h)	Internas	Externas
Desarmado	Desmontajes		x	
	Descargas		x	
	Maniobras			x
Armado	Montajes		x	
	Armados de Housing			x
	Instalación		x	
Total		442	100	342

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Resumen de actividades en el proceso de armado y desarmado después

Registro de operaciones			Actividades	
	Descripción	Tiempo(horas-h)	Internas	Externas
Desarmado	Desmontajes		x	
	Descargas		x	
	Maniobras			x
Armado	Montajes		x	
	Armados de Housing			x
	Instalación		x	
Total		400	100	300







Fuente: Elaboración propia

La pistola inalámbrica redujo el total de 42 horas-hombres utilizadas por motor en, reduciendo también los costos de mano de obra. Esta automatización de uno de los procesos incremento la disponibilidad de los técnicos dentro del taller de reparación.

También se diseñó e implementó una herramienta que automatiza el proceso de lavado (Anexo 22) de housing, esta herramienta nos permite reducir los tiempos de las operaciones que requieran mover el housing, permitiendo que esta actividad se redujera en 360 minutos (anexo 18 y 19).

Esta herramienta se propuso debido a que en la etapa de lavado las operaciones suelen ser muy extensas, ya que maniobrar el housing toma demasiado tiempo debido al gran tamaño que tiene esta pieza del motor y se necesitan de 3 operarios para realizar esta maniobra.







Tabla 4 Resumen de las actividades actuales

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo
Operación		20	251	34%
Transporte		17	81	11%
Operación Comb.		3	370	51%
Demora		3	30	4%
Inspección		0	0	0%
Almacenamiento		0	0	0%
TOTAL		43	732	100%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el cuadro resumido de las actividades mejoradas (Anexo 16)

Tabla 5 Resumen de las actividades mejoradas

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo
Operación		20	70	20%
Transporte		17	32	9%
Operación Comb.		3	250	71%
Demora		3	0	0%
Inspección		0	0	0%
Almacenamiento		0	0	0%
TOTAL		43	352	100%

Fuente: elaboración propia

En la tabla ya mencionada podemos diferenciar la reducción de tiempos que se logró en la etapa del lavado al implementar la maquina diseñada que reducirá las operaciones que actúan en el proceso. Esta mejora pudo reducir en 380 minutos la operación de lavado siendo un aproximado de 6 horas. Se realizó el análisis de todo el proceso de reparaciones recolectando los datos después de la implementación, para verificar si el tiempo de reparación se redujo.

Tabla 6 Eficiencia de los meses después

Eficiencia General Despues						
Eficiencia General Despues						
MES	N° MOTOR	HORAS PROGRAMADAS	HORAS REALES	HORAS DE RETRASO	% EFICIENCIA	EFICIENCIA MENSUAL
JULIO	1	828	940	112	88%	87.93%
	2	828	943	115	88%	
	3	828	942	114	88%	
AGOSTO	1	828	932	104	89%	88.97%
	2	828	930	102	89%	
	3	828	930	102	89%	
SEPTIEMBRE	1	828	926	98	89.4%	89.74%
	2	828	922	94	89.8%	
	3	828	920	92	90.0%	
OCTUBRE	1	828	920	92	90%	90.1%
	2	828	920	92	90%	
	3	828	916	88	90%	
					TOTAL	89.2%

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior los índices de eficiencia encontrados, generando un promedio de 89.2% luego de implementar el sistema SMED.

Para comprobar finalmente que los días hábiles utilizados en la reparación han disminuido después de la implementación se realizó el seguimiento a los días de reparación en 4 meses después de la implementación.

Tabla 7 Cumplimiento de la reparación después

Cumplimiento General Despues						
Eficacia General Despues						
MES	N° MOTOR	DIAS PROGRAMADOS	DIAS REALES	DIAS DE RETRASO	% Cumplimiento	Cumplimiento MENSUAL
JULIO	1	22	24	2	92%	91.67%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	24	2	92%	
AGOSTO	1	22	24	2	92%	91.67%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	24	2	92%	
SEPTIEMBRE	1	22	24	2	92%	93.00%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	23	1	96%	
OCTUBRE	1	22	23	1	96%	95.65%
	2	22	23	1	96%	
	3	22	23	1	96%	
					TOTAL	93.00%

Fuente: Elaboración propia

Después de la implementación se observa que la eficiencia de la reparación se incrementó hasta un 95.65%, que es lo esperado por la empresa MTU para todas sus reparaciones.

Esta reducción de 1 día en promedio para el tiempo de reparación, se logró debido a la implementación del sistema SMED, ya que identificamos nuestras actividades internas y pudimos reducirlas, además de algunas externas también; esto generó que el tiempo estándar de las actividades se redujera, provocando que se vea afectado el número de días que tarda un motor en ser reparado.

Tabla 8 Resumen comparativo de los días de reparación

	DIAS REALES	DIAS REALES
NrMotor		
1	25	24
2	25	24
3	25	24
4	25	24
5	25	24
6	25	24
7	25	24
8	26	24
9	25	23
10	25	23
11	25	23
12	25	23
Promedio	25.08	23.67

Fuente Elaboración propia

Según la tabla anterior se logra observar que el número de días se redujo en 1 aprox. (Anexo 24).

2.6. Método de análisis de datos

Análisis estadístico inferencial de la variable dependiente

Para esta parte aplicaremos la prueba de normalidad a la variable dependiente “Productividad”; de esta manera podremos realizar un contraste de la hipótesis mediante cuadros comparativos del valor de comparación de medias en la presente investigación, en la cual se demostrará el incremento de la productividad. Al efectuar el análisis de normalidad es necesario seguir las siguientes consideraciones o criterios:

Para nuestra muestra utilizamos 12 datos, por lo tanto, se utilizó Shapiro wilk.

Tabla 9 Tipos de muestra

Tipo de muestra	Descripción	Herramienta a utilizar
Muestra Grande	Cantidad de datos superior a 30.	Kolmogorov Smirnof
Muestra pequeña	Cantidad de datos menores o igual a 30.	Shapiro Wilk

Fuente Goodness of Fit Tests for Symmetric Distributions, which Statistical Should I Use?

Tabla 10 Tipos de datos

	Antes	Después	Conclusión
Sig. > 0.05	SI	SI	Paramétrico
Sig. > 0.05	SI	NO	No Paramétrico
Sig. > 0.05	NO	SI	No Paramétrico
Sig. > 0.05	NO	NO	No Paramétrico

Si:

Sig. \geq 0.05: Datos paramétricos (Los datos provienen de una distribución normal).

Sig. $<$ 0.05: Datos no paramétricos (Los datos no provienen de una distribución normal).

Pruebas de normalidad

Tabla 11 Significancia de la productividad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferen_P	,234	12	,069	,880	12	,088

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente SPSS STATISTICS 24

Interpretación: De la tabla 21 observamos que el valor de la significancia en la productividad. Al analizar la diferencia nos muestra que posee un valor mayor a 0.05, por lo tanto, este indicador presenta una distribución normal con datos paramétricos, aplicaremos una prueba estadística paramétrica; La prueba a realizar será la T-Student para muestras relacionadas.

Pruebas de normalidad

Tabla 12 Significancia en la eficiencia y eficacia

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CumpA	,530	12	,000	,327	12	,000
EficiA	,280	12	,010	,784	12	,006
CumpD	,417	12	,000	,608	12	,000
EficiD	,170	12	,200*	,909	12	,207

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente SPSS STATISTICS 24

Interpretación: Según la tabla 22 observamos que el valor de la significancia en la eficacia y eficiencia en el antes y después nos presenta un valor menor a 0.05 en ambos casos; por lo tanto, afirmamos que los datos presentan una distribución no paramétrica, tenemos que aplicar una prueba estadística no paramétrica; La prueba a realizar será Wilcoxon para muestras relacionadas.

Validación de las hipótesis

Utilizaremos la prueba estadística T-Student y wilcoxon para las muestras relacionadas, ya que los datos presentados muestran una distribución anormal.

H₀: El sistema SMED no incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

H₁: El sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

H₀: $\mu_{\text{product_A}} \geq \mu_{\text{product_D}}$

H₁: $\mu_{\text{product_A}} < \mu_{\text{product_D}}$

Hipótesis específicas

- H₀: El sistema SMED no incrementa el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.
- H₁: El sistema SMED incrementa el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.
- H₀: El sistema SMED no incrementa la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

- H1: El sistema SMED incrementa la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

Tabla 13 Estadístico de pruebas emparejadas

Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	ProducA	,7631318	12	,02006427	,00579206
	ProducD	,8295663	12	,02443238	,00705302

Fuente SPSS STATISTICS 24

Interpretación: De la tabla 23 podemos observar que la productividad presenta un incremento entre el valor de sus medias detectando anteriormente una media promedio de 76.31% y actualmente presenta un promedio de 82.96%. Esto nos infiere que:

El sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

Prueba de muestras relacionadas

Tabla 14 Estadístico de prueba

	Media	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)
		Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1	ProducA - ProducD	-,03355569	,00968669	-,08775477	-,04511423	- 11	,000	
		,06643450				6,858		

Fuente SPSS STATISTICS 24

Regla de decisión:

Si Sig. valor ≤ 0.05 , se rechaza la hipótesis nula.

Si Sig. valor > 0.05 , se rechaza la hipótesis alterna H1.

Interpretación: De la tabla 24 podemos observar que la productividad según la prueba T- Student muestran una significancia menor a 0.05, basándonos en la prueba de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

El sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

Tabla 15 Prueba de rangos

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
CumpD - CumpA	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	12 ^b	6,50	78,00
	Empates	0 ^c		
	Total	12		
EficiD - EficiA	Rangos negativos	2 ^d	1,50	3,00
	Rangos positivos	10 ^e	7,50	75,00
	Empates	0 ^f		
	Total	12		

a. CumpD < CumpA

b. CumpD > CumpA

c. CumpD = CumpA

d. EficiD < EficiA

e. EficiD > EficiA

f. EficiD = EficiA

Fuente SPSS STATISTICS 24

Tabla 16 Prueba de rangos

Estadísticos de contraste ^a		
	EficaD - EficaA	EficiD - EficiA
Z	-3,140 ^b	-2,824 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,002	,005

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
b. Basado en los rangos negativos.

Fuente SPSS STATISTICS 24

Interpretación: De la tabla 26 se muestra que el valor de la significancia después de realizar la prueba de Wilcoxon al cumplimiento y eficiencia en el antes y después de aplicar la herramienta son de 0.002 y 0.005 respectivamente. Por lo tanto, guiándonos de la prueba de decisión rechazamos las hipótesis nulas y aceptamos las hipótesis alternas:

- H1: El sistema SMED incrementa el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.
- H1: El sistema SMED incrementa la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa reparadora Lima-2019.

2.7. Aspectos éticos

Para el presente trabajo de investigación realizamos la medición de los reportes que realizamos para poder implementar, medir y evaluar el sistema SMED que planteamos en la empresa Detroit Diesel MTU S.A.C. Este trabajo lo realizamos para poder satisfacer la necesidad de la empresa por cumplir con la entrega de los motores W6 en los días planificados. Para lograr implementar este sistema correctamente fue necesario recurrir a diversos libros, revistas científicas y tesis referentes a la variable de estudio que planteamos en esta investigación, de manera que pudimos lograr nuestro objetivo planteado.

Toda la data extraída de la empresa fue recolectada de manera íntegra, sin alterar su contenido, de la misma manera los datos que recolectamos durante la implementación fueron tomados siguiendo los indicadores planteados sin modificarnos a nuestra conveniencia.

Al culminar el proyecto de investigación la empresa nos entregó una carta de autorización donde afirma la validez y la veracidad de nuestra herramienta implementada (Anexo34).

III. RESULTADOS

Para esta sección analizaremos los resultados obtenidos antes de la aplicación del SMED y después de aplicar esta herramienta.

- **Tiempo extenso de preparación en las maquinas:** Mediante la implementación de la pistola neumática y la herramienta para lavado de housing se logró aprovechar aún más el tiempo que cada técnico dedica a las operaciones de reparación.
- **Ubicación de equipos y herramientas:** Mediante este nuevo sistema los trabajadores tienen una idea más clara de la necesidad de tener todos los equipos disponibles para no perder tanto tiempo haciendo transportes innecesarios de personal.
- **Lavado de piezas con sobre costos:** Con el nuevo método de trabajo y complementado con más modernos equipos se logró reducir enormemente la cantidad del tiempo de lavado generando un menor costo para esta actividad.
- **Personal realiza diferentes actividades durante las operaciones:** Se dialogó con el personal superior y se les indico la importancia de que el personal termine una actividad que está realizando y no cambie de área solo por atender un llamado.
- **Zona de pernos y oring alejada:** Se dispuso de un espacio en el kit de herramientas portátil para poder ahorrar el tiempo de solicitud de herramientas en el área encargada.

Tabla 17 Horas hombre luego de la reparación

MES	Motor reparado	Horas Hombre por etapa de reparacion Despues					H-H por motor
		Desarmado	Lavado	Evaluacion	Armado	Prueba	
JULIO	Motor 1	175.5	288.5	91	290	95	940
	Motor 2	178.5	289	91.5	290	94	943
	Motor 3	178	286.5	91	294	92.5	942
AGOSTO	Motor 1	175	282	93	289.5	92.5	932.0
	Motor 2	171.5	279	94.5	289.5	95.5	930
	Motor 3	170.5	276	97	284	102.5	930
SEPTIEMBRE	Motor 1	169.5	276	101.5	281.5	97.5	926
	Motor 2	168	275.5	100	280.5	98	922
	Motor 3	167	275	97.5	281.5	99	920
OCTUBRE	Motor 1	164	270	104	279.5	102.5	920
	Motor 2	165	267.5	104.5	278	105	920
	Motor 3	162	265.5	103.5	282	103	916

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 27 el promedio de H-H por motor se redujo a 928, siendo este valor equivalente a 23.5 días de trabajo luego de utilizar el sistema SMED en la reparación de los motores dentro de la empresa Detroit Diesel MTU.

Análisis descriptivo del tiempo estándar y de la disponibilidad

Se empezó realizando el cálculo del tiempo estándar para reparar un motor W6 antes de implementar el sistema SMED.

Tabla 18 Horas de reparación antes y después

Motores	H-H por motor A.	H-H por motor D.
1	932.5	940
2	935.5	943
3	950.5	942
4	947.5	932.0
5	949.5	930
6	945.5	930
7	951	926
8	997	922
9	950.5	920
10	962.5	920
11	949.5	920
12	954	916

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 cálculo del tiempo estándar

T. ob.	valoracion	T.N.	Suplementos	TE
952.13	0.8	761.70	198.04	959.74
928.42	0.8	742.73	193.11	935.84

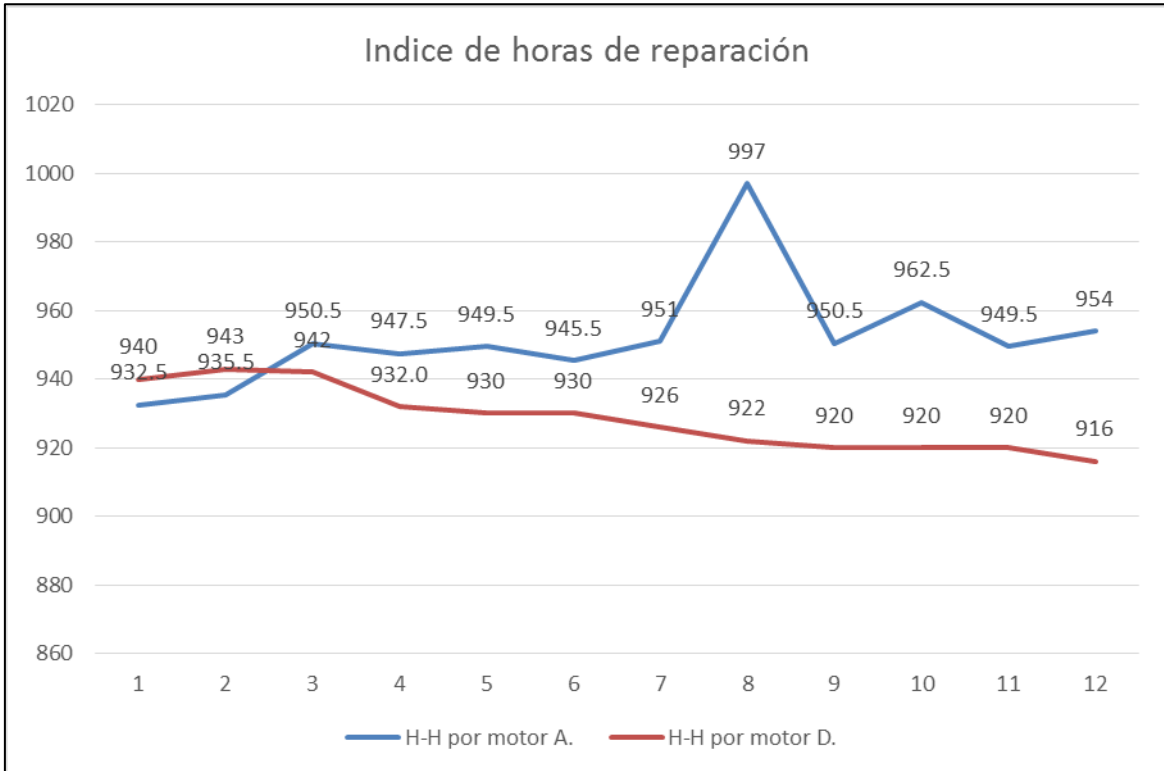


Figura 7 Índices de horas de reparación

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar una reducción del 2.5 % de los tiempos de operación.

Tabla 20 Índices de disponibilidad

	Antes			Despues		
	T. op. reparación(h-h)	T. realizado (h-h)	Disponibilidad A.	T. op. reparación(h-h)	T. realizado (h-h)	Disponibilidad D.
1	857	932.5	91.903%	872	940	92.766%
2	863	935.5	92.250%	878	943	93.107%
3	891	950.5	93.740%	906	942	96.178%
4	861	947.5	90.871%	876	932	93.991%
5	865	949.5	91.101%	880	930	94.624%
6	868	945.5	91.803%	883	930	94.946%
7	872	951	91.693%	887	926	95.788%
8	894	997	89.669%	909	922	98.590%
9	882	950.5	92.793%	897	920	97.500%
10	879	962.5	91.325%	894	920	97.174%
11	875	949.5	92.154%	890	920	96.739%
12	872	954	91.405%	887	916	96.834%

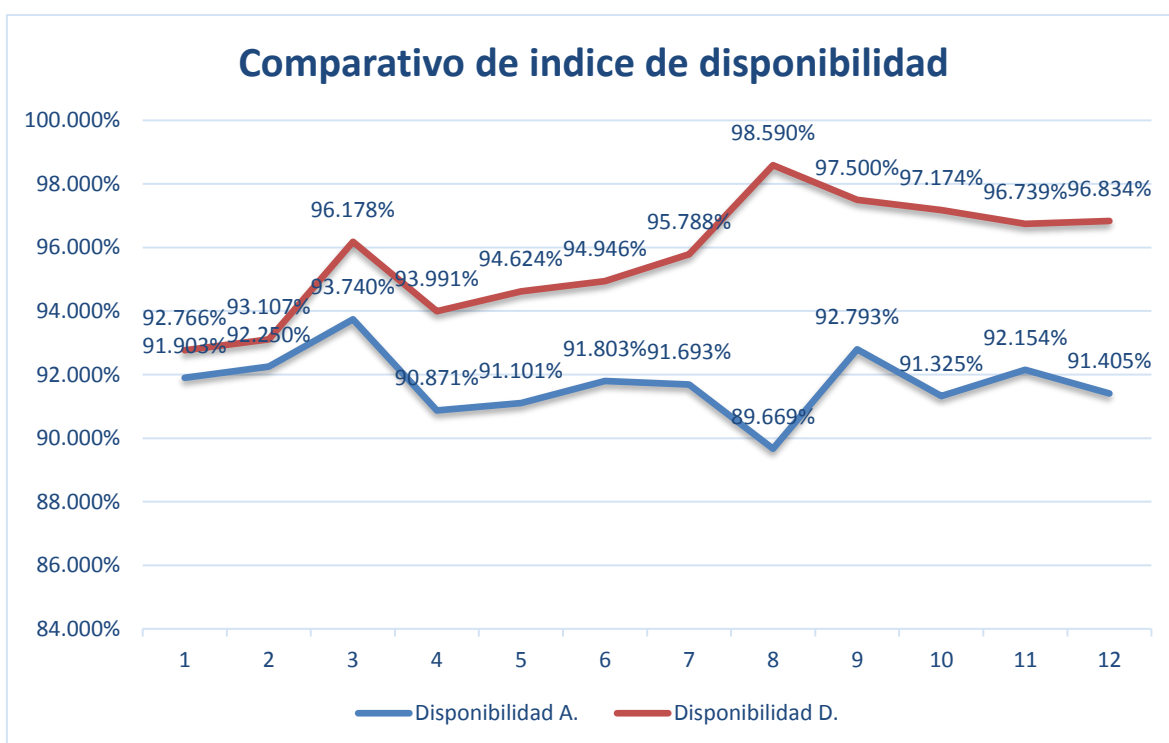


Figura 8 comparativo de disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior podemos observar un incremento en la disponibilidad del 5% aproximadamente, luego de la implementación del sistema SMED.

Análisis descriptivo de la Eficacia, eficiencia y productividad

Se procederá a comparar los índices obtenidos anteriormente contra los resultados encontrados:

Tabla 21 Índices anteriores de productividad

Mes	Cumplimiento	Eficiencia	Productividad
Marzo	88.00%	89.76%	78.99%
	88.00%	89.18%	78.47%
	88.00%	87.80%	77.27%
Abril	88.00%	87.94%	77.39%
	88.00%	87.67%	77.15%
	88.00%	88.18%	77.60%
Mayo	88.00%	87.85%	77.31%
	84.62%	83.89%	70.98%
	88.00%	87.90%	77.35%
Junio	88.00%	86.34%	75.98%
	88.00%	88.32%	77.72%
	88.00%	87.43%	76.94%
		Total	76.93%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Índices posteriores de productividad

Mes	Cumplimiento	Eficiencia	Productividad	Productividad D.
Julio	92%	88%	81%	81%
	92%	88%	80%	
	92%	88%	81%	
Agosto	92%	89%	81%	82%
	92%	89%	82%	
	92%	89%	82%	
Septiembre	92%	89%	82%	83%
	92%	90%	82%	
	96%	90%	86%	
Octubre	96%	90%	86%	86%
	96%	90%	86%	
	96%	90%	86%	
		Total	82.96%	82.96%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Luego de los datos inferidos en las tablas 14 y 15 podemos notar que la productividad promedio anterior era de 76.93% y después de implementar este sistema se volvió un 82.96% incrementándose en un 6% aproximadamente.

Se indica los resultados obtenidos al calcular la eficacia en los motores MTU 16V4000 mediante el uso de los indicadores planteados.

Tabla 23 Porcentual de cumplimiento

NrMotor	Cump_A	Cump_D
1	0.880	0.917
2	0.880	0.957
3	0.880	0.957
4	0.880	0.957
5	0.880	0.957
6	0.880	0.917
7	0.880	0.917
8	0.846	0.957
9	0.880	0.957
10	0.880	0.957
11	0.880	0.957
12	0.880	0.957
Promedio	0.877	0.946

Fuente: Elaboración Propia

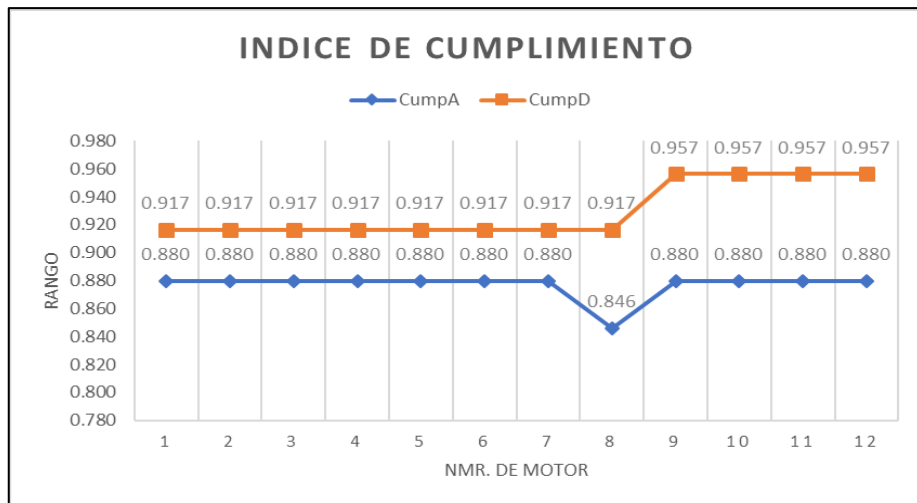


Figura 9 Índices de cumplimiento en la reparación

Interpretación: Según la tabla 16 y la figura 10 podemos percatarnos que, en el antes, el indicador de eficacia promedio es de 87.7 % y luego de la herramienta el indicador promedio es 94.6%. logrando así aumentar la eficacia en un 6.9% con la aplicación del sistema SMED. Este porcentaje se ve reflejado dentro del motor en la reducción de un día aproximadamente en su tiempo de reparación.

Se indica los resultados obtenidos al calcular la eficiencia en los motores MTU 16V4000, utilizando los indicadores que se propusieron.

Tabla 24 Porcentaje de eficiencia antes y después

NrMotor	Eficiencia A	Eficiencia
1	0.888	0.881
2	0.885	0.890
3	0.871	0.888
4	0.874	0.890
5	0.872	0.894
6	0.876	0.879
7	0.871	0.878
8	0.830	0.898
9	0.871	0.900
10	0.860	0.900
11	0.872	0.900
12	0.868	0.902
Promedio	0.869	0.891

Fuente: Elaboración propia

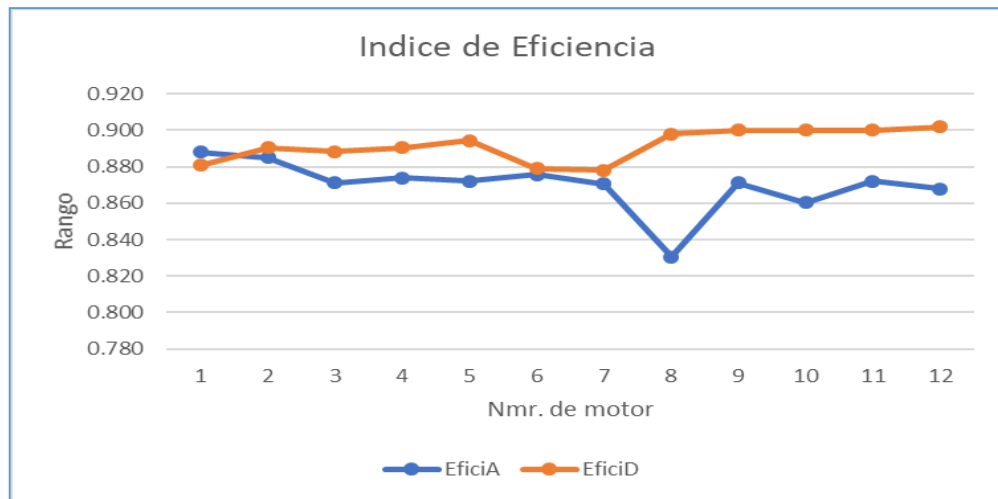


Figura 10 Índice de eficiencia- Reparación de motor

Interpretación: Según la tabla 17 y la figura 11 podemos percatarnos que, en el antes, el indicador de eficiencia promedio es de 86.9 % y luego de la herramienta el indicador promedio es 89.1% logrando así aumentar la eficiencia en un 2.2% con la aplicación del sistema SMED.

También se indicará el resumen de la productividad obtenida en los motores MTU 16V4000 obtenida del producto entre la eficacia y la eficiencia.

Tabla 25 Productividad antes y después

NrMotor	Productividad A	Productividad
1	0.781	0.807
2	0.779	0.852
3	0.767	0.850
4	0.769	0.852
5	0.767	0.855
6	0.771	0.806
7	0.766	0.805
8	0.703	0.859
9	0.767	0.861
10	0.757	0.861
11	0.767	0.861
12	0.764	0.863
Promedio	0.763	0.844

Fuente: Elaboración propia

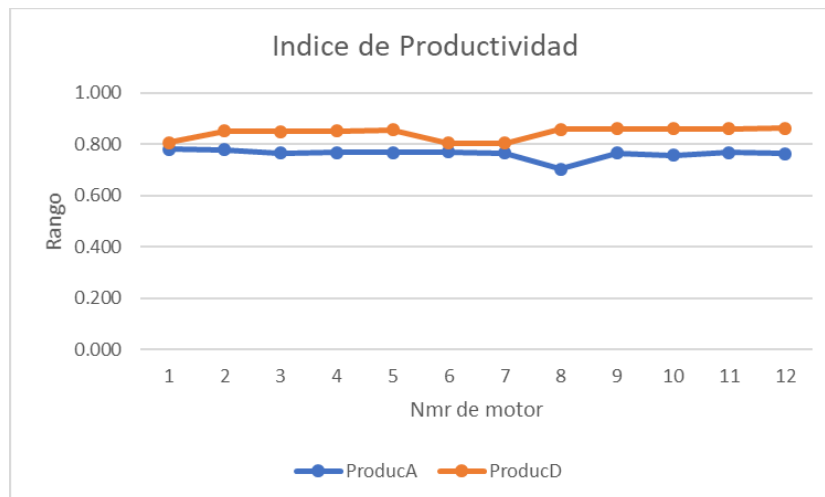


Figura 11 Índices de productividad antes y después

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según la tabla 18 y la figura 12 podemos percatarnos que, en el antes, el indicador de productividad promedio es de 76.3 % y luego de la herramienta el indicador promedio es 84.4%. logrando así aumentar la productividad en un 8.1% con la aplicación del sistema SMED.

IV. DISCUSIÓN

La tesis nos ha indicado que la implementación del sistema SMED, mejora la productividad en la reparación de los motores MTU, por ende, se realizó cambios en los métodos de trabajo permitiendo mejorar los índices de eficiencia y eficacia en todo el proceso, permitiendo también una mejora continua en la reparación.

En la investigación realizada por Meza y Ignacio, Aplicación del SMED para la mejora de la productividad en la línea de envasado en AMBEV PERÚ S.A.C., Huachipa, 2018 se logró concluir que, mediante la nueva capacidad del proceso de troquelado, se logró aumentar el tiempo disponible de un 61% hasta un 81%. Estimando un aumento en la productividad de un 42%, también plantearon dos indicadores que ayudaron a la gestión del sistema SMED, estos son el número de cambios realizados dentro de un periodo y la duración promedio de estos mismos. Demostrando el incremento de producción dentro de una de sus máquinas. Este resultado también va de acuerdo con nuestras conclusiones que nos indican que la productividad logró incrementarse en un 6% aproximadamente.

Con la investigación realizada se comprobó que el sistema SMED logra incrementar la eficiencia en la reparación de los motores en un 2.2% reduciendo las horas de trabajo en el área de lava, armado y desarmado. Estos resultados se corroboran en la tesis de Rojas y Cortes (2014) quienes mediante la aplicación de la metodología SMED lograron reducir el tiempo de las operaciones en un 32% permitiendo generar un incremento en su eficiencia, también se comprometieron junto con el área de trabajo a mantener establecido un tiempo estándar para todas sus operaciones.

Por último, se ha comprobado que el sistema SMED logra incrementar el valor de la eficacia al reducir los días que toman realizar cada etapa en la reparación. Estos resultados se corroboran en la tesis de Fernández y Jairo (2014), quienes señalaron en sus conclusiones que lograron reducir el tiempo de operación de cambios de bobina de 41.55 a 36 minutos, también agilizaron el tiempo de empaque de las operaciones, permitiendo un incremento del 33% de la capacidad producida en el almacén, de tal manera se logró incrementar un 12% la eficacia dentro de este proceso. Esta herramienta logro incrementar la eficacia reduciendo los tiempos de cambio generando reducir un 73% el tiempo de preparación de las maquinas.

V. CONCLUSIONES

Se logra concluir que conforme a la problemática que se describió en la empresa, la investigación se enfocó en las etapas de armado, desarmado y lavado del proceso de reparación del motor 16V4000, describiendo y analizando las operaciones.

En nuestra primera conclusión, la investigación que realizamos permitió aumentar considerablemente el valor de la productividad, mediante la aplicación del Sistema SMED, todo esto se realizó analizando el tiempo estándar y las actividades internas y externas. De manera que pudimos detectar las operaciones que generar un retraso en la actividad, también documentamos los sobretiempos que se generaron en las actividades y el margen que ocupan en el tiempo total del mantenimiento, por lo cual aceptamos la hipótesis que afirma que el sistema SMED incrementa la productividad logrando nuestro objetivo, conforme a la tabla N. 32 se logra evidenciar que mejoro en un 8.1% en promedio. Respaldado por el sig. = $0,000 < 0,05$ como resultado de la contratación de hipótesis.

En la segunda conclusión, presenciamos como la eficiencia mostró un incremento luego de haber implementado el sistema SMED en la empresa, según la tabla N. 31 apreciamos que el valor de la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 se incrementó en un 2.2% en promedio; este resultado se cumplió mediante el trabajo coordinado con el equipo del taller, ya que se logró reducir las horas de la reparación del motor mediante la mejora de sus operaciones y brindando capacitación a los trabajadores para mejorar su trabajo. Respaldado por el sig. = $0,002 < 0,05$ como resultado de la contratación de hipótesis.

Como tercera conclusión observamos que se logró un incremento de 6.9% en el cumplimiento después de implementar el sistema SMED, el valor que podemos observar en la tabla N. 30 esta meta se cumplió gracias a que logramos mejorar el cumplimiento en las etapas de la reparación del motor, debido a que las horas de reparación reales disminuyeron. Este sistema nos permite apreciar las operaciones desde una perspectiva diferente que nos ayuda a apreciar la importancia de cada operación dentro de las actividades asignadas, permitiéndonos evaluar todo el proceso de manera que pudimos realizar cambios específicos que nos permitieron reducir el tiempo que se tenía estimado en las etapas de reparación. Respaldado por el sig. = $0,005 < 0,05$ como resultado de la contratación de hipótesis.

VII. RECOMENDACIONES

Primero se recomienda que durante la aplicación de la metodología SMED se observó que hay buenas ideas de parte de los técnicos para mejorar la reparación, pero que debido a la falta de capacitación no son sustentadas económicamente en la empresa.

Segundo, se observó en la aplicación del estudio que la gran mayoría de trabajos son de sobreesfuerzo y posiciones repetitivas, estas generan retrasos en las actividades y malestar en el trabajador por lo cual se recomienda realizar un análisis de las actividades de sobreesfuerzo.

Tercero, se recomienda capacitación de productividad y eficiencia; durante el desarrollo del trabajo se observó que los técnicos toman su tiempo y no hay motivación para lograr avanzar con los trabajos.

REFERENCIAS

ALONSO, Ángel. Conceptos de organización industrial. Barcelona: Marcombo S.A, 1998. 254 pp. ISBN: 84-267-1139-1

CONCEICAO. Samuel. Development and implementation of a SMED methodology in contract manufacturing environments. Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. ISBN: 1806-9649. Revisado online el 07 de junio de 2019. Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000300004&lang=es.

CONDOR, Rosmery. CRUELLES y Agustín. Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tipos de fabricación se cumplan. Primera edición. México: Alfa Omega Grupo Editor. 2013, 202 pp.

ISBN: 978-607-707-578-3

CRUELLES y Agustín, Ingeniería Industrial Métodos de trabajo, tiempos y su Aplicación a la planificación y la mejora continua. Primera edición. México: Alfa Omega Grupo Editor, 2013. 803 pp. ISBN: 978-607-707-651-3

GARCIA, Roberto. Estudio Del Trabajo ingeniería de métodos y mediciones del trabajo 2ª Ed., España. MC-Graw Hill 2005, 459pp.

ISBN: 9789701046579

GODINHO FILHO Moacir, Effect of lot size reduction and Continuous Improvement on Work In Process and Utilization: study using a combined System Dynamics and Factory Physics approach. North Carolina State University, 2009. ISBN: 1980-5411. Revisado online el 07 de junio de 2019. Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000100014&lang=es.

GUTIERREZ, Miguel Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª Ed. México. Editorial MC-Graw Hill / Interamericana Editores S.A de CV. 2009, 145 pp.

HUALLA, Rody y CARDENAS, Carlos. Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y pead aplicando herramientas de calidad y lean manufacturing, Lima, 2012. Revisado online el 07 de junio de 2019. Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000300011&lang=es.

HERNANDEZ, Fernández, y Baptista. Metodología de la investigación, 6ª Ed. México: Edamsa Impresiones, 2014. 600 pp.

ISBN: 978-1-4562-23960.

HERNANDEZ, Juan y VIZAN, Antonio. Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI, 2013. 178 pp.

ISBN: 978-84-15061-40-3

Jiménez, J. y Gisbert Soler, V. METHODOLOGICAL GUIDE OF WASTE MANAGEMENT IN A PYME. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, 2017.

ISBN: 2254 – 3376. Revisado online el 07 de junio de 2019

Extraído de: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/3C-EMPRESA-Especial.pdf>.

Liker, J. K. The Toyota Way. 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York, NY: McGraw-Hill. 2004, 132pp.

MENDENHALL, William. Introduction to Probability and Statistics, 13th ed., Brooks/Cole, 2006. 780 pp. ISBN: 13: 978-0-495-38953-8

NUÑEZ, Peter. Aplicación de herramientas del sistema productivo "lean manufacturing" en una empresa al servicio de la industria, Lima, 2007. Revisado online el 07 de junio de 2019.

Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2007000200010&lang=es.

PALOMINO, Miguel. Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes, Lima, 2012. Revisado online el 07 de junio de 2019. Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2007000200010&lang=es

PAUKA REIS Mario, A method for the calculation of economic benefits and development of setup time reduction strategies. São José dos Campos, Brazil, 2010. ISBN: 0104-530X. Revisado online el 07 de junio de 2019 Extraído de:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000300011&lang=es.

PEDROSA, Ignacio *et al.* *Goodness of Fit Tests for Symmetric Distributions, which Statistical Should I Use?*. España: Universidad de Oviedo, 2015. 255 pp. ISBN: 1657-9267

PROKOPENKO, Joseph. La gestión de la productividad. Ginebra: Productivity Management, 1989. 129 pp. ISBN: 92-2-305901-1

Sanz Horcas, J. y Gisbert Soler, V. . LEAN MANUFACTURING IN SMEs. 3C Empresa: investigación y Pensamiento crítico, 2017. ISBN: 2254 – 3376. Revisado online el 07 de junio

de 2019 Extraído de: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/3C-EMPRESA-Especial.pdf>.

RAJADELL, Manuel y SANCHEZ, José Luis. Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad. Madrid: Díaz de santos, 2010, 264 pp. ISBN: 978-84-7978-967-1

Rojas Jauregui, A.P. y Gisbert Soler, V.. LEAN MANUFACTURING: TOOLS TO IMPROVE PRODUCTIVITY IN BUSINESSES. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico. 2017. ISBN: 2254 – 3376. Revisado online el 07 de junio de 2019 Extraído de: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/3C-EMPRESA-Especial.pdf>.

SANSON FOGLIATTO Flavio, Rapid exchange of tools: method steps and case study. Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande, 2003. ISBN: 1806-9649. Revisado online el 07 de junio de 2019 Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2003000200004&lang=es.

SUÑE, Albert y FIGUERAS Jaone. Casos de ingeniería de organizaciones. Madrid: omniascience, 2013,127pp.

ISBN: 978-84-940624 -5-2

SUGAI Miguel, Shingo's methodology (SMED): critical evaluation and case study. IDesign and Manufacturing Group, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, 2007. ISBN: 1806-9649. Revisado online el 07 de junio de 2019 Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X20070002000010&lang=es.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación Científica cuantitativa, cualitativa y mixta. Quinta edición. Lima: Editorial San Marcos.2013, 495 pp. ISBN: 978-612-302-878-7

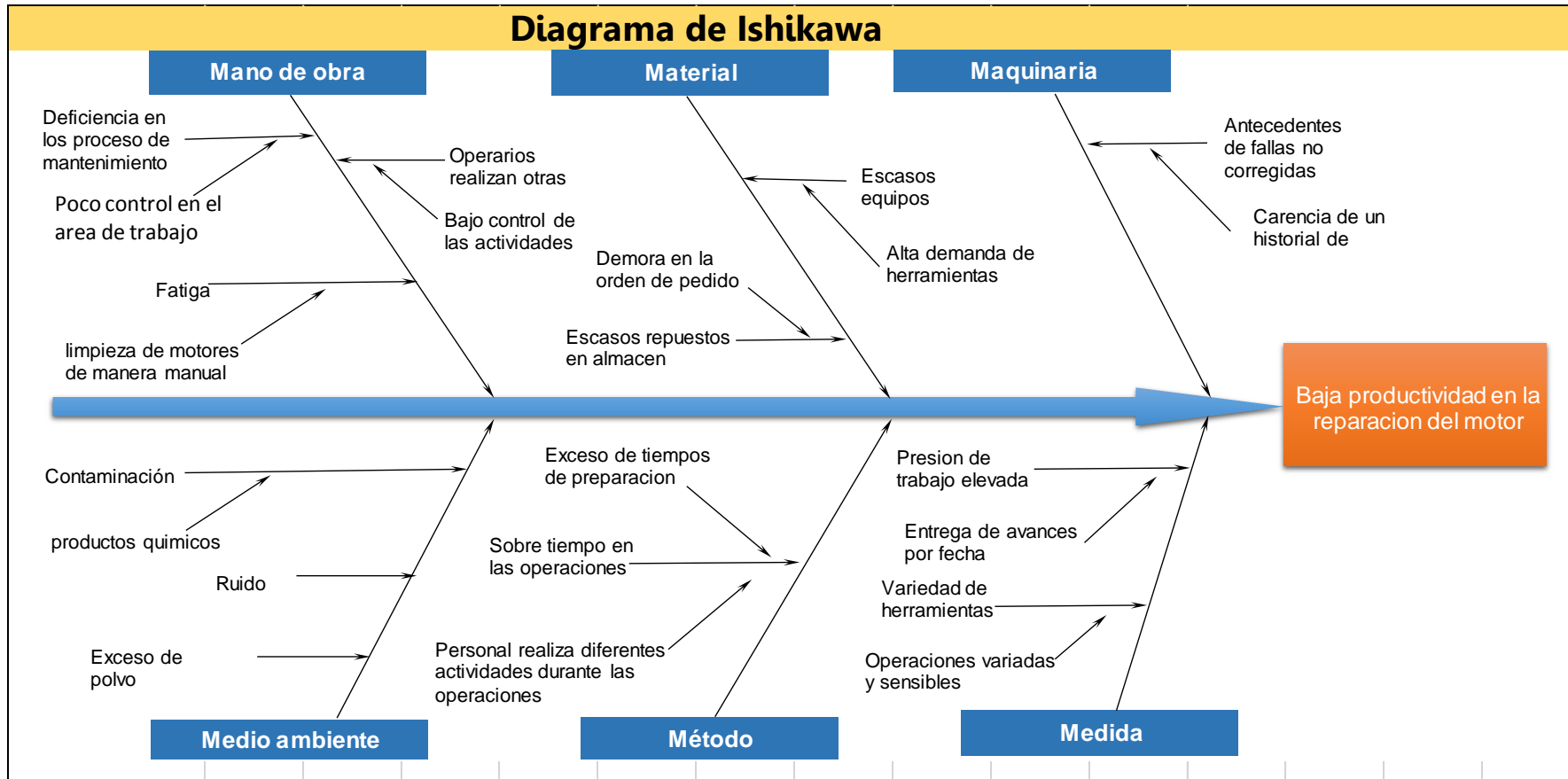
VALLE ANTUNES José Antonio, A teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas. Departamento de Investigación Operativa de la Universidad de Lancaster, 1993. ISBN: 0103-6513. Revisado online el 07 de junio de 2019 Extraído de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65131993000200001&lang=es.

Hernández, S.; Fernández, C.; Baptista. *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Educación, 6ta. Edición. 2014, 200 pp.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Ishikawa Retraso en la entrega del motor

Diagrama de Ishikawa



Anexo 2: Diagrama de Pareto

Tabla 27 Pareto de la frecuencia de las causas observadas -2019

Actividades		Frecuencia	F. ^2
Causas de retraso			
1	Sobre tiempo en las operaciones	45	2025
2	Deficiencia en los procesos de mantenimiento	42	1764
3	Personal realiza diferentes actividades durante las operaciones	41	1681
4	Escasos repuestos en almacén	29	841
5	Carencia de un historial de fallas	28	784
6	Escasos equipos	22	484
7	Demora del personal	21	441
8	Presión de trabajo elevada	18	324
9	Fatiga	17	289
10	incumplimiento del cierre de reporte	15	225
11	Exceso de polvo	14	196
12	Operaciones variadas y sensibles	13	169
13	Antecedentes de fallas no corregidas	12	144
14	Contaminación	11	121
15	Variedad de herramientas	10	100
16	Ruido	9	81
Total		347	9669

Fuente: elaboración propia

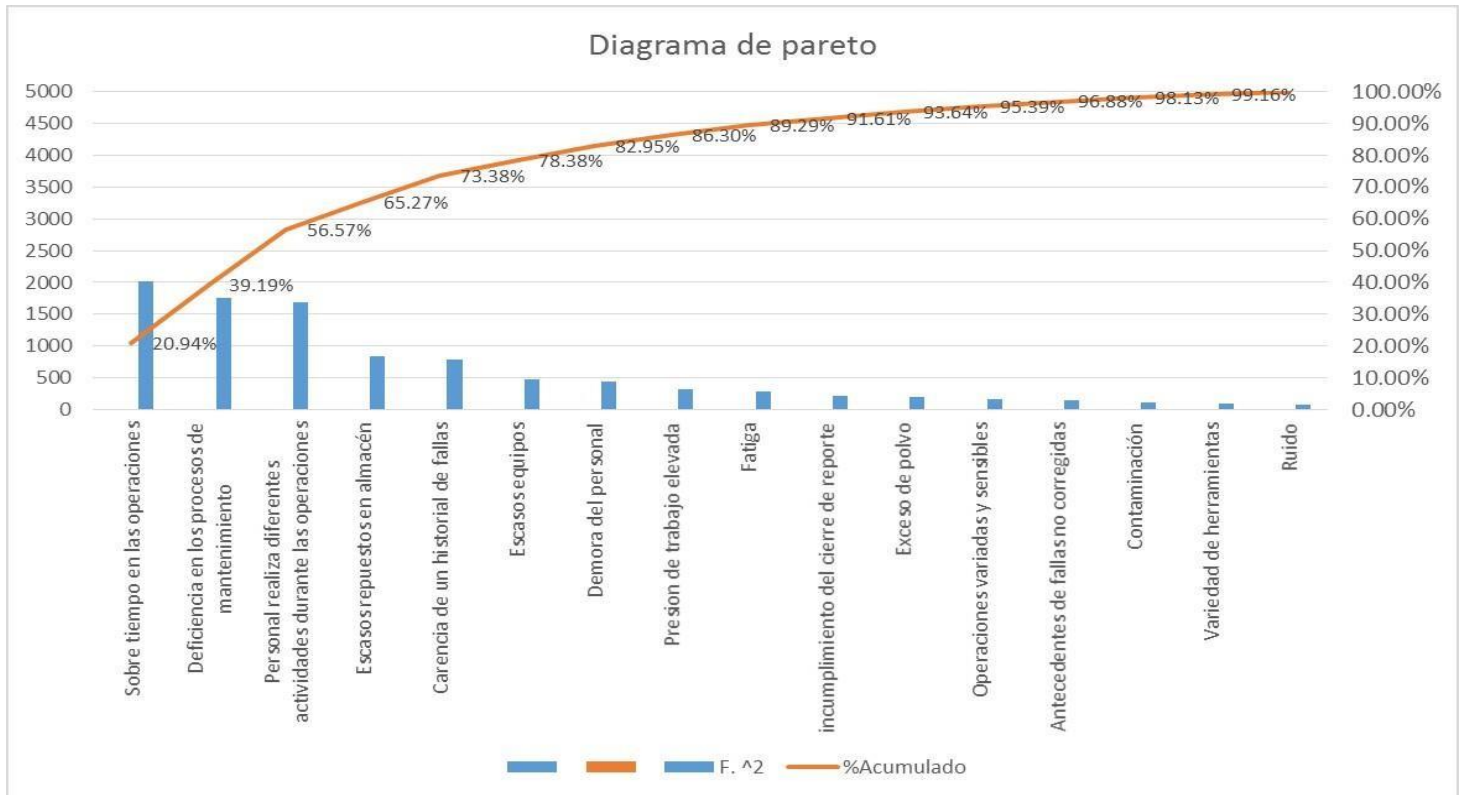
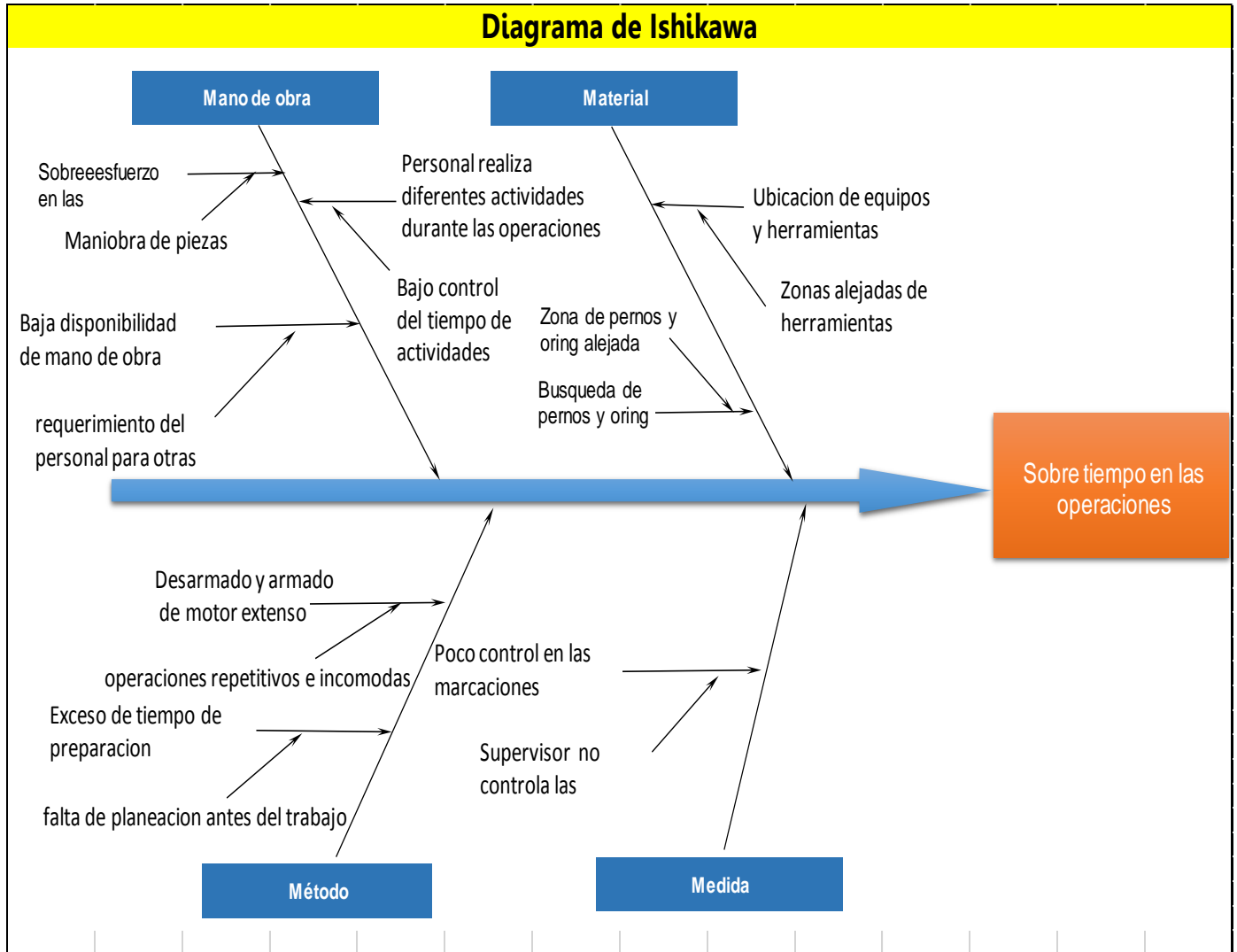


Figura 13 Pareto: retrasos de entrega 2019

Anexo 3: Ishikawa demora en la reparación



Anexo 4: Realidad Problemática

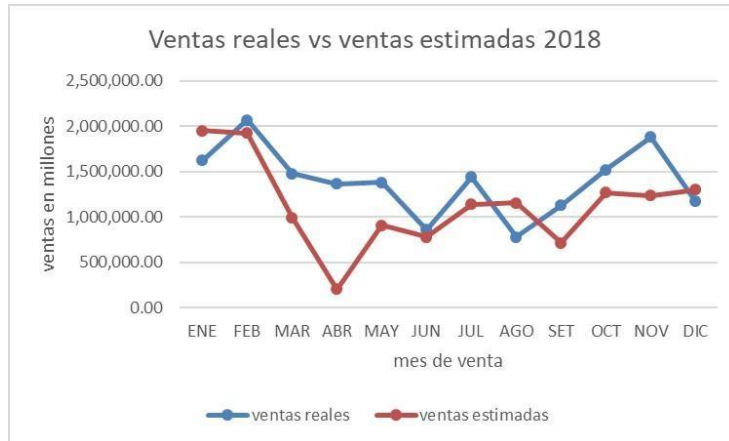


Figura 1 Estimación de ventas 2018

Fuente: La empresa

Tabla 1 Cuadro de horas extras en la empre

Job	25%	35%	100%	horas extras
enero	16	147	40	202
febrero	15	99	3	117
marzo	14	98	118	229
abril	27	128	74	229
mayo	59	199	91	349
junio	29	61	84	174

Tabla 2 actividades en la reparación del motor

Etapa	Horas-hombre	días	%
Desarmado	160	6	19%
Lavado	256	6	31%
Evaluación	76	2	9%
Armado	254	6	31%
Prueba	82	2	10%
TOTAL	828	22	100%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Etapas de la reparación W6 del motor

IT	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	HH ACT.	
1	Recepción e inventario de motor.	1	D E S A R M A D O
2	Descarga de sistemas refrigeración, lubricación.	2	
3	Desmontaje de CAC, soporte CAC y múltiples de admisión.	4	
4	Desmontaje de turbos, sistema de escape, múltiples de agua, tuberías de CAC y limpieza.	12	
5	Desmontaje de fan Clutch, polea, dämper y mandos.	3	
6	Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante.	8	
7	Desmontaje de ECM's, arneses y sensores.	2	
8	Desmontaje tapa de balancines, balancines, varillas, puentes, inyectores, cañería de alta y retorno, riel de alta y retorno.	12	
9	Desmontaje Bomba de agua alta y baja, Bomba de combustible alta y baja, cabezal de filtros de petróleo y compresora.	8	
10	Desmontaje de centrifugo, cabezal de filtros de aceite, soporte de cabezal, carcasa de enfriadores y enfriadores de aceite.	4	
11	Desmontaje de culatas.	14	
12	Desmontaje de cárter, tapas de inspección y bomba de aceite.	10	
13	Desmontaje galería principal de aceite, seguidores, Hub delantero y posterior.	4	
14	Desmontaje de pistones y camisas.	16	
15	Desmontaje de Trunion, soporte de fan y Housing delantero superior.	6	
16	Desmontaje housing posterior.	2	
17	Medición de holguras y juego axial de piñones. Desmontaje de Housing delantero inferior.	4	
18	Desmontaje de piñón, árbol de levas y rociadores de aceite.	4	
19	Maniobra de izaje de motor, colocar en girador.	4	
20	Desmontaje de contrapesas, cigüeñal y medición de bancada sin metal. Sumergir block al ácido.	30	
21	Sumergir piezas en el ácido y desarmado de CAC.	10	
22	Lavado de cigüeñal, contrapesas y árbol de levas.	12	
23	Lavado de monoblock y colocar en base giratoria.	78	
24	Lavado de Housing delantero inferior y soporte FAN CLUTCH.	8	
25	Lavado de Housing delantero superior y TRUNION.	8	
26	Lavado de Housing posterior.	8	
27	Lavado y ajuste de bielas.	8	
28	Lavado de Hub delantero y posterior.	4	
29	Lavado de varillas, balancines, puentes y rociadores de aceite.	16	
30	Retirar componentes del ácido y lavado con Hidro lavadora.	16	
31	Lavado de piezas externas.	58	
32	Lavado tapas de C.A.C.	4	
33	Lavado y armado de rieles.	8	
34	Lavado de centrifugo y cabezal filtro de aceite y combustible.	6	
35	Lavado de pernos en general.	12	
36	Lavado sistema de escape.	2	
37	Lavado de cárter y volante.	8	
38	Medición monoblock, encaje de camisetas, túnel de levas con y sin metales.	8	
39	Recepción de repuestos.	4	
40	Medición de túnel de bancada con metales.	8	
41	Medición muñones de cigüeñal y eje de levas.	4	
42	Medición bielas PARALELISMO Y CRUZAMIENTO.	8	
43	Medición bielas con y sin metales, carga axial de bujes de biela.	8	
44	Evaluación, prueba y armado de C.A.C.	12	
45	Medición de camisas de pistón (desmontadas).	4	
46	Verificación de varillas de seguidores, pernos de culata, pernos de contrapesas y rociadores de aceite.	4	
47	Medición bocinas de balancines y seguidores.	8	
48	Medición de pistones y coronas de pistón y anillos.	8	
49	Montaje de cigüeñal y contrapesas, torquar tapas de bancada.	30	
50	Montaje rociadores, (toberas de enfriamiento) de pistón.	6	
51	Armado de Housing delantero inferior, medición axial de ruedas intermedias.	4	
52	Armado de Housing delantero superior, instalación enfriadores de aceite.	8	
53	Montaje de Camisas, Medición entre puntas de anillos de pistón en camisas, armado e instalación de pistones y anillos.	24	
54	Desmontaje motor de base giratoria.	6	
55	Montaje de árbol de levas.	4	
56	Instalación de seguidores y galería principal.	6	
57	Montaje y alineamiento de culatas.	16	
58	Montaje de Housing posterior, reten, Hub y volante.	4	
59	Montaje de Housing delantero inferior, medición entre dientes de ruedas intermedias y árbol de levas.	6	
60	Sincronización de motor, montaje Housing delantero superior y soporte FAN CLUTCH.	18	
61	Instalación de Hub delantero.	4	
62	Instalación de bombas y cajas termostáticas (principal y C.A.C.).	6	
63	Instalación Riel Alta y retorno, cabezal de combustible, bomba de combustible de Alta y baja; líneas de retorno de combusto	16	
64	Armado y montaje de balancines y varillas de balancines.	10	
65	Montaje de C.A.C.	2	
66	Afinamiento de motor.	4	
67	Instalación de Inyectores y cañerías de combustible de alta.	8	
68	Armado y montaje de cabezal de filtro, soporte y centrifugo.	6	
69	Instalación de múltiples de agua, tuberías de C.A.C., múltiples de escape, flexibles y turbos.	24	
70	Montaje ECM, sensores y arnés (inyectores, potencia, etc.).	8	
71	Armado de cárter.	4	
72	Montaje de bomba de aceite, maniobra de izaje de motor e instalación de cárter.	10	
73	Instalación de tapas de inspección y tapa de balancines.	4	
74	Instalación de compresora, conexiones, múltiples de admisión, filtros de aceite y tensión de faja.	8	
75	Montaje de Dämper, polea y fan Clutch con accesorios.	8	
76	Instalación de motor en dinamómetro.	25	
77	Prueba de motor.	9	
78	Desmontaje de motor del dinamómetro.	12	
79	Pintado de motor.	12	
80	Preparación para envío.	12	
81	Lavado, evaluación y devolución de cores.	8	
82	Informe Final de Reparación	4	

Anexo 6: Indicadores anteriores a la implantación del sistema SMED

Cumplimiento General Antes						
Eficacia General Antes						
MES	N° MOTOR	DIAS PROGRAMADOS	DIAS REALES	DIAS DE RETRASO	% Cumplimiento	EFICACIA MENSUAL
MARZO	1	22	25	3	88%	88.0%
	2	22	25	3	88%	
	3	22	25	3	88%	
ABRIL	1	22	25	3	88%	88.0%
	2	22	25	3	88%	
	3	22	25	3	88%	
MAYO	1	22	25	3	88%	86.9%
	2	22	26	4	85%	
	3	22	25	3	88%	
JUNIO	1	22	25	3	88%	88.0%
	2	22	25	3	88%	
	3	22	25	3	88%	
					TOTAL	87.72%

Cumplimiento General Despues						
Eficacia General Despues						
MES	N° MOTOR	DIAS PROGRAMADOS	DIAS REALES	DIAS DE RETRASO	% Cumplimiento	Cumplimiento MENSUAL
JULIO	1	22	24	2	92%	91.67%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	24	2	92%	
AGOSTO	1	22	24	2	92%	91.67%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	24	2	92%	
SEPTIEMBRE	1	22	24	2	92%	93.00%
	2	22	24	2	92%	
	3	22	23	1	96%	
OCTUBRE	1	22	23	1	96%	95.65%
	2	22	23	1	96%	
	3	22	23	1	96%	
					TOTAL	93.00%

Anexo 7: Situación previa del área del lavado

Eficiencia Lavado Antes						
Eficiencia de Lavado Antes						
MES	N° MOTOR	HORAS PROGRAMADAS	HORAS REALES DE LAVADO	HORAS DE RETRASO	% EFICIENCIA	EFICACIA LAVADO
MARZO	1	256	291.5	35.5	88%	88.33%
	2	256	286.5	30.5	89%	
	3	256	291.5	35.5	88%	
ABRIL	1	256	289	33	89%	89.26%
	2	256	287.5	31.5	89%	
	3	256	284	28	90%	
MAYO	4	256	287.5	31.5	89%	88.69%
	5	256	288	32	89%	
	6	256	290.5	34.5	88%	
JUNIO	7	256	301.5	45.5	85%	87.87%
	8	256	286	30	90%	
	9	256	287	31	89%	
TOTAL						88.54%

Eficiencia Lavado Despues						
Eficiencia de Lavado Despues						
MES	N° MOTOR	HORAS PROGRAMADAS	HORAS REALES DE LAVADO	HORAS DE RETRASO	% EFICIENCIA	EFICIENCIA LAVADO
JULIO	1	256	288.5	32.5	89%	88.9%
	2	256	289	33	89%	
	3	256	286.5	30.5	89%	
AGOSTO	1	256	282	26	91%	91.8%
	2	256	279	23	92%	
	3	256	276	20	93%	
SEPTIEMBRE	1	256	276	20	93%	92.9%
	2	256	275.5	19.5	93%	
	3	256	275	19	93%	
OCTUBRE	1	256	270	14	95%	95.6%
	2	256	267.5	11.5	96%	
	3	256	265.5	9.5	96%	
TOTAL						92.3%

Cumplimiento Lavado Antes						
Eficacia de Lavado Antes						
MES	N° MOTOR	DIAS PROGRAMADOS	DIAS REALES DE LAVADO	DIAS DE RETRASO	% Cumplimiento	Cumplimiento LAVADO
MARZO	1	6	8	2	75%	75.0%
	2	6	8	2	75%	
	3	6	8	2	75%	
ABRIL	1	6	8	2	75%	75.0%
	2	6	8	2	75%	
	3	6	8	2	75%	
MAYO	4	6	8	2	75%	75.0%
	5	6	8	2	75%	
	6	6	8	2	75%	
JUNIO	7	6	8	2	75%	75.0%
	8	6	8	2	75%	
	9	6	8	2	75%	
TOTAL						75.0%

Cumplimiento Lavado Despues						
Eficacia de Lavado Despues						
MES	N° MOTOR	DIAS PROGRAMADOS	DIAS REALES DE LAVADO	DIAS DE RETRASO	% Cumplimiento	Cumplimiento LAVADO
JULIO	1	6	8	2	75%	75.0%
	2	6	8	2	75%	
	3	6	8	2	75%	
AGOSTO	1	6	8	2	75%	82.1%
	2	6	7	1	86%	
	3	6	7	1	86%	
SEPTIEMBRE	4	6	7	1	86%	85.7%
	5	6	7	1	86%	
	6	6	7	1	86%	
OCTUBRE	7	6	7	1	86%	85.7%
	8	6	7	1	86%	
	9	6	7	1	86%	
TOTAL						82.1%

Anexo 8: Fotos del proceso de Lavado



Anexo 9: diagrama de operacionalización

SISTEMA SMED para incrementar la productividad en la reparación de motores en la empresa MTU PERU										
Preguntas de Investigación	Objetivos	Hipotesis	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones		Indicadores	Escala de Indicadores	Metodología
General	General	Principal	(Independiente) Sistema SMED	Según Shigeo Shingo (2006) este sistema se concibió a lo largo de 19 años siendo el resultado riguroso de la mejora del proceso de preparación de maquinas(p.34).	Para la aplicación del sistema SMED se elaboraran estándares de las actividades internas y externas que seran medidas segun su tiempo de preparación, para finalizar con la mejora continua dentro del area de producción.	Tiempo estándar de reparación		$TS= TN(1+S)$ $Tn= Tiempo normal$ $S= suplementos$	Razón	Recolección de datos
Especificos	Especificos	Secundarios				Actividades internas	Disponibilidad			
						Actividades externas	Rango de Actividades Externas	$X = \frac{Actividades Externas}{Act.Internas+Act.externas} \times 100\%$	Razón	Recolección de datos
¿Cómo el sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?	Determinar cómo el sistema SMED incrementara la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.	El sistema SMED incrementa la productividad en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.								
• ¿Cómo el sistema SMED incrementa el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?	• Establecer como el sistema SMED incrementara el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.	• El sistema SMED incrementa el cumplimiento en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.								
• ¿Cómo el sistema SMED incrementa la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019?	• Establecer como el sistema SMED incrementara la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.	• El sistema SMED incrementa la eficiencia en la reparación de los motores 16V4000 en la empresa MTU Lima-2019.	(Dependiente) Medición de la productividad	Según David Medianero(2016), esta sera una comparación entre los productos e insumos. Esta comparación se puede realizar en terminos fisico o monetarios, en todos estos casos la productividad llega a ser una medida de eficiencia.	La investigación se fundamenta en el estudio de la variable productividad que se medira mediante el numero de motores reparados y el tiempo de reparación que se dedicara a cada motor.	Productividad		$X = \frac{Dias programados}{Dias reales utilizados} \times 100\%$	Razón	Recolección de datos
							Eficiencia	$X = \frac{Horas programadas}{Horas reales utilizadas} \times 100\%$	Razón	Recolección de datos

Anexo 10: Historia de la empresa

En el año 2000 se realiza el cambio de nombre a Detroit Diesel MTU Perú para reflejar en su totalidad el producto que comercializa y en el año 2001 se decide comercializar la línea de filtros Donaldson.

En el año 2015, luego de grandes esfuerzos se logra crear la Unidad de Negocio de Componentes Electromecánicos, donde en el 2017 se logra culminar el levantamiento de las instalaciones del nuevo Centro de Reparación de Tren de Potencia, orientado a la reparación de componentes de camiones eléctricos

En estos últimos años la minería nos ha reportado ganancias de tal manera que en el taller se concentran las reparaciones de los motores de las diferentes minas, tales como: Toquepala, Cuajone, Antapaccay, Antamina y las Bambas, dentro de las cuales se ha destinado un grupo de técnicos para el soporte en mina.

Así mismo en los últimos años se ha logrado impulsar la venta de grupos electrógenos en el sector industrial y construcción.

LOCALIZACIÓN: Detroit Diésel MTU Perú S.A.C., se encuentra ubicado en Lima, en la Avenida Argentina – zona industrial.

Misión

“Proveer productos y servicios de la más alta calidad y tecnología, garantizando un servicio postventa eficaz de acuerdo a las exigencias del cliente.

Generar valor para todos los miembros de la empresa y contribuir al desarrollo profesional de nuestros colaboradores”.

Visión

Ser reconocidos como el mejor socio estratégico en generación y transmisión de potencia, en todos los sectores productivos, logrando generar mayor rentabilidad en sus procesos.

Descripción General de la Empresa

Detroit Diesel – MTU Perú S.A.C. inicia sus actividades en 1962 con el nombre de Repuestos Diesel S.A. (REDISA), cuya actividad comercial principal consistía en la comercialización de repuestos para motores Diesel

En la actualidad las actividades principales son:

- Venta de motores Detroit Diesel, MTU y de sus repuestos.
- Venta de baterías AC Delco y Delkor.
- Venta de filtros Donaldson.
- Servicios de instalación, mantenimiento y reparación de los motores que comercializamos, así como repuestos originales.
- También brinda servicio de asesoría y servicio técnico en la venta de baterías y filtros.
- Venta y servicio de grupos electrógenos.
- Venta y reparación de componentes de camiones mineros.

Cuenta con un taller de operaciones de 5000 metros cuadrados, techado y climatizado; contando con herramientas y equipos de tecnología avanzada, el cual incluye Dinamómetros de 2500 y 4000 HP; laboratorio de inyección y computadoras para la evaluación, reprogramación de motores de control electrónico, área de venta y reparación de componentes.

Nuestro personal cuenta con la capacitación de MTU – DETROIT DIESEL, quien respalda y garantiza nuestras operaciones en los servicios que brindamos.

Poseemos y mantenemos vigente el Certificado ISO 9001:2008; a través de un Sistema de Gestión de la Calidad, acreditando que nuestras operaciones están orientadas hacia la satisfacción total del cliente y cumple con las expectativas de la empresa a través de inspecciones, ensayos, control de instrumentos, control de procesos, auditorías internas de calidad, hasta revisiones por la dirección y el control de servicio prestado.

Anexo 12: Valores Corporativos

VALORES CORPORATIVOS

- **RESPETO:** Consideramos esencial el respeto para poder habitar en armonía tanto interna como externamente.
- **INTEGRIDAD:** Realizando todas nuestras acciones con la misma rectitud y apego a nuestros principios.
- **VOCACIÓN DE SERVICIO:** Buscamos brindar una excelente calidad en todos nuestros servicios.
- **TRABAJO EN EQUIPO:** Creemos fielmente que la unión hace la fuerza, por eso trabajamos unidos hacia una visión común.
- **COMPROMISO:** Ponemos al máximo nuestras capacidades para cumplir con el desarrollo de las tareas encomendadas.
- **INNOVACIÓN:** Estamos siempre en busca de cambiar, mejorar, de evolucionar.

Anexo 13: Evidencia del mantenimiento

FOTOS DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA MTU



Anexo 14: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA REPARACION DEL MOTOR

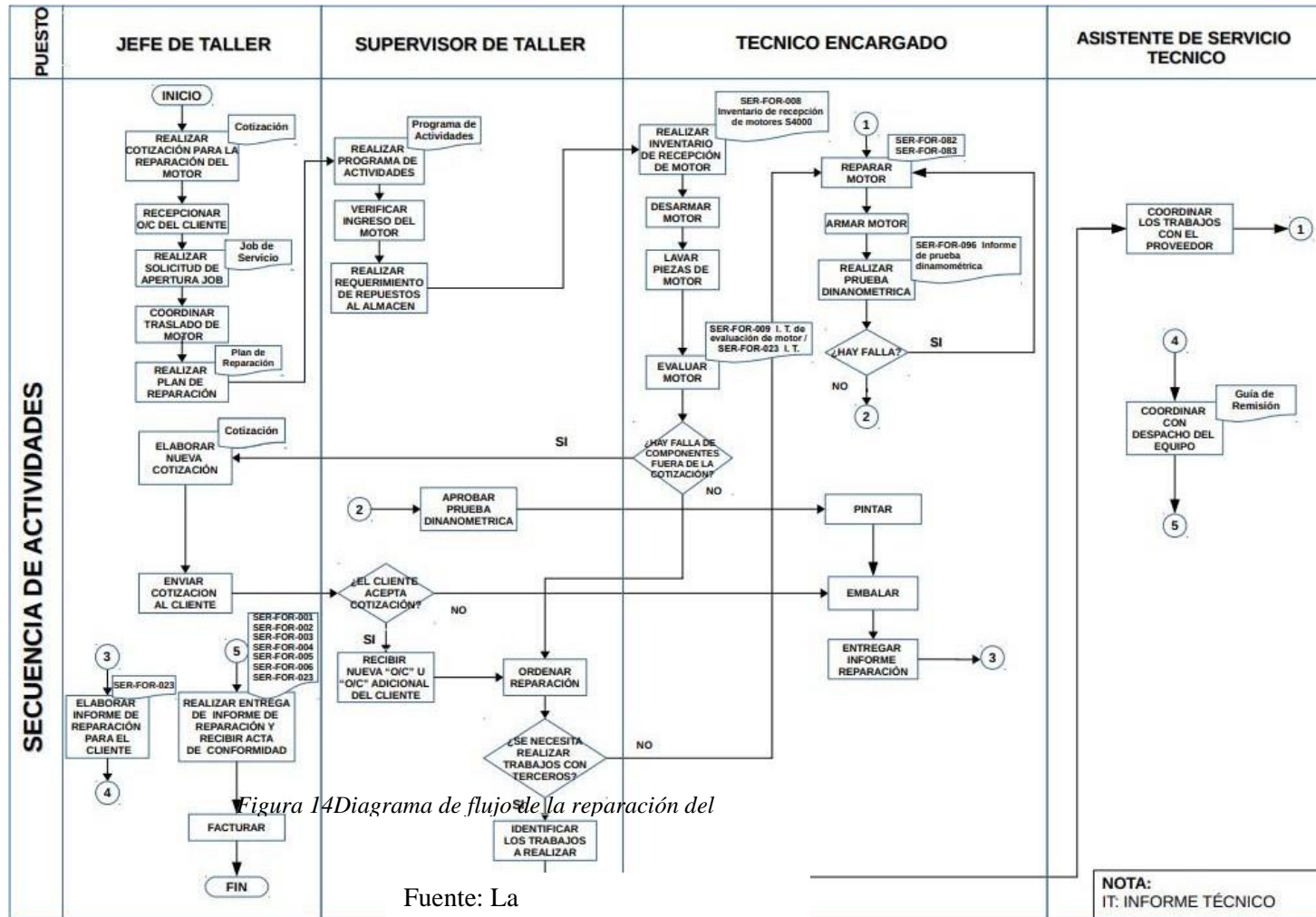


Figura 14 Diagrama de flujo de la reparación del

Fuente: La

Anexo 15: Política de la empresa



Versión: 07

Lima, 14 de enero del 2019

POLÍTICA INTEGRADA DE CALIDAD, SEGURIDAD, SALUD EN EL TRABAJO Y MEDIO AMBIENTE

Detroit Diesel MTU Perú S.A.C., empresa peruana con más de 50 años en el mercado nacional, dedicada a la comercialización de motores Detroit Diesel, MTU, componentes de camiones mineros, repuestos y servicios de mantenimiento y reparación de los mismos, así como a la venta y servicio de grupos electrógenos, baterías y filtros, se compromete a:

- Brindar productos y servicios que sean reconocidos por su calidad en los sectores industriales y económicos de producción, minería, marino y generación de energía.
- Basar nuestras actividades en la Norma ISO 9001, en nuestros procedimientos y políticas internas, así como los establecidos en el Sistema Integrado de Gestión.
- Realizar nuestras actividades, orientadas hacia la satisfacción de nuestros clientes y partes interesadas.
- Cumplir la normas internas y requisitos legales aplicables a nuestra organización en materia laboral, Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Mejorar continuamente la eficacia del Sistema de gestión de Calidad, Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente.
- Realizar programas de capacitación en las siguientes materias: conocimientos técnicos, Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, enfocados en el desarrollo de las competencias de nuestros colaboradores.
- Prevenir las lesiones y enfermedades en nuestros trabajadores, a través de la implementación de medidas de control en los procesos y actividades dirigidas a todos los miembros de nuestra empresa.
- Realizar actividades de prevención, reducción o mitigación de la contaminación y cualquier aspecto ambiental negativo que se pueda producir como resultado de los trabajos que realizamos.
- Participar y consultar a los trabajadores y sus representantes en todos los elementos del Sistema de Gestión de Calidad, Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente.
- Cumplir con los lineamientos establecidos en nuestra Política antifraude y corrupción.

Carlos Salhuana Paredes
Gerente General

Anexo 16: Mejoras mediante diferencia en operaciones

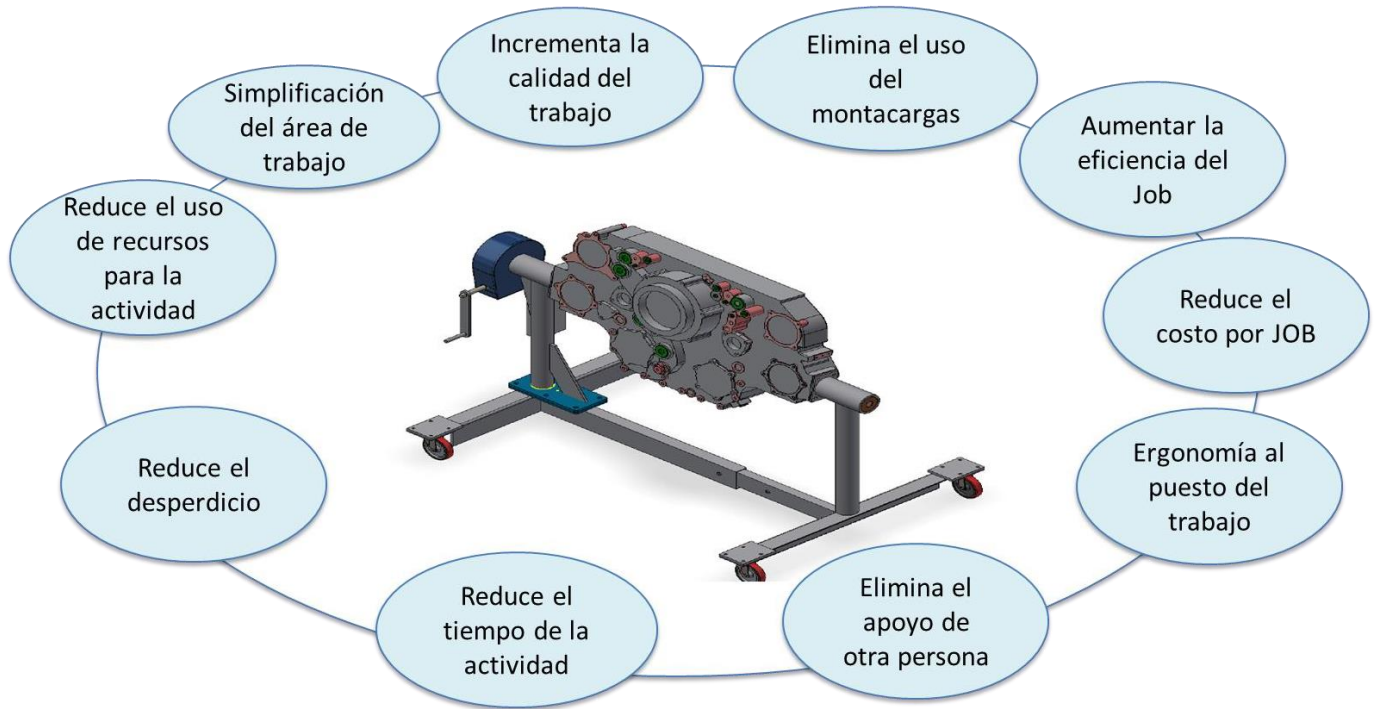
Antes

Registro de operaciones-Lavado				
Separar actividades internas y externas				
Nr de actividad	Descripción	tiempo(mnts)	Actividades	
			Internas	Externas
1	TRAER GRUA Y DESMONTAR DE BASE GIRATORIA		x	
2	TRAER MONTACARGA Y TRANSPORTAR AL LAVADERO		x	
3	TRAER COMBUSTIBLE Y MATERIALES		x	
4	TRAER HERRAMIENTA PARA ASENTAR ENCAJE DE CAMISAS		x	
5	RECORRER MACHOS M20		x	
6	LAVAR MONOBLOCK			x
7	TRAER ESLINGAS Y GIRAR EL BLOCK		x	
8	LAVAR Y PULVERIZAR MONOBLOCK			x
9	TRAER MONTACARGA Y LLEVARLO AL TALLER		x	
10	TRAER GRUA Y COLOCAR BLOCK EN GIRADOR		x	
11	LIMPIEZA Y ACABADO DE BLOCK			x
12				
		732		

Después

Registro de operaciones-Lavado				
Separar actividades internas y externas				
Nr de actividad	Descripción	tiempo(mnts)	Actividades	
			Internas	Externas
1	COLOCAR CASCAMOS Y ESLINGAS			x
2	IZAR HOUSING			x
3	COLOCAR EN HERRAMIENTA			x
1	TRASLADO AL LAVADERO		x	
1	TRAER COMBUSTIBLE PARA LAVADO		x	
1	PRE-LAVADO DE HOUSING			x
1	HECHAR AGUA CON KARCHER			x
1	LAVADO DE HOUSING			x
1	LAVAR E INSPECCIONAR HOUSING			x
1	PULVERIZAR			x
1	HECHAR AIRE Y VERIFICAR LIMPIEZA			x
1	LLEVAR HOUSING		x	
1	MOVER BASE A SITIO INDICADO		x	
1	IZAR HOUSING			x
1	EMBALAR HOUSING			x
1	COLOCAR SOBRE BASE			x
1	DEJA GRUA EN SU SITIO		x	
		352		

Anexo17: Herramienta utilizada



Antes

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo
Operación		20	251	34%
Transporte		17	81	11%
Operación Comb.		3	370	51%
Demora		3	30	4%
Inspección		0	0	0%
Almacenamiento		0	0	0%
TOTAL		43	732	100%
























Después

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo
Operación	●	20	70	20%
Transporte	➔	17	32	9%
Operación Comb.	■	3	250	71%
Demora	⏸	3	0	0%
Inspección	■	0	0	0%
Almacenamiento	▼	0	0	0%
TOTAL		43	352	100%

Anexo18: DAP Anterior

		DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS - DAP (ACTUAL)						
EMPRESA	DETROIT DIESEL MTU PERU SAC		CUADRO DE RESUMEN					
PROCESO	LAVADO DE HOUSING		Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo	
REALIZADO POR	ALQUI EVANAN NELSON F RANKLIN		Operación	●	20	251	34%	
HORARIO DE TRABAJO	8:30 AM - 17:00 PM		Transporte	➡	17	45	1%	
DATOS DEL PROCESO			Operación Comb.	■	3	370	5%	
Tiempo total del ciclo del proceso (horas):	720		Demora	⬇	3	30	4%	
Almacenamiento			Inspección	■	0	0	0%	
Tiempo del proceso que Genera Valor:	86%		Almacenamiento	▼	0	0	0%	
Tiempo del proceso que NO Genera Valor:	14%		TOTAL		45	732	100%	
PROCESO	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	SIMBOLO					TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
LAVADO DE HOUSING	AFLOJAR PERNOS DE HOUSING	●					5	SEGUN PROCEDIMIENTO
	COLOCAR ESLINGAS O CANCAMOS	●					2	CANCAMOS M12
	TRAER GRUA		➡				5	
	PRESENTAR GRUA PARA EL DESMONTAJE	●					2	
	DESMONTAR PERNOS DE HOUSING	●					10	
	GOUPAR HOUSING CON MARTILLO DE GOMA	●					10	
	IZAR HOUSING	●					5	
	TRASLADAR BASE A SITIO		➡				2	
COLOCAR HOUSING EN BASE PARA DESMONTAR RUEDAS Y COMPONENTES		➡				5		
DESARMAR HOUSING	●					60		
COLOCAR CANCAMOS Y ESLINGAS	●					5		
BUSCAR PARIHUELA		➡				5		
IZAR HOUSING	●					5		
COLOCAR EN PARIHUELA		➡				2		
BUSCAR ESTOKA		➡				5		
TRASLADO AL LAVADERO		➡				5		
SOLICITAR MONTACARGA Y OPERADOR			⬇			10		
IZAR HOUSING	●					10		
SUMERGIR HOUSING AL ACIDO	●					20		
SOLICITAR OPERADOR Y MONTACARGA			⬇			10		
SACAR HOUSING DEL ACIDO	●					20		
TRAER MATERIALES DE LAVADO		➡				5		
TRAER COMBUSTIBLE PARA LAVADO		➡				10		
PRE-LAVADO DE HOUSING	●					20		
HECHAR AGUA CON KARCHER	●					10		
LAVADO DE HOUSING				■		180		
SOLICITAR APOYO DE UN TECNICO		➡				5		
VOLTEAR HOUSING	●					5		
LAVAR E INSPECCIONAR HOUSING				■		180		
SOLICITAR APOYO PARA LEVANTAR HOUSING CON MONTACARGA			⬇			10		
TRAER GRILLETES Y ESLINGAS		➡				5		
OPERADOR LEVANTAR Y MANTENER HOUSING SUSPENDIDO	●					30		
PULVERIZAR	●					20		
HECHAR AIRE Y VERIFICAR LIMPIEZA				■		10		
BUSCAR PARIHUELA Y ESTOKA		➡				5		
COLOCAR HOUSING EN PARIHUELA	●					2		
LLEVAR HOUSING		➡				5		
MOVER BASE A SITIO INDICADO		➡				5		
IZAR HOUSING	●					5		
BUSCAR BOLSA DE EMBALAJE		➡				5		
EMBALAR HOUSING	●					5		
COLOCAR SOBRE BASE		➡				5		
DEJAGRUA EN SU SITIO		➡				2		
TOTAL						732		

Anexo19: DAP Mejorado

		DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS - DAP (MEJORADO)							
EMPRESA	DETROIT DIESEL MTU PERU SAC		CUADRO DE RESUMEN						
PROCESO	LAVADO DE HOUSING		Actividad	Símbolo	Estadísticas	Minutos	(%) Tiempo		
REALIZADO POR	AUIQUI EVANAN NELSON FRANKLIN		Operación		20	70	20%		
HORARIO DE TRABAJO	8:00 AM - 17:00 PM		Transporte		17	32	9%		
DATOS DEL PROCESO			Operación Comb.		3	250	71%		
			Demora		3	0	0%		
Tiempo total del ciclo del proceso (horas):			Inspección		0	0	0%		
Tiempo del proceso que Genera Valor:			#¡DIV/0!	%	Almacenamiento		0	0	0%
Tiempo del proceso que NO Genera Valor:			#¡DIV/0!	%	TOTAL	43	352	100%	
PROCESO	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	SIMBOLO						TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
	COLOCAR CASCAMOS Y ESLIGAS							5	
	IZAR HOUSING							5	
	COLOCAR EN HERRAMIENTA							5	
	TRASLADO AL LAVADERO							5	
	TRAER COMBUSTIBLE PARA LAVADO							10	
	PRE-LAVADO DE HOUSING							20	
	HECHAR AGUA CON KARCHER							5	
	LAVADO DE HOUSING							120	
	LAVAR E INSPECCIONAR HOUSING							120	
	PULVERIZAR							20	
	HECHAR AIRE Y VERIFICAR LIMPIEZA							10	
	LLEVAR HOUSING							5	
	MOVER BASE A SITIO INDICADO							5	
	IZAR HOUSING							5	
	EMBALAR HOUSING							5	
	COLOCAR SOBRE BASE							5	
	DEJA GRUA EN SU SITIO							2	
TOTAL								352	5.866667

Anexo 20: Modelos de Gantt en la reparación

		JUNIO											JULIO																				
Días de la semana		mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue		
Actividades		Días	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Desarmado de motor		4	■	■	■	■	■	■					■	■					■	■						■	■						
Desmontaje de Housing		2							■	■			■	■																			
Lavado de BLOCK		3									■	■	■																				
Lavado de componentes externos y perno		3													■	■	■																
Evaluación de componentes externos		2																■	■														
Armado de motor		6																				■	■	■	■	■	■						
Prueba de motor, pintado y entrega		2																															
TOTAL		22	Comienza el día 19/06/aa y termina el día 18/07/aa																														

Las actividades no cumplen la fecha establecida excediéndose 3 días.

		Julio											Julio																			
Días de la semana		lun	mar	mié	jue	vie	sáb	###	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	###	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	###	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	###	lun	mar	
Actividades		Días	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Desarmado de motor		4	■	■	■	■	■																									
Desmontaje de Housing		2									■	■																				
Lavado de BLOCK		3																														
Lavado de componentes externos y perno		3																														
Evaluación de componentes externos		2																														
Armado de motor		6																														
Prueba de motor, pintado y entrega		2																														
TOTAL		22	Comienza el día 01/07/aa y termina el día 30/07/aa																													

Las actividades redujeron la demora de sus días a solo 1 día.

Anexo 21: Detalles técnicos de la pistola neumática

IGARDI HERRAMIENTAS S.A.

Av. Javier Prado Este # 1131 Lima 13 - PERU Teléfono: (01) 207- 4660 Fax: 224-8510 RUC : 20100296439

Lima, 24 de Junio de 2019

Señores : DETROIT DIESEL-MTU PERU S.A.C.
Ruc : 20100020441
Dirección : AV. ARGENTINA NRO. 2020 Z.I. ZONA INDUSTRIAL - LIMA - LIMA -
 Telefono : 336-8107 / Fax : 336-8102
Atención : Emmanuel Rodríguez A.

COTIZACION

005-223485

Página : 1

Condiciones : Factura 30 días

Requerimiento :

Lugar de Entrega :

De acuerdo a su amable solicitud, cotizamos lo siguiente :

ITEM	CANT.	CODIGO	IT. REQ.	DESCRIPCION	TIEMPO DE ENTREGA	P. LISTA USD\$	DCTO. %	P.UNIT USD\$	VALOR USD\$
1	1.00	CT8850		LLAVE DE IMPACTO INALAMBRIICO DE 1/2" 18V.BATERIA LITHIUM TORQUE 600LB/PIE 813NM - SNAP-ON	INMEDIATA	779.83	18.00	639.46	639.46
2	1.00	PT850		LLAVE DE IMPACTO NEUMATICA DE 1/2" TORQ. MAX. 810 LB/PIE - SNAP-ON	INMEDIATA	578.09	18.00	474.03	474.03

Subtotal	USD\$	1357.92
Descuento	USD\$	244.43
Valor de Venta	USD\$	1113.49
IGV 18 %	USD\$	200.43
TOTAL	USD\$	1313.92

ATT.

ALVARO CASTRO

CEL. ANEXO
IGARDI HERRAMIENTAS S.A.

Banco Scotiabank : ME \$ Cta. Cte # 0170101 MN Cta. Cte. # 5821266
 Banco Interbank : ME \$ Cta. Cte # 041-3000620156 MN Cta. Cte. # 041-3000645761
 Banco de Crédito : ME \$ Cta. Cte. # 191 - 0742947 - 1 - 23 MN Cta. Cte. # 191 - 0450302 - 0 - 0
 Banco Continental : ME \$ Cta. Cte # 0011 - 0910 - 01 - 00078748

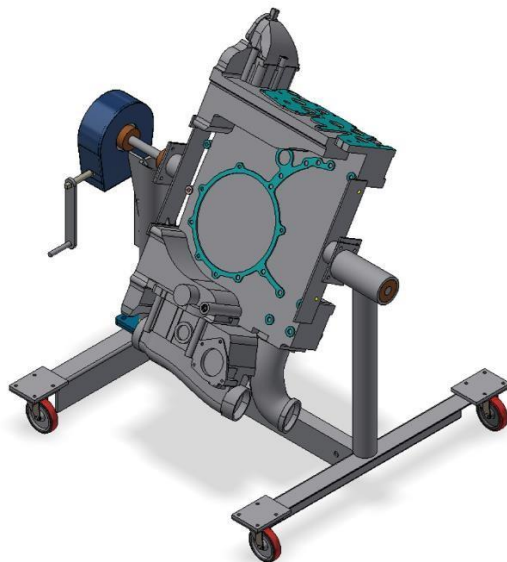
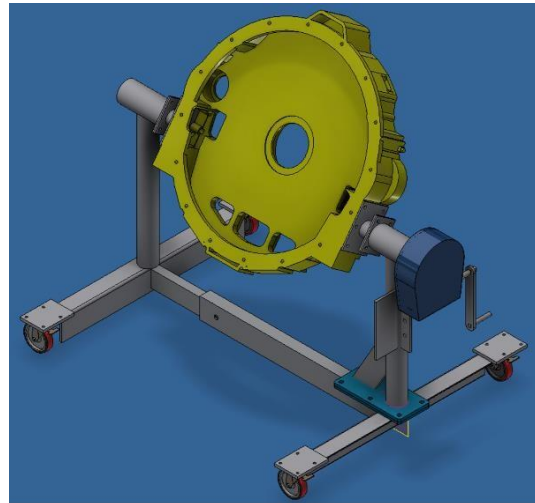
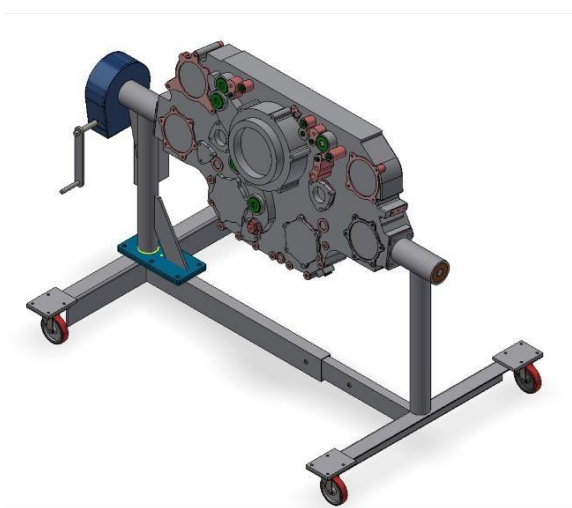
Presupuesto

LLAVE DE IMPACTO DE 1/2 18V



Tipo de Batería	MonsterLithium 4.0 Ah
Salida de par, ft-lb (N • m)	600 (813)
Golpes Por Minuto, BPM	2,280
Tiempo de carga (minutos)	90
Altura con batería, pulgadas (mm)	10.2 (259)
Batería (cantidad)	CTB8187 (no incluido)
Altura, pulgadas (mm)	7.7 (195)
Garantía (batería)	-
Velocidad libre, RPM	1.900
Tamaño del motor	48 mm
Peso con batería, lb (kg)	7.3 (3)
Versión de cambio rápido de mandril (tamaño hexagonal de mandril)	CT8850QC (7/16 ")
Bota protectora opcional	CT8850BOOT
Longitud, pulgadas (mm)	9.6 (244)
Ruido de apriete del perno, ft-lb (N • m)	700 (949)
Peso, lb (kg)	6.9 (3.1)
Garantía (herramienta y cargador)	1 año
Tipo de yunque	Anillo de fricción
Voltaje de la batería	18
Cargador de batería	CTC131 (no incluido)
Tracción cuadrada, pulgadas (mm)	1/2 (13)

Anexo 22: Detalles técnicos Herramienta lavado de Housing



Anexo 23: Mejoras en los tiempos totales con las herramientas automáticas

Registro de operaciones			Actividades	
	Descripción	Tiempo(horas-h)	Internas	Externas
Desarmado	Desmontajes		x	
	Descargas		x	
	Maniobras			x
Armado	Montajes		x	
	Armados de Housing			x
	Instalación		x	
	Total	442	100	342

Registro de operaciones			Actividades	
	Descripción	Tiempo(horas-h)	Internas	Externas
Desarmado	Desmontajes		x	
	Descargas		x	
	Maniobras			x
Armado	Montajes		x	
	Armados de Housing			x
	Instalación		x	
	Total	400	100	300

Anexo 24: Resumen de productividad Antes-Actual

Mes	Eficacia	Eficiencia	Productividad	Productividad A
Marzo	88.00%	89.76%	78.99%	78.24%
	88.00%	89.18%	78.47%	
	88.00%	87.80%	77.27%	
Abril	88.00%	87.94%	77.39%	77.38%
	88.00%	87.67%	77.15%	
	88.00%	88.18%	77.60%	
Mayo	88.00%	87.85%	77.31%	75.21%
	84.62%	83.89%	70.98%	
	88.00%	87.90%	77.35%	
Junio	88.00%	86.34%	75.98%	76.88%
	88.00%	88.32%	77.72%	
	88.00%	87.43%	76.94%	
Total			76.93%	76.93%

Mes	Eficacia	Eficiencia	Productividad
Julio	91.7%	88.6%	81.18%
	95.7%	88.1%	84.26%
	95.7%	88.3%	84.43%
Agosto	95.7%	89.0%	85.16%
	95.7%	88.8%	84.98%
	91.7%	88.4%	81.00%
Septiembre	91.7%	90.5%	82.95%
	95.7%	90.4%	86.46%
	95.7%	90.0%	86.09%
Octubre	96%	90.0%	86.0%
	96%	90.0%	86.0%
	96%	90.0%	86.0%
Total			84.42%

Anexo 25: Cálculo del tamaño de la población

ESTIMAR UNA MEDIA

Total de la población (N)	18	
(Si la población es infinita, dejar la casilla en blanco)		
Nivel de confianza o seguridad (1- α)	95%	
(El nivel de confianza puede ser al 95% o 99%)		
Precisión (d)	0	0.05
Varianza (S ²)	0	0.0201616
(De la variable cuantitativa que se supone que existe en la población)		
TAMAÑO MUESTRAL (n)	12	

- N = Total de la población
- $Z_{\alpha/2} = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- S² = Varianza de la distribución objetivo
- d = precisión (equivalente a 5%).

Las opiniones de la ciudadanía, acerca de la construcción de un centro de artes interpretativas, podrían ser recolectadas usando una muestra aleatoria estratificada con distritos de votación urbanos como estratos. Las votaciones nacionales suelen comprender alguna forma muestral aleatorio estratificado con estados como estratos.

Se utiliza otra forma muestral aleatorio cuando las unidades muestrales disponibles son grupos de elementos, llamados **conglomerados**. Por ejemplo, una familia es un *conglomerado* de personas que viven juntas. Una manzana o vecindario de una ciudad podrían ser una cómoda unidad muestral y podría ser considerada un *conglomerado* para un plan determinado muestral.

Definición Una muestra de conglomerados es una simple muestra aleatoria tomada de los conglomerados disponibles en la población.

Cuando un conglomerado particular se incluye en la muestra, se toma un censo de cada uno de los elementos del conglomerado.

A veces la población a ser muestreada está ordenada, por ejemplo una lista alfabética de personas con licencias de manejo, una lista de usuarios de la compañía de luz por direcciones de servicio o una lista de clientes por números de cuenta. En estas y otras situaciones, se escoge un elemento al azar de los primeros k elementos y, a continuación, cada k -ésimo elemento de ahí en adelante se incluye en la muestra.

Definición Una muestra aleatoria sistemática 1 en k involucra la selección aleatoria de uno de los primeros k elementos de una población ordenada y luego la selección sistemática de cada k -ésimo elemento de ahí en adelante.

MI CONSEJO
 Todos los planes muestral empleados para hacer inferencias comprenden el proceso aleatorio.

No todos los planes muestrales, sin embargo, comprenden una selección aleatoria. Es probable que usted haya oído de las encuestas telefónicas no aleatorias, en las que las personas que desean expresar apoyo a una pregunta llaman a un "número 900" y los que se oponen llaman a un segundo "número 900". Cada persona debe pagar por su llamada. Es obvio que quienes llaman no representan la población en general. Este tipo muestral es una forma de una **muestra de conveniencia**, es decir, una muestra que se puede obtener de manera fácil y sencilla sin selección aleatoria. Hacer publicidad a personas a quienes se les pagará una cuota por participar en un experimento produce una muestra de conveniencia. El **muestreo de juicio** permite que la persona que haga el muestreo decida quién estará o no incluido en la muestra. El **muestreo de cuota**, en el que la composición de la muestra debe reflejar la composición de la población en alguna característica preseleccionada, con frecuencia tiene un componente no aleatorio en el proceso de selección. **Recuerde que las muestras no aleatorias se pueden describir pero no se pueden usar para hacer inferencias.**

7.2 EJERCICIOS

TÉCNICAS BÁSICAS

7.1 Una población está formada por $N = 500$ unidades experimentales. Use una tabla numérica aleatoria para seleccionar una muestra aleatoria de $n = 20$ unidades experimentales. (SUGERENCIA: Como es necesario usar números de tres dígitos, se pueden asignar dos números de tres dígitos a cada una de las unidades muestrales en la forma ilustrada en la tabla.) ¿Cuál es la probabilidad de que cada unidad experimental sea seleccionada para su inclusión en la muestra?

Unidades experimentales	Números aleatorios
1	001, 501
2	002, 502
3	003, 503
4	004, 504
.	.
.	.
.	.
499	499, 999
500	500, 000

Anexo 27: Evidencia del turnitin

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Título

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

Sistema SMED para incrementar la productividad en la reparación de motores 16v4000 en la empresa MTU lima- 2019

AUTOR(ES):

Auqui Evanan, Nelson Franklin (0000-0003-2387-1143)
Rondan Mamani, Juan Manuel (0000-0001-6753-5817)

ASESOR:

Mg. Ramos Harada Freddy (0000-0002-3619-5140)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LIMA-PERÚ

2019

Resumen de coincidencias

24 %

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	11 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	6 %	>
3	Entregado a Pontificia ... Trabajo del estudiante	1 %	>
4	cybertesis.unmsm.edu... Fuente de Internet	1 %	>
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1 %	>
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
7	www.3ciencias.com Fuente de Internet	<1 %	>
8	Entregado a Uniagustin... Trabajo del estudiante	<1 %	>
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
10	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
11	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	>
12	revistanesquisafanesn	<1 %	>

Página: 1 de 96 Número de palabras: 20322 Text-only Report | High Resolution Activado

Anexo 28: Esquema de la tesis Cuantitativa

Anexo 5. ESQUEMA DE LA TESIS CUANTITATIVA

Carátula

Dedicatoria

Agradecimiento

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Índice

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN

II. MÉTODO

6.1. Tipo y diseño de investigación

6.2. Operacionalización de variables

6.3. Población, muestra y muestreo (incluir criterios de selección)

6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

6.5. Procedimiento

6.6. Método de análisis de datos

6.7. Aspectos éticos

III. RESULTADOS

IV. DISCUSIÓN

V. CONCLUSIONES

VI. RECOMENDACIONES

VII. PROPUESTA (obligatorio Doctorado)


REFERENCIAS.

ANEXOS




ANEXO RESOLUCIÓN RECTORAL N°0089-2019-UCV

Anexo 29: Formato de Control De Reparación.

		HOJA DE RUTA DE REPARACIÓN			Código: SER-FOR-082 Versión:02 F. Emisión: 03/03/16	
JOB: _____		MOTOR N.º: _____		PERSONAL ENCARGADO: _____		FECHA: _____
TIPO DE TRABAJO: _____				CLIENTE: _____		
lt.	ACTIVIDAD	CHECK	Código(s) de Instrumento (s) utilizado(s)	Nombre Técnico Responsable	Observaciones	
1	Fecha y Firma del Inventario					
2	Verificar agujeros roscados, cajas termostáticas, cabeza aceite y housing posterior					
3	Verificar canales de poleas, cañerías combustibles y sus soportes					
4	Verificar N/P y cantidad de Turbos					
5	Bomba de Alta de Combustible en buen estado					
6	Verificar existencia ECMs					
7	Verificar Bomba de aceite Tipo 12V o 16V					
8	Revisión de engranajes Intermedios					
9	Verificar tipo de metales: Biela y escalón	<input type="checkbox"/>				
10	Verificar Tipo de Biela y horas de operación en bujes	<input type="checkbox"/>				
11	Verificar Block con encaje de camisas estándar (E) o en escalón (S)	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S				
12	Verificar tipo de metales de Bancada y escalón: Moderno (M), Antiguo (A) o Escalón (S)	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S				
13	Revisión del Túnel de Bancada y Árbol de Levas					
14	Evaluación del diámetro interno de metales de Bancada instalados					
15	Instalación del cigüeñal					
16	Ajuste de pernos de contrapesa					
17	Evaluación de diámetro interno de camisas instaladas					
18	Evaluación del diámetro de metales de Bielas Instaladas					
19	Armado de Pistones					
20	Armado de Biela y Pistón					
21	Instalación de Pistón y Biela a la camisa					
22	Verificar axial de Biela					
23	Instalación de Housing Posterior, delantero inferior e instalación de culatas					
24	Sincronización de Motor					
25	Instalación de Housing delantero superior					
26	Prueba Hidráulica de CAC					
27	Instalación de Hub Posterior y Delantero					
28	Instalación de inyectores, cañerías retorno combustible					
29	Instalación de enfriadores de aceite					
30	Instalación de Accesorios					
31	Afinamiento					
32	Instalación de Turbos y Flexibles					
33	Instalación de Carter					
34	Prueba dinamométrica; revisión de pernos y abrazaderas de escape					
35	Antes del pintado, muestra aceite, axial e instalaciones abrazaderas "Y" de escape					
36	Revisión y archivo de Informes de reparación, culatas y Accesorios					

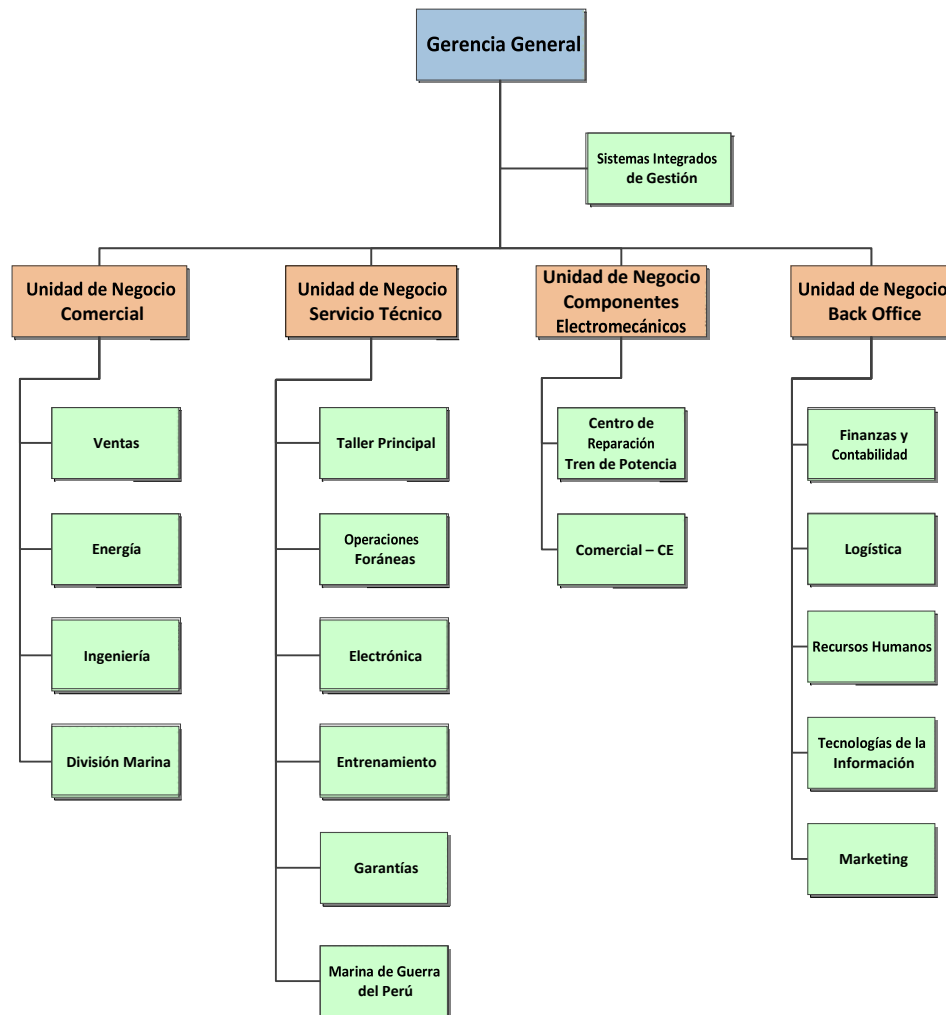
Anexo 30: Formato de Control De Calidad

		HOJADE RUTA CONTROL DE CALIDAD			Código: SER-FOR-082 Versión:01 F. Emisión: 10/07/14	
JOB: _____ MOTOR N.º: _____ PERSONAL ENCARGADO: _____ FECHA: _____						

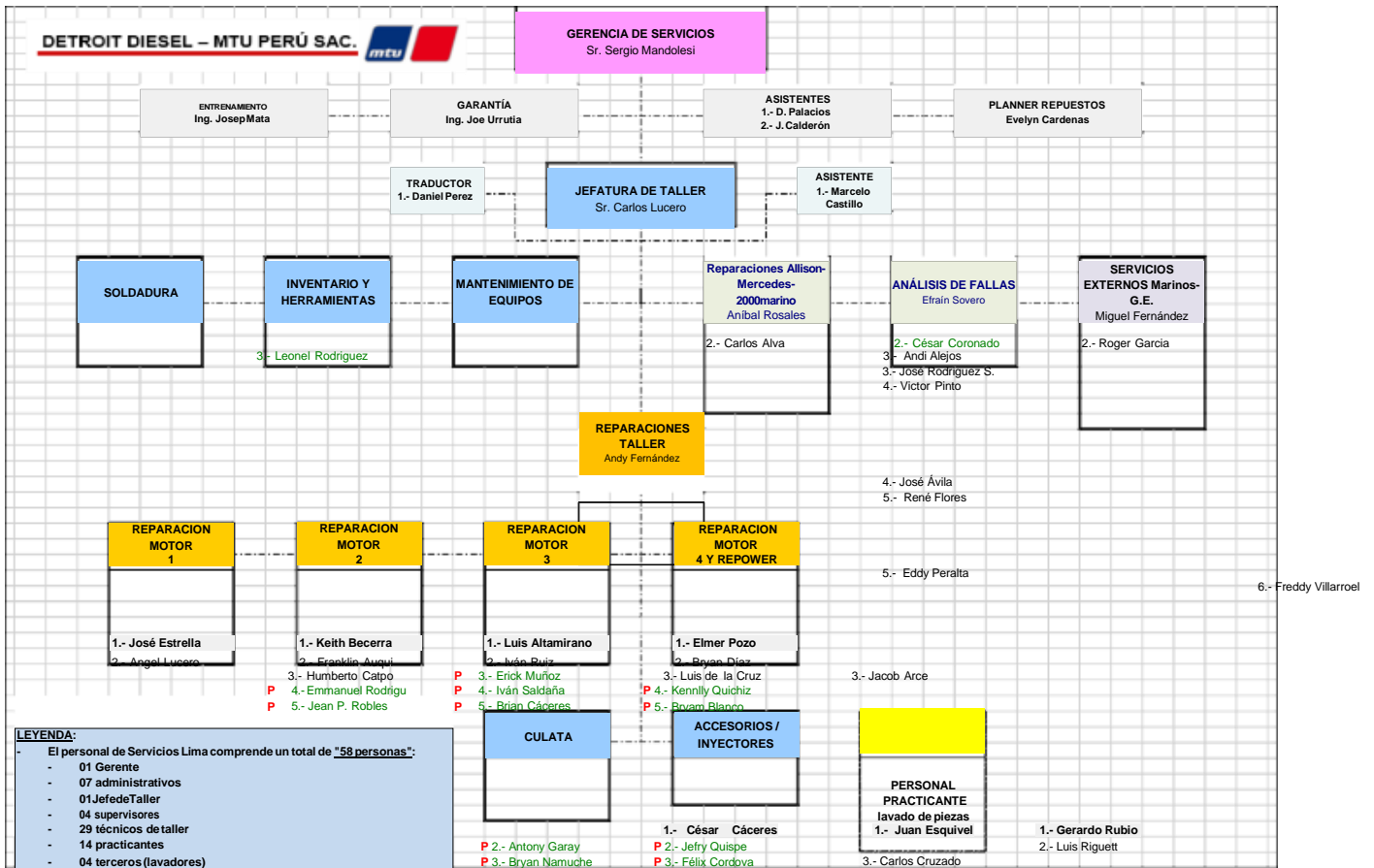
It.	ACTIVIDAD A REVISAR	Si	Observación	Firma Téc.	Firma Enc.	Firma Sup.
1	Fecha y Firma del Inventario					
2	Verificar hilos roscados cajas termostáticas, cabezal aceite y housing posterior					
3	Verificar canales de poleas, cañerías combustibles y sus soportes					
4	N/P y cantidad de Turbos					
5	Bomba de Alta de Combustible en buen estado					
6	ECMs					
7	No se tiene que desmontar cabezal de aceite "lavado parcial"					
8	Se tiene que desmontar polea y damper "lavado parcial"					
9	Bomba de aceite Tipo 12V o 16V					
10	Revisión de engranajes Intermedios					
11	Tipo de metales de Biela y escalón					
12	Tipo de Biela y horas de operación en bujes					
13	Tipo de metales de Bancada y esaclón					
14	Evaluación de diámetro interno de camisas instaladas					
15	Evaluación del diámetro de metales de Bielas Instaladas					
16	Armado de corona y Falda de Pistón					
17	Armado de Biela y Pistón					
18	Instalación de Pistón y Biela en camisa					
19	Prueba Hidráulica de CAC					
20	Instalación de Hub Posterior y Delantero; juego axial					
21	Instalación cañerías retorno combustible					
22	Instalación de enfriadores de aceite					
23	Afinamiento					
24	Instalación de Turbos y Flexibles					
25	Después de prueba dinamométrica; revisión de pernos y abrazaderas de escape					
26	Antes del pintado; muestra aceite, axial e instalaciones abrazaderas "Y" de escape					

Anexo 32: Organización de la Empresa

La organización de Detroit Diesel MTU Perú S.A.C, se divide en cuatro Unidades de Negocio las cuales se representan a continuación:




Anexo 33: Descripción del área donde realiza sus prácticas




Fuente: La empresa

Anexo 34: Carta de aceptación de tesis



**DETROIT DIESEL
MTU PERU**

Lima: Av. Argentina 2020 - Telf.: 336 8107
www.ddperu.com.pe



Lima, 21 de noviembre del 2019

Señores:

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - UCV

Atención: Facultad de Ingeniería Industrial

Referencia: Carta de conocimiento y aceptación de tesis


Estimados Señores:

Por medio de la presente hacemos llegar nuestros saludos y a la vez comunicarles que nuestro colaborador el Sr. Nelson Franklin Auqui Evanan, viene realizando un proyecto de investigación titulado: "SISTEMA SMED PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA REPARACIÓN DE MOTORES 16V4000 EN LA EMPRESA MTU.LIMA,2019".



Dicha investigación, además de cumplir con los requisitos y las expectativas de formación y competencia que exige la universidad, aporta positivamente a los objetivos que persigue el área de Servicio Técnico en nuestra compañía.


La investigación cuenta con datos e información verídica de nuestra compañía.


Atentamente,





DETROIT DIESEL MTU PERU S.A.
Lic. MARLENE MORENO RAMÍREZ
JEFE DE RECURSOS HUMANOS

onsite
energy

**YANMAR**

**Allison**
TRANSMISIONES

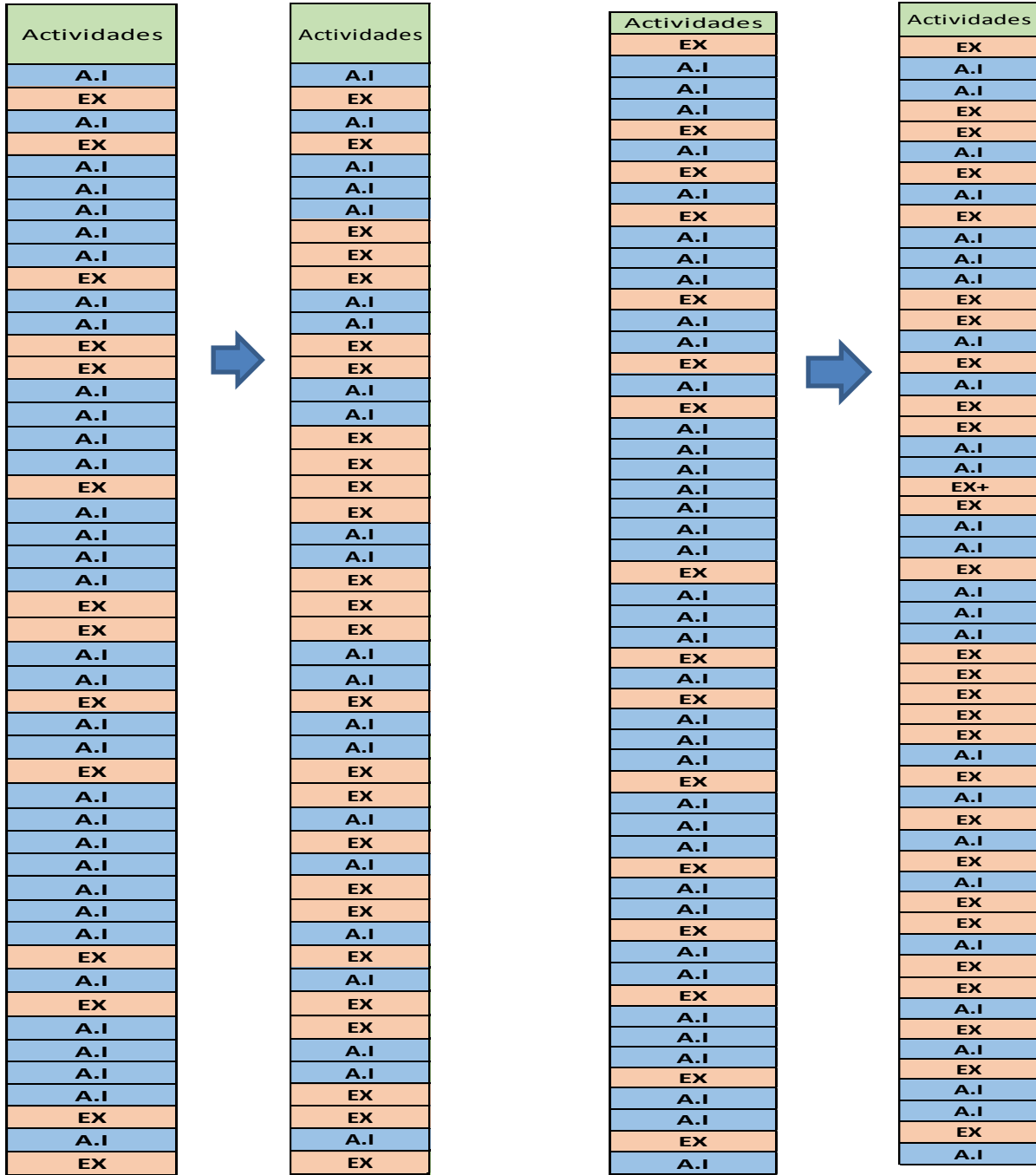
**Donaldson**
FILTROS DE AEROSOL

**ACDelco** **Delko**

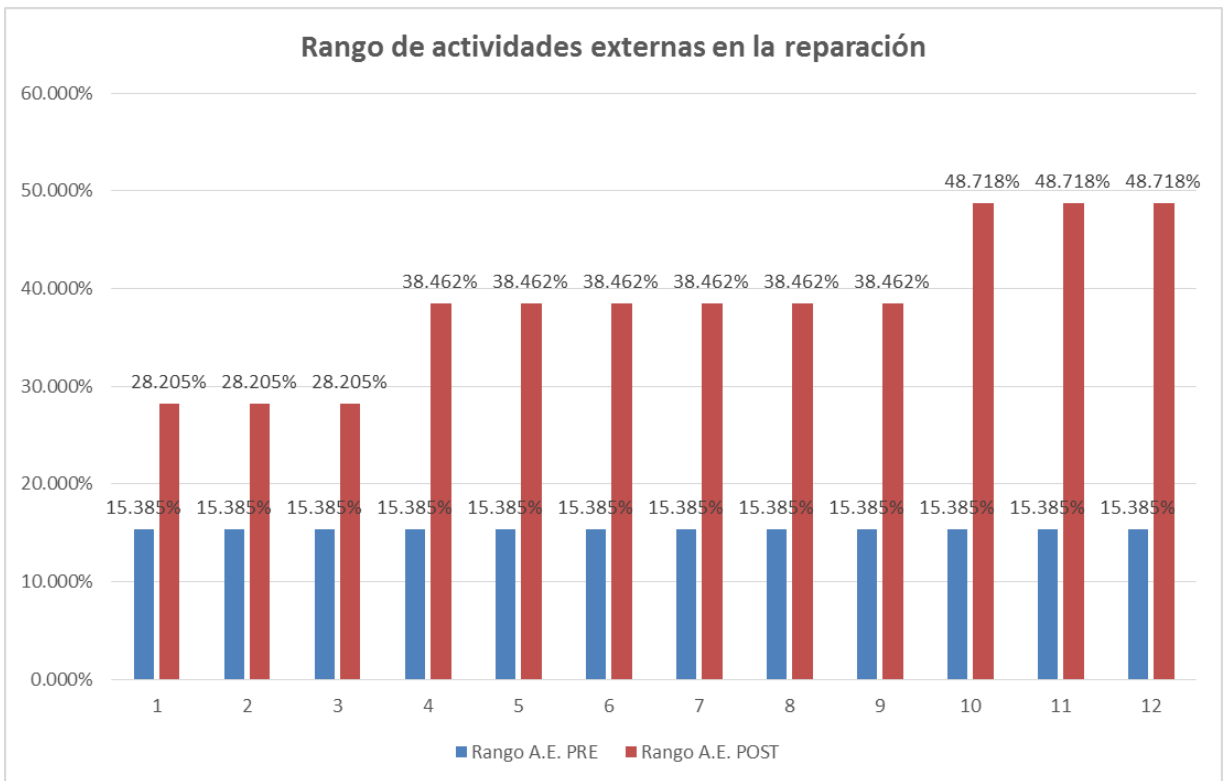
Anexo 35: Resumen de Actividades internas y externas

	Actividades Internas	Actividades Externas	Tiempo de actividades externas
TRAER GRUA	x		
TRAER MONTACARGA		X	0.30
TRANSPORTAR CIGUEÑAL AL LAVADERO	X		
LAVAR CIGUEÑAL Y CONTRAPESAS		X	0.05
TRANSPORTAR CIGUEÑAL AL TALLER	X		
TRAER GRUA Y COLOCAR CIGUEÑAL EN SU BASE	X		
TRAER GRUA Y DESMONTAR DE BASE GIRATORIA	X		
TRAER MONTACARGA Y TRANSPORTAR AL LAVADERO	X		
TRAER COMBUSTIBLE Y MATERIALES	X		
TRAER HERRAMIENTA PARA ASENTAR ENCAJE DE CA		X	0.05
RECORRER MACHOS M20	X		
LAVAR MONOBLOCK	X		
TRAER ESUNGAS Y GIRAR EL BLOCK		X	0.06
LAVAR Y PULVERIZAR MONOBLOCK		X	0.05
TRAER MONTACARGA Y LLEVARLO AL TALLER	X		
TRAER GRUA Y COLOCAR BLOCK EN GIRADOR	X		
LIMPIEZA Y ACABADO DE BLOCK	X		
TRAER MONTACARGA	X		
TRAER BASE PARA COLOCAR HOUSING		X	0.05
TRAER PETROLEO Y MATERIALES	X		
LAVAR HOUSING Y PULVERIZAR	X		
TRAER MONTACARGA Y LLEVAR HOUSING A TALLER	X		
TRAER GRUA Y COLOCAR EN BASES	X		
TRAER MONTACARGA		X	0.08
TRAER BASE PARA COLOCAR HOUSING		X	0.10
TRAER PETROLEO Y MATERIALES	X		
TRAER MONTACARGA Y GIRAR HOUSING	X		
LAVAR HOUSING Y PULVERIZAR		X	0.10
TRAER MONTACARGA Y LLEVAR HOUSING A TALLER	X		
TRAER GRUA Y COLOCAR EN BASES	X		
TRAER MONTACARGA		X	0.15
TRAER BASE PARA COLOCAR HOUSING	X		
TRAER PETROLEO Y MATERIALES	X		
TRAER MONTACARGA Y GIRAR HOUSING	X		
LAVAR HOUSING Y PULVERIZAR	X		
TRAER MONTACARGA Y LLEVAR HOUSING A TALLER	X		
TRAER GRUA Y COLOCAR EN BASES	X		
TRAER COCHE Y LLEVAR AL LAVADERO	X		
TRAER MATERIALES		X	0.10
LAVAR BIELA	X		
TRANSPORTAR A HERRAMIENTA ESPECIAL PARA BIEL		X	0.10
TRAER COCHE Y LLEVAR AL LAVADERO	X		
LAVAR HUB DELANTERO	X		
DESARMAR HUB POSTERIOR	X		
TRAER MATERIALES	X		
LAVAR HUB POSTERIOR		X	0.05
EVALLACION Y ALMACENAJE	X		
TRAER COCHE Y LLEVAR AL LAVADERO		X	0.05
TRAER MATERIALES		X	0.10
LAVAR COMPONENTES	X		
EVALLAR Y ALMACENAR COMPONENTES	X		
TRAER MONTACARGA	X		
LIMPIEZA DE CURVAS		X	0.05
TRAER COMBUSTIBLE Y MATERIALES	X		
LAVAR COMPONENTES		X	0.05
PREPARAR PARIHUELAS	X		
TRAER PETROLEO Y MATERIALES		X	0.10
ESCOBILLAR PIEZAS	X		
LAVAR PIEZAS	X		
LLEVAR Y ORDEAR PIEZAS	X		
TRAER TAPA DE CAC		X	0.10
TRAER PETROLEO Y MATERIALES	X		
LIJAR TAPAS	X		
LAVAR TAPAS		X	0.08
TRAER COCHE Y TRANSPORTAR TAPAS A TALLER	X		
DESMONTAR SOPORTE DE RIEL		X	0.07
TRAER HERRAMIENTAS PARA DESARMAR RIEL	X		
LAVAR Y ASENTAR RIEL	X		
AJUSTAR RIEL	X		
TRAER COCHE Y ALMACENAR EN TALLER	X		
TRAER MATERIALES Y HERRAMIENTAS	X		
DESARMAR CENTRIFUGO	X		
LAVAR Y PULVERIZAR CENTRIFUGO	X		
DESARMAR CABEZAL DE ACEITE		X	0.06
LAVAR Y PULVERIZAR CABEZAL DE ACEITE	X		
DESARMAR CABEZAL DE COMBUSTIBLE	X		
LAVAR CABEZAL DE COMBUSTIBLE	X		
TRAER COCHE Y LLEVAR A TALLER		X	0.08
TRAER MONTACARGA	X		
LIMPIAR BANDEJAS		X	0.09
TRAER COMBUSTIBLE Y MATERIALES	X		
TRAER JABAS	X		
HECHAR AGUA A PRESION	X		
ESCOBILLAR SUCIEDAD DE PERNOS		X	0.06
LAVAR PERNOS Y COLOCAR EN JABAS	X		
LLEVAR A TALLER	X		
HECHAR AGUA A PRESION	X		
TRAER MATERIALES		X	0.10
LAVAR SSCAPES	X		
LLEVAR A PARIHUELA	X		
TRAER MONTACARGA		X	0.05
COLOCAR CARTER EN BASE	X		
TRAER MATERIALES	X		
HECHAR AGUA A PRESION A CARTER		X	0.10
LIJAR Y LAVAR CARTER	X		
TRAER ESTOKA	X		
LLEVAR CARTER A TALLER	X		
LIJAR VOLANTE		X	0.08
HECHAR AGUA A PRESION	X		
LAVAR VOLANTE	X		
LLEVAR VOANTE A TALLER		X	0.10
LLEVAR VOANTE A TALLER	X		

Anexo 36: Actividades diferenciadas



Motores	Antes			Despues		
	Actividades I.	Actividades E.	Rango A.E. PRE	Actividades I.	Actividades E.	Rango A.E. POST
1	33	6	15.385%	28	11	28.205%
2	33	6	15.385%	28	11	28.205%
3	33	6	15.385%	28	11	28.205%
4	33	6	15.385%	24	15	38.462%
5	33	6	15.385%	24	15	38.462%
6	33	6	15.385%	24	15	38.462%
7	33	6	15.385%	24	15	38.462%
8	33	6	15.385%	24	15	38.462%
9	33	6	15.385%	24	15	38.462%
10	33	6	15.385%	20	19	48.718%
11	33	6	15.385%	20	19	48.718%
12	33	6	15.385%	20	19	48.718%



Anexo 37: Fuentes del tiempo estándar

Ciclos a estudiar

208 Capítulo 11

CUANDO EL TIEMPO POR PIEZA O CICLO ES:	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS A ESTUDIAR		
	ACTIVIDAD MÁS DE 10 000 POR AÑO	1 000 A 10 000	MENOS DE 1 000
1.000 horas	5	3	2
0.800 horas	6	3	2
0.500 horas	8	4	3
0.300 horas	10	5	4
0.200 horas	12	6	5
0.120 horas	15	8	6
0.080 horas	20	10	8
0.050 horas	25	12	10
0.035 horas	30	15	12
0.020 horas	40	20	15
0.012 horas	50	25	20
0.008 horas	60	30	25
0.005 horas	80	40	30
0.003 horas	100	50	40
0.002 horas	120	60	50
Menos de 0.002 horas	140	80	60

Tabla 11.4
Tabla Westinghouse que proporciona el número de observaciones necesarias.

Tabla Westinghouse. Esta tabla (tabla 11.4) obtenida empíricamente, indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año. Esta tabla sólo es de aplicación a operaciones muy repetitivas realizadas por operadores muy especializados. En caso de que no tengan la especialización requerida, deberá multiplicarse el número de observaciones obtenidas por 1.5.

TIEMPO DE CICLO (MINUTOS)	NÚMERO DE CICLOS QUE CRONOMETRAR
------------------------------	-------------------------------------

Valorización del ritmo de trabajo

Figura 11.14 Tabla de calificación de ritmos de trabajo.

EJEMPLOS DE RITMOS DE TRABAJO EXPRESADO SEGÚN LAS DIFERENTES ESCALAS DE VALORACIÓN					
Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable (k/h)
60-80	75-100	100-133	0-100 (Norma británica)		
0	0	0	0	Actividad nula	
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.	3.2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.	4.8
80	100	133	100	Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.	6.4
100	125	167	125	Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.	8.0
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de "virtuosos", sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	9.6

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la *Engineering and Allied Employed (West of England), Association Department of Work Study*.
*Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, que camine en línea recta por terreno llano y sin obstáculos.

Suplementos por descanso en los tiempos normales

Figura 11.19 Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización" Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.			
1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4
2. Suplementos variables			
		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda		0	1
Incómoda (inclinado)		2	3
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	6
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx)
30		17	—
33.5		22	—
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0
Bastante por debajo		2	2
Absolutamente insuficiente		5	5
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)			
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de – Suplemento			
Kata (milicalorías/cm ² /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
G. Ruido.			
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo		1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
Muy complejo		8	8
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

Situación	Valorización %
Hombre	9
Trabajo de pie	2
Postura incomoda	2
Peso levantado	5
Condiciones atmosf	3
Concentracion inter	2
ruido	2
tension mental	1
Total	26%

Anexo 38: Indicador de disponibilidad

Días antes de implementar el sistema SMED

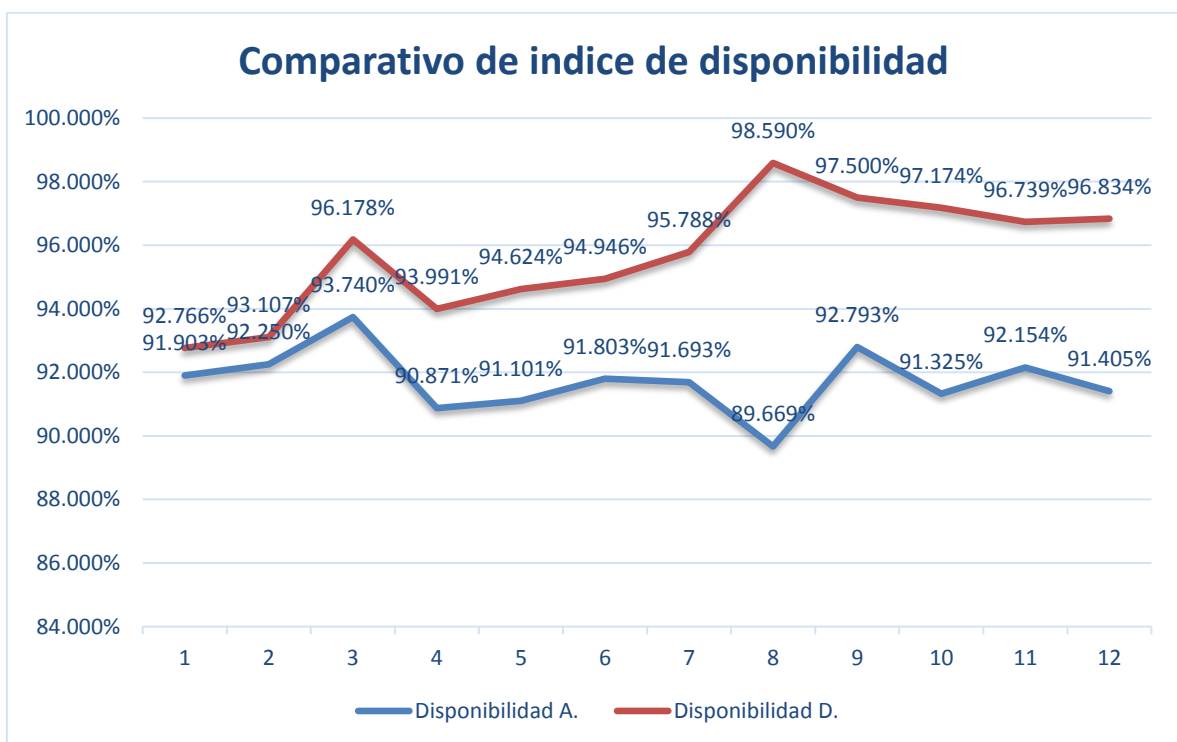
MES	Motor reparado	Horas Hombre por etapa de reparacion antes					H-H por motor	DIAS	Dias.R
		Desarmado	Lavado	Evaluacion	Armado	Prueba			
MARZO	Motor 1	173.5	291.5	87.5	285	95	932.5	24.0	25.0
	Motor 2	172	286.5	92.5	301	83.5	935.5	24.0	25.0
	Motor 3	173	291.5	94	299.5	92.5	950.5	24.0	25.0
ABRIL	Motor 1	180	289	100	289.5	89	947.5	24.0	25.0
	Motor 2	176.5	287.5	94.5	295	96	949.5	24.0	25.0
	Motor 3	179	284	92	297	93.5	945.5	24.0	25.0
MAYO	Motor 1	176.5	287.5	101.5	290	95.5	951	24.0	25.0
	Motor 2	247	288	85	291	86	997	25.0	26.0
	Motor 3	183.5	290.5	86	298.5	92	950.5	24.0	25.0
JUNIO	Motor 1	175	301.5	98.5	296.5	91	962.5	25.0	26.0
	Motor 2	174.5	286	94.5	301.5	93	949.5	24.0	25.0
	Motor 3	177.5	287	93	302.5	94	954	24.0	25.0

Días después de implementar el sistema SMED

MES	Motor reparado	Desarmado	Lavado	Evaluacion	Armado	Prueba	H-H por motor	DIAS
JULIO	Motor 1	175.5	288.5	91	290	95	940	24.0
	Motor 2	178.5	289	91.5	290	94	943	24.0
	Motor 3	178	286.5	91	294	92.5	942	24.0
AGOSTO	Motor 1	175	282	93	289.5	92.5	932.0	24.0
	Motor 2	171.5	279	94.5	289.5	95.5	930	24.0
	Motor 3	170.5	276	97	284	102.5	930	24.0
SEPTIEMBRE	Motor 1	169.5	276	101.5	281.5	97.5	926	24.0
	Motor 2	168	275.5	100	280.5	98	922	24.0
	Motor 3	167	275	97.5	281.5	99	920	23.0
OCTUBRE	Motor 1	164	270	104	279.5	102.5	920	23.0
	Motor 2	165	267.5	104.5	278	105	920	23.0
	Motor 3	162	265.5	103.5	282	103	916	23.0

Resumen del cálculo de la disponibilidad

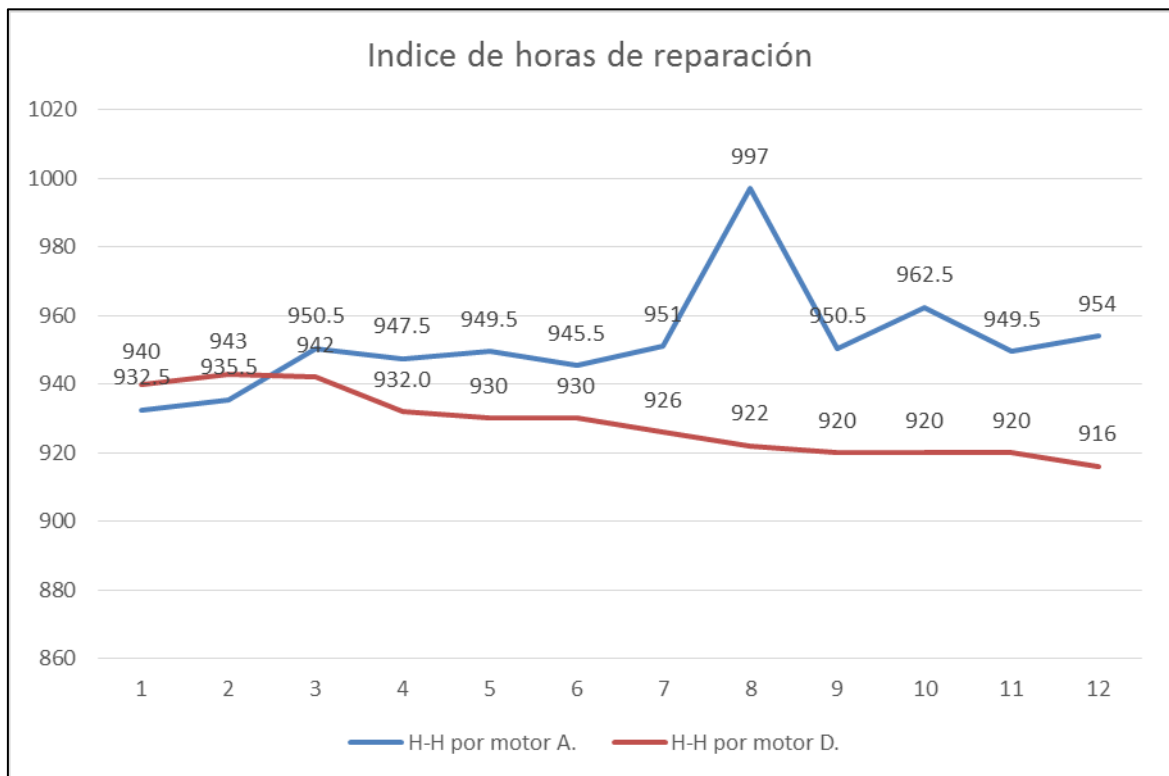
	Antes			Despues		
	T. op. reparación(h-h)	T. realizado (h-h)	Disponibilidad A.	T. op. reparación(h-h)	T. realizado (h-h)	Disponibilidad D.
1	857	932.5	91.903%	872	940	92.766%
2	863	935.5	92.250%	878	943	93.107%
3	891	950.5	93.740%	906	942	96.178%
4	861	947.5	90.871%	876	932	93.991%
5	865	949.5	91.101%	880	930	94.624%
6	868	945.5	91.803%	883	930	94.946%
7	872	951	91.693%	887	926	95.788%
8	894	997	89.669%	909	922	98.590%
9	882	950.5	92.793%	897	920	97.500%
10	879	962.5	91.325%	894	920	97.174%
11	875	949.5	92.154%	890	920	96.739%
12	872	954	91.405%	887	916	96.834%



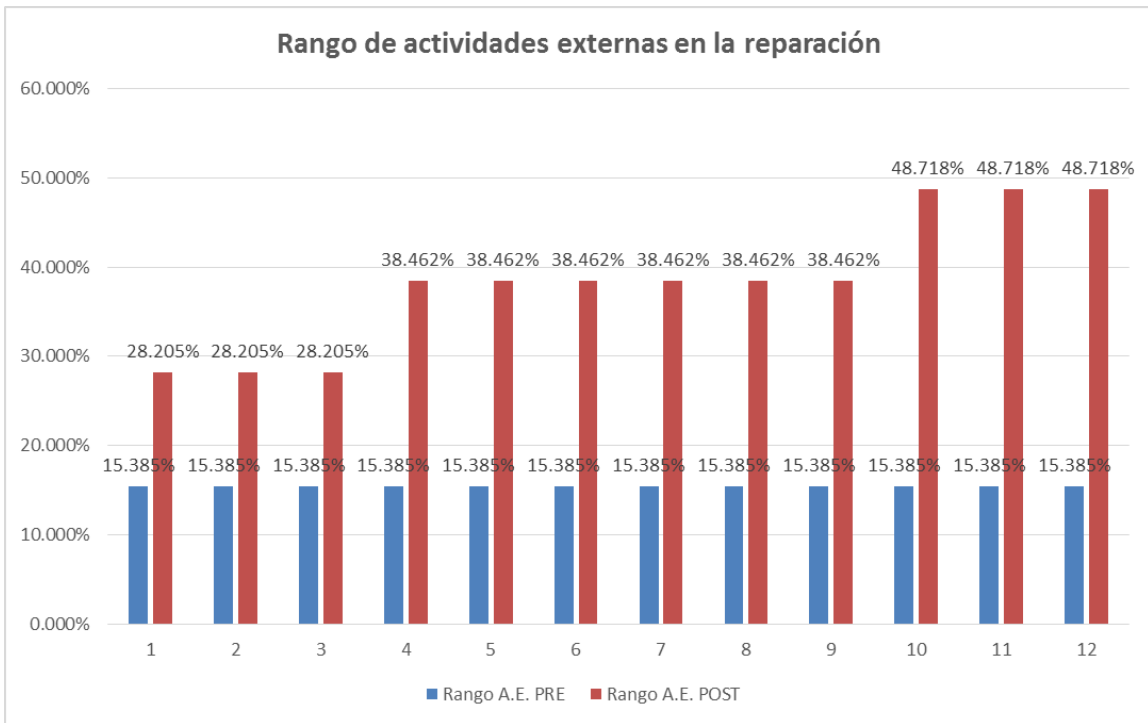
Anexo 39: Indicador de tiempo estándar

Motores	H-H por motor A.	H-H por motor D.
1	932.5	940
2	935.5	943
3	950.5	942
4	947.5	932.0
5	949.5	930
6	945.5	930
7	951	926
8	997	922
9	950.5	920
10	962.5	920
11	949.5	920
12	954	916

T. ob.	valoracion	T.N.	Suplementos	TE
952.13	0.8	761.70	198.04	959.74
928.42	0.8	742.73	193.11	935.84



Anexo 40: Incremento del tiempo estándar de actividades externas



Motores	Antes			Despues		
	Actividades I.	Actividades E.	Rango A.E. PRE	Actividades I.	Actividades E.	Rango A.E. POST
1	33	6	15.385%	28	11	28.205%
2	33	6	15.385%	28	11	28.205%
3	33	6	15.385%	28	11	28.205%
4	33	6	15.385%	24	15	38.462%
5	33	6	15.385%	24	15	38.462%
6	33	6	15.385%	24	15	38.462%
7	33	6	15.385%	24	15	38.462%
8	33	6	15.385%	24	15	38.462%
9	33	6	15.385%	24	15	38.462%
10	33	6	15.385%	20	19	48.718%
11	33	6	15.385%	20	19	48.718%
12	33	6	15.385%	20	19	48.718%

Anexo 41: sistema ERP utilizado

DETROIT DIESEL - MTU PERU S.A.C.		Programación Job : 0237/19						15/07/2019	
Ruc. [Redacted]		Ubicación [Redacted]						Hora : 17:07:11	
Mant. W6-2	Tipo Motor : 16V4000	Fec. Llegada :		Fec. Ini. Rep. : 07/11/2019		Fec Fin Rep. :			
Cliente : SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION									
Actividad	Personal	Fecha Fin. Planeado	Hora Plan.	Ejec.	Fecha Fin Real	Hora Real	Hora Extra	Tipo Atraso	Atraso
Recepción e inventario de motor.	HUMBERTO CATPC	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	1.11	0.00		
Descarga de sistemas refrigeración, lubricación.	BRYAM BLANCO	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	2.14	0.00		
Desmontaje de CAC, soporte CAC y múltiples de admisión.	IVAN SALDAÑA	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	1.30	0.00		
Desmontaje de CAC, soporte CAC y múltiples de admisión.	KEITH BECERRA	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	1.15	0.00		
Desmontaje de turbos, sistema de escape, múltiples de agua, tul	LUIS DE LA CRUZ	07/11/2019	4.00	Si	07/11/2019	4.34	0.00		
Desmontaje de turbos, sistema de escape, múltiples de agua, tul	HUMBERTO CATPC	07/11/2019	4.00	Si	07/11/2019	4.34	0.00		
Desmontaje de fan Clutch, polea damper y mandos.	KEITH BECERRA	07/11/2019	3.00	Si	07/11/2019	2.25	0.00		
Desmontaje de fan Clutch, polea damper y mandos.	BRYAM BLANCO	07/11/2019	3.00	Si	07/11/2019	0.27	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	BRYAM BLANCO	08/11/2019	4.00	No	07/11/2019	0.44	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	BRYAM BLANCO	08/11/2019	4.00	Si	08/11/2019	0.44	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	BRYAM BLANCO	08/11/2019	4.00	No	07/11/2019	0.12	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	BRYAM BLANCO	08/11/2019	4.00	Si	08/11/2019	0.12	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	KEITH BECERRA	08/11/2019	4.00	No	07/11/2019	1.30	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	KEITH BECERRA	08/11/2019	4.00	Si	08/11/2019	1.30	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	KEITH BECERRA	08/11/2019	4.00	No	07/11/2019	0.10	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	KEITH BECERRA	08/11/2019	4.00	Si	08/11/2019	0.10	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	LUIS DE LA CRUZ	08/11/2019	4.00	No	07/11/2019	0.34	0.00		
Desmontaje de cajas termostáticas, tuberías de C.A.C. y volante	LUIS DE LA CRUZ	08/11/2019	4.00	Si	08/11/2019	0.34	0.00		
Desmontaje de ECM's, ameses y sensores.	KEITH BECERRA	08/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	0.30	0.00		
Desmontaje de ECM's, ameses y sensores.	IVAN SALDAÑA	08/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	0.16	0.00		
Desmontaje tapa de balancines, balancines, varillas, puentes, inj	HUMBERTO CATPC	08/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	1.42	0.00		
Desmontaje tapa de balancines, balancines, varillas, puentes, inj	LUIS DE LA CRUZ	08/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	2.22	0.00		
Desmontaje Bomba de agua alta y baja, Bomba de combustible :	KEITH BECERRA	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	0.22	0.00		
Desmontaje Bomba de agua alta y baja, Bomba de combustible :	IVAN SALDAÑA	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	2.29	0.00		
Desmontaje Bomba de agua alta y baja, Bomba de combustible :	IVAN SALDAÑA	07/11/2019	2.00	Si	07/11/2019	0.29	0.00		