



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball para  
mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas,  
2020.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Luna Solano, Beder Johon (ORCID 0000-0003-1921-9662)

**ASESOR(A):**

Mgtr. López Padilla Rosario del Pilar (ORCID 0000-0003-2651-7190)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA**

Lima - Perú

(2020)

## **DEDICATORIA**

Dedico este informe de investigación, A mis padres Eduardo Luna Melo y Rosa Solano Arana, que partiste hacia la presencia del señor por haberme forjarme como la persona que soy.

A mi esposa Pamela Mego por su apoyo en todo momento por su gran paciencia y amor.

A mi hijo amado Josué quien ha sido mi mayor motivación para seguir con mis estudios y poder ser un ejemplo para él.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por el regalo de la vida y por permitir a través de personas valiosas, seguir hacia adelante en mi vida personal y profesional. A mi asesora de tesis y al ing. Jaime Gutiérrez Ascón por haberme apoyado y guiado. también a todas las personas que me apoyaron en la realización de este informe de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	viii
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	14
MARCO TEÓRICO .....	20
METODOLOGÍA .....	
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2 Variables y operacionalización .....	30
3.3 Población (criterios de selección), muestra, nuestro, Análisis de datos .....	32
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5 Procedimientos.....	35
3.6 Método de análisis de datos.....	147
3.7 Aspectos éticos .....	148
IV. RESULTADOS .....	150
V. DISCUSIÓN.....	162
VI. CONCLUSIONES .....	165
VII. RECOMENDACIONES.....	166
REFERENCIAS .....	167
ANEXOS.....	171

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Validación por juicio de expertos .....	35
Tabla 2: Datos empresa P&M Automotriz.....	37
Tabla 3: Ingresos por mantenimientos de unidades .....	38
Tabla 4: Horas improductivas.....	49
Tabla 5: Diagrama de análisis del sistema de lubricación.....	51
Tabla 6: Diagrama de análisis del sistema de admisión .....	54
Tabla 7: Diagrama de análisis del sistema de combustible.....	57
Tabla 8: Diagrama de análisis del sistema de suspensión.....	60
Tabla 9: Toma de tiempos de lubricación minutos.....	62
Tabla 10: Cálculo del número de muestra .....	63
Tabla 11: Tiempo promedio observado .....	64
Tabla 12: Calculo del tiempo estándar del sistema de lubricación .....	64
Tabla 13: Calculo de la capacidad instalada del proceso de lubricación .....	65
Tabla 14: Cálculo de unidades programadas.....	65
Tabla 15: Productividad pre test del sistema de lubricación.....	66
Tabla 16: Toma de tiempos de admisión y escape minutos.....	67
Tabla 17: Cálculo del número de muestra.....	68
Tabla 18: Tiempo promedio observado PRE-TEST .....	68
Tabla 19: Calculo del tiempo estándar del sistema de Admisión y escape .....	68
Tabla 20: Cálculo de la capacidad instalada.....	70
Tabla 21: Cálculo de unidades programadas.....	70
Tabla 22: Productividad Pre Test del sistema de admisión y escape .....	71
Tabla 23: Toma de tiempos del proceso de combustible (PRETEST).....	72
Tabla 24: Cálculo del número de muestra.....	73
Tabla 25: Tiempo promedio observado muestra obtenida PRE-TEST .....	73
Tabla 26: Cálculo del tiempo estándar del sistema de combustible.....	74

Tabla 27: Cálculo de la capacidad instalada (unidades).....	75
Tabla 28: Cálculo de unidades programadas.....	75
Tabla 29: Productividad del Combustible mes de febrero - 2020 (PRE TEST).....	76
Tabla 30: Toma de tiempos del proceso de Suspensión (PRE-TEST).....	77
Tabla 31: Cálculo del número de muestras... ..	78
Tabla 32: Tiempo promedio observado .....	78
Tabla 33: Cálculo del tiempo estándar del sistema de Suspensión .....	79
Tabla 34: Calculo de la capacidad instalada.....	80
Tabla 35: cálculo de unidades programadas.....	80
Tabla 36: Productividad del proceso suspensión (PRE TEST).....	81
Tabla 37: Cronograma de implementación.....	89
Tabla 38: Inversión del proyecto.....	90
Tabla 39: Ficha de Interrogatorio .....	96
Tabla 40: Proceso de lubricación propuesto .....	97
Tabla 41: Proceso de admisión y escape propuesto.....	98
Tabla 42: Proceso de combustible propuesto .....	99
Tabla 43: Proceso de suspensión propuesto .....	100
Tabla 44: Herramientas para las principales causas encontradas... ..	103
Tabla 45: Valores mínimos y máximos en base a la experiencia del técnico.....	109
Tabla 46: Productividad Pre test del proceso de Lubricación Simulación .....	113
Tabla 47: Valores a partir de la experiencia del operario.....	115
Tabla 48: Productividad Pre test del proceso de Admisión y escape Simulación....	119
Tabla 49: Valores a partir de la experiencia del operario.....	121
Tabla 50: Productividad Pre test del proceso de Combustible Simulación.....	125
Tabla 51: Valores a partir de la experiencia del operario.....	127
Tabla 52: Productividad Pre test del proceso de Suspensión Simulación.....	131

Tabla 53: Cálculo de la capacidad instalada lubricación (unidades) Post test .....	133
Tabla 54: Cálculo de unidades programadas Post test lubricación.....	133
Tabla 55: Productividad Post test del sistema de lubricación .....	134
Tabla 56: Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test .....	135
Tabla 57: Cálculo de unidades programadas Post test.....	135
Tabla 58: Productividad Post test del sistema de Admisión y escape.....	136
Tabla 59: Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test .....	137
Tabla 60: Cálculo de unidades programadas Post test.....	137
Tabla 61: Productividad Post test del sistema de Combustible .....	138
Tabla 62: Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test .....	139
Tabla 63: Cálculo de unidades programadas Post test.....	139
Tabla 64: Productividad Post test del sistema de Suspensión.....	140
Tabla 65: Resultados de la productividad de todos los procesos del área de mantenimiento .....	141
Tabla 66: Cuadro comparativo de eficiencia antes y después .....	143
Tabla 67: Cuadro comparativo de eficacia antes y después.....	144
Tabla 68: Cuadro comparativo de la productividad antes y después .....	145
Tabla 69: Sueldo del personal.....	146
Tabla 70: Propuesta del flujo económico.....	146
Tabla 71: Análisis beneficio costo .....	147
Tabla 72: Datos estadísticos de la eficiencia (Pre - Post Test) .....	151
Tabla 73: Pruebas de normalidad de la eficiencia .....	152
Tabla 74: Estadígrafo de eficiencia .....	153
Tabla 75: Comparación de medias de la eficiencia.....	154
Tabla 76: Estadística de Prueba eficiencia.....	154

Tabla 77: Análisis descriptivo de eficacia .....	155
Tabla 78: prueba de normalidad de eficacia.....	156
Tabla 79: Estadígrafo eficacia .....	157
Tabla 80: Comparación de medias en la eficacia .....	157
Tabla 81: Estadística de prueba eficacia.....	157
Tabla 82: Estadística de prueba de productividad .....	158
Tabla 83: Prueba de normalidad de productividad .....	159
Tabla 84: Estadígrafo de Productividad.....	159
Tabla 85: comparación de medias de productividad .....	159
Tabla 86: Estadística de prueba para la productividad .....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Pareto .....	16
Figura 2: Ubicación de la empresa .....	37
Figura 3: Organigrama de P&M Automotriz... ..	39
Figura 4: Departamentalización del área de mantenimiento .....	40
Figura 5: Mapa de procesos de la empresa P&M... ..	42
Figura 6: Revisión del sistema de admisión y escape .....	43
Figura 7: Revisión del sistema de admisión y escape.....	44
Figura 8: Revisión del sistema de lubricación.....	44
Figura 9: Revisión del sistema de lubricación .....	45
Figura 10: Revisión del sistema de lubricación.....	45
Figura 11: Revisión del sistema de Combustible .....	46
Figura 12: Revisión del sistema de Combustible .....	46
Figura 13: Revisión del sistema de Suspensión .....	47
Figura 14: Revisión del sistema de Suspensión .....	47
Figura 15: Gráfico de estadística de las horas improductivas... ..	49
Figura 16: Diagrama de Operaciones del sistema de lubricación .....	50
Figura 17: Diagrama de operaciones del sistema de Admisión y escape .....	53
Figura 18: Diagrama de operaciones del sistema de combustible .....	56
Figura 19: Diagrama de operaciones del sistema de suspensión .....	59
Figura 20: Grafico de eficiencia del sistema de lubricación .....	82
Figura 21: Gráfico de eficacia del sistema de lubricación .....	82
Figura 22: Grafico de productividad del sistema de lubricación .....	83
Figura 23: Grafico de eficiencia del sistema de admisión y escape .....	83

Figura 24: Grafico de eficacia del sistema de admisión y escape.....	84
Figura 25: Grafico de productividad del sistema de admisión y escape.....	84
Figura 26: Grafico de eficiencia del sistema de combustible .....	85
Figura 27: Grafico de eficacia del sistema de combustible .....	85
Figura 28: Grafico de productividad del sistema de combustible .....	86
Figura 29: Grafico de eficiencia del sistema de suspensión.....	86
Figura 30: Grafico de eficacia del sistema de suspensión.....	87
Figura 31: Grafico de productividad del sistema de suspensión .....	87
Figura 32: Galería de distribución de crystall Ball.....	107
Figura 33: Barra de crystall Ball .....	108
Figura 34: Prefijos de ejecución.....	109
Figura 35: Análisis de sensibilidad .....	110
Figura 36: Estadística de simulación del proceso de lubricación .....	110
Figura 37: Gráfico Análisis de Tornado .....	111
Figura 38: Gráfico Spider (Araña) .....	112
Figura 39: Histograma del tiempo estándar del proceso de lubricación .....	112
Figura 40: Simulación Eficacia Post Test del sistema de lubricación.....	114
Figura 41: Estadística de la Eficacia .....	114
Figura 42: Análisis de sensibilidad .....	116
Figura 43: Estadística de simulación del proceso de Admisión y escape .....	116
Figura 44: Gráfico Análisis de Tornado .....	117
Figura 45: Gráfico Spider (Araña) .....	118
Figura 46: Histograma del tiempo estándar del sistema de Admisión y escape.....	118
Figura 47: Simulación histograma de Eficacia.....	120
Figura 48: Estadística de la Eficacia .....	120

Figura 49: Análisis de sensibilidad del sistema de Combustible .....	122
Figura 50: Estadística de simulación del proceso de Combustible .....	122
Figura 51: Gráfico Análisis de Tornado .....	123
Figura 52: Gráfico Spider (Araña) .....	124
Figura 53: Histograma del tiempo estándar del proceso de Combustible .....	124
Figura 54: Histograma de Eficacia .....	126
Figura 55: Estadística de la Eficacia .....	126
Figura 56: Análisis de sensibilidad del sistema de Suspensión .....	128
Figura 57: Estadística de simulación del proceso de Suspensión.....	128
Figura 58: Gráfico Análisis de Tornado del sistema de Suspensión.....	129
Figura 59: Gráfico Spider (Araña) .....	130
Figura 60: Histograma del tiempo estandar del sistema de Suspensión.....	131
Figura 61: Simulación histograma de Eficacia.....	132
Figura 62: Estadística de la Eficacia.....	132
Figura 63: Gráfico productividad Pre Test de los procesos de mantenimiento .....	142
Figura 64: Gráfico productividad Post test de los procesos de mantenimiento .....	142
Figura 65: Promedio de eficiencia .....	143
Figura 66: Promedio de eficacia .....	144
Figura 67: Promedio de productividad.....	145
Figura 68: Regla de Decisión .....	153

## RESUMEN

En la presente investigación Estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball para mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020". Es una empresa que realiza servicios de transporte en la ciudad de Lima. La investigación tiene como objetivo general Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la Productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

Así mismo, esta investigación, es de tipo aplicada y de diseño no experimental, y de enfoque cuantitativo, la población de este proyecto de investigación fueron los trabajos de servicio de mantenimiento preventivo diarios que se dan en el área de mantenimiento. La técnica utilizada para medir los tiempos a los técnicos en el área de mantenimiento se realizó mediante método de observación que se realizó durante todo el proceso de mantenimiento con el uso adecuado del cronómetro y los instrumentos empleados para la variable dependiente, fueron los formatos de registro de recolección de datos.

Por ello, mediante la simulación de Crystal Ball mejora la productividad se llegó a observar que, en caso se aplique el estudio del trabajo la productividad posiblemente pueda aumentar a un 71%. Cumpliendo así con la hipótesis relacionada al objetivo general. En conclusión, se demuestra que si al realizar el estudio del trabajo en el área de mantenimiento. la empresa no tomaba en cuenta el tiempo estandarizado de los mantenimientos y esto genera que la productividad de la empresa se viera afectada y al realizar el estudio permitiera a un posible aumento de la productividad en la empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

**Palabras claves:** Crystal Ball, Estudio del trabajo, Productividad.

## **ABSTRACT**

In the present investigation, Study of work using simulation by Crystal Ball to improve the productivity of a P&M Automotive company, Comas, 2020". It is a company that performs transportation services in the city of Lima. The general objective of the research is to determine how the study of the work with Crystall Ball improves the Productivity of a P&M Automotive company, Comas, 2020. Likewise, this research is of an applied type and non-experimental design, and of a quantitative approach, the population of this research project was the daily preventive maintenance service jobs that occur in the maintenance area. The technique used to measure the times of the technicians in the maintenance area was carried out by means of an observation method that was carried out throughout the maintenance process with the proper use of the stopwatch and the instruments used for the dependent variable, were the record formats data collection.

Therefore, by means of the Crystal Ball simulation, productivity improves, it was observed that, if the work study is applied, productivity could possibly increase to 71%. Thus complying with the hypothesis related to the general objective. In conclusion, it is shown that if when carrying out the study of the work in the maintenance area. The company did not take into account the standardized time of maintenance and this generates that the productivity of the company was affected and when carrying out the study it allowed a possible increase in productivity in the company P&M Automotriz, Comas, 2020.

Keywords: Crystal Ball, work study, productivit

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel Internacional, la industria se enfrenta a retos como la disminución del tiempo, mejorar la calidad y usar mejor los recursos. La aceptación de la digitalización en la industria automotriz trae beneficios en la productividad de un 25 %. Mexía, líder de Digitalización de Siemens México y Centroamérica, en la feria industrial en Alemania mencionó que Siemens propone la implementación de la digitalización teniendo en cuenta la serie de valor en cuanto al modelo, diseño de los vehículos con una planeación en ingeniería, producción y servicio. Detalló que estos avances son mezclados con el mundo real y virtual. Por lo que tienen considerable flexibilidad para poder fabricar distintos modelos de vehículos en una misma línea productiva por ende tienen una disminución del 50% del tiempo. Igualmente, un mayor aumento de hasta un 25% en la producción y tiene como beneficio en los diferentes industrias y mejor optimización en cuanto a costos por la operación porque al adoptar la digitalización es importante estar siempre en competencia a nivel mundial, busca promover la competitividad y proponer beneficios en el mantenimiento predictivo de los vehículos. Con lo que predomina que la tecnología de Siemens está actualmente en la industria automotriz del país y viene participando en la fabricación de vehículos (Díaz, 2018).

A nivel nacional, la industria del sector automotriz tiene una importancia económica a nivel mundial por lo que nuestro país ha comenzado a tener considerable atención ya que es un factor que ayuda al crecimiento constante. Tiene mucha importancia el sector automotriz por lo que simboliza un sin fin de oportunidades para las compañías peruanas. Por ello las Pymes del Perú tiene una gran oportunidad de incorporarse a las cadenas de producción y de tal manera sumarse a las cadenas globales del sector automotriz que abre una serie de oportunidades para la inserción de las compañías peruanas, y en cuanto a las importaciones de piezas y elementos que se utilizan este proceso de manufactura para facilitar la inserción de las organizaciones peruanas ya que son grandes avances para el desarrollo del sector automotriz del Perú. Así mismo nos encaramos considerables desafíos, como confortar los procesos productivos de

nuestras compañías, para que cumplan con los estándares requeridos por este sector y el importante capital humano altamente calificado (ComexPeru, 2017).

A nivel local la empresa P&M Automotriz. cuenta en la actualidad con una flota de 160 buses. El problema está centrado en las inspecciones del mantenimiento, demora de duración de los trabajos que realizan el mantenimiento preventivo de los buses, está conformado por especialidades que diariamente se tiene que atender las unidades programadas. Los problemas que se presentan en la compañía principalmente son los procesos de mantenimiento preventivo por lo que se tiene que establecer mejores tiempos en las inspecciones, ya que en la actualidad son procesos de inicio de operación y se deben realizar cambios para enfrentar a los problemas que existen. Establecer los procesos del mantenimiento preventivo que estos son por especialidades y estas inspecciones son basados en kilometraje de recorrido diario de cada unidad y todo esto como resultado del defecto de las pautas de mantenimiento. Lo que se espera es tener mejores tiempos y eliminar los procesos innecesarios en el área de mantenimiento. Mediante un diagnóstico expresado presenta las causas determinadas, falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento, falta de Tiempo planificado en el mantenimiento, Ubicación de equipos muy distante, falta de una programación de mantenimiento, falta de iluminación, Falta de repuestos, falta de proveedores calificados, Actividades improvisadas, facilidad de insumos, falta de capacitación, desgaste de herramientas por uso excesivo y Espacios confinados, Representado por un análisis de Diagrama Ishikawa que encuentra el anexo 9. Para poder determinar causas que influyen la baja productividad empleando las seis "M".

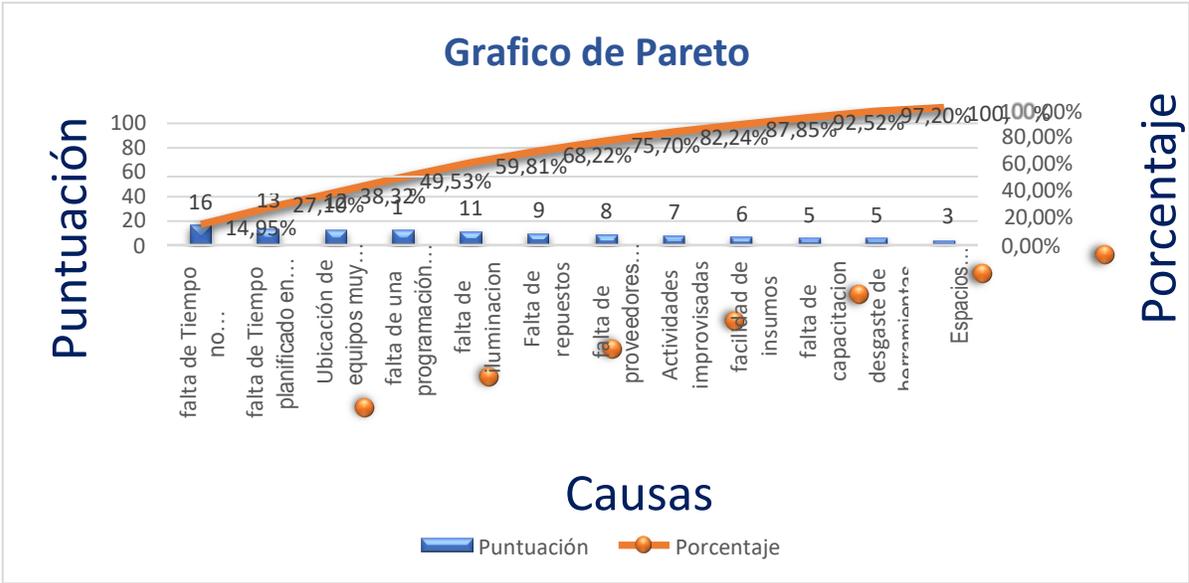
Luego se realizó la matriz de Vester que se encuentra en el anexo 10, esta matriz nos permite examinar las relaciones que hay entre los problemas, ya que se va a efectuar por filas y columnas, ya que se evalúa de acuerdo a la relación que presenta.

Seguidamente tenemos en el gráfico Vester podemos ver en el anexo 11, tenemos en pasivos 2: los cuales son: Ubicación de equipos es muy distante, Falta de iluminación, en causas indiferentes hay 4: falta de proveedores calificados, Desgaste de herramientas por uso excesivo, Actividades improvisadas y Espacios confinados, en

críticos 3: falta de tiempo no estandarizado en el mantenimiento, Falta de una programación de mantenimiento y falta de Tiempo planificado en el mantenimiento y por último en activos tenemos 3: facilidad de insumos, falta de capacitación y falta de repuestos.

Seguidamente, se elaboró en diagrama de Pareto, se puede apreciar que existen 7 causas que son el origen del 80% de los problemas en la empresa las cuales son: falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento, falta de Tiempo planificado en el mantenimiento, Ubicación de equipos muy distante, falta de una programación de mantenimiento, falta de iluminación, Falta de repuestos y falta de proveedores calificados (Con un acumulado de 75.70%), Considerando que la causa de mayor impacto es, C8 la empresa actualmente no tiene un tiempo estandarizado en el mantenimiento.

Figura 1 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la matriz de estratificación por áreas en la cual se ordena las causas de acuerdo a su área correspondiente, podemos ver en el anexo 12, se diagnosticó que los puntajes presentan el mayor porcentaje de las causas ver el anexo 11 tabla N 1 y grafico N 2, falta de tiempo no estandarizado, falta de una programación de

mantenimiento, actividades improvisadas, espacios confinados, ubicación de equipos es muy distante, con respecto al área de producción con un total de 48%. Se puede ver que el método que están empleando no es el adecuado y falta conocimientos de los tiempos estandarizados. De tal manera se puede analizar que la organización desconoce estudios para estandarizar la duración del proceso de trabajo que realiza en las unidades, es por ello que al realizar sus actividades no llegan a cumplir con su programación diaria y dejan trabajos para otros turnos por lo que existen jornadas de trabajo 8 horas y a esto se suma las actividades que no generar valor agregado. Se programan buses por áreas de acuerdo a la especialidad y no terminan en los tiempos de entrega de unidades. Por lo que sería conveniente emparejar los tiempos de las inspecciones de buses de tal manera determinar lo que se debería producir. Para obtener mayor rendimiento en las unidades.

Posteriormente se desarrolló la matriz de alternativas de solución se identifica la herramienta que se va a utilizar la cual es el estudio del trabajo, la cual obtuvo una puntuación total de 6 según los criterios utilizados los cuales fueron costo, tiempo, sostenibilidad y complejidad, como se muestra en el anexo 13. Por lo que presentan problemas en el área de producción de la empresa. Por ello, López menciona que, Por ello resulta que el estudio del trabajo es un procedimiento sistemático empleados para ejecución de tareas con el objetivo de emplear un mejor uso de los recursos y fijar la relación de las tareas que se ejecutan (López, 2019).

Por último se realizó la matriz de priorización ver anexo 14, se trasladó las 3 áreas identificadas que apoyaran a dar valorización de determinar a las 6M alcanzando un total de 33 problemas, por lo que se realizó la evaluación el nivel de criticidad (bajo, medio y alto), se obtuvo que el área de producción se obtuvieron en total 17 causas lo que corresponde un 52% y da como criticidad un nivel alto, de tal manera en el área de gestión se obtuvo en total 13 causas que corresponde a un 39% a un nivel de criticidad medio y por último en mantenimiento se obtuvo 3 causas lo que equivale a un 9% de nivel de criticidad bajo. El área de producción tiene problemas que influyen la productividad emplear la herramienta, estudio del trabajo para aumentar la productividad en el área de mantenimiento.

El problema general es:

¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020? Cómo problemas específicos tenemos:

¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020?

¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020?

El trabajo de investigación fundamenta las justificaciones de estudio por ello mencionan que La Justificación busca demostrar el porqué de la investigación manifestando sus motivos. En tal sentido mediante la justificación tenemos la misión de evidenciar que el estudio es necesario y considerable (Hernandez, 2014).

**Tenemos como Justificación práctica:**

demostración de soluciones a los inconvenientes prácticos, mediante tácticas (Ríos, 2017). La presente investigación tiene mayor importancia en las inspecciones de los buses de la compañía Perú Masivo S.A. Mediante el estudio del trabajo alcanzara mejorar la duración de las inspecciones y mejorar la productividad.

**Justificación económica:** Por ello Ríos, Trae beneficios económicos y demuestra la solución del estudio (Ríos, 2017). La presente investigación beneficiara en aumentar su productividad reduciendo los tiempos que no generan valor alguno en las inspecciones en las unidades y por ello se reducirá recursos de las unidades de fuera de servicio y los costos del mantenimiento lo que se quiere es incrementar las horas de trabajo en las unidades en la vía.

**Justificación teórica:** Ríos manifiesta, que se prioriza la presentación de principios, abstracciones o teorías y la trascendencia cognitiva (Ríos, 2017). Se define nuestras

variables, la cual nos permitirá conocer y contrastar los resultados de las diferentes dimensiones como así mismo sus indicadores propuestos a lo largo de la investigación, De tal manera nos permitirá encontrar oportunidades de mejora en nuestro problema.

Todo desarrollo de una investigación tiene definido el objetivo ya que es la determinación del estudio, manifiesta lo que desea alcanzar por ello, toda investigación se basa en lograr los objetivos (Bernal, 2010). Los objetivos de este estudio de investigación son generales y específicos.

En este proyecto tenemos como Objetivo General Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020. Así mismo como Objetivos Específicos tenemos Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020, Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

Las hipótesis señalan lo que queremos demostrar y tienen soluciones del fenómeno investigado, propuestas tentativas sobre las posibles relaciones de las variables (Hernandez, 2014).

En este proyecto tenemos como hipótesis general, El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020, Así mismo como hipótesis específicas tenemos: El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020, El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se mostrarán las investigaciones en estudio que se muestran líneas abajo se tienen los siguientes Antecedentes nacionales tales como:

Bernabé (2017). Quien en su investigación titulada *Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad del área de cardado en la hilandería textil de la empresa Perú Tintex S.A.C – SMP, 2017*. Tuvo como objetivo de investigación mejorar el método de trabajo en el área, eliminar actividades que no agregan valor. Fue un estudio tipo descriptiva, diseño cuasi experimental y su alcance longitudinal. La población está conformada por 26 días por mes. Los instrumentos empleados fueron formatos de producción de cada máquina. Los resultados anteriormente de la productividad antes eran de 52% y después en un 67%. (Bernabé Carrera, 2017). El aporte para aumentar la productividad capacitar a los trabajadores y seguir con monitoreándolos en sus actividades.

Por consiguiente, tenemos el trabajo de Montero (2018). Quien en su investigación titulada *Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de laboratorio*. Tuvo como objetivo aplicación del estudio de tiempos que se relaciona con la productividad. Fue un estudio tipo descriptiva y un diseño preexperimental, la población fueron piezas o elementos de armado de auto lego. y su muestra ensamblaje del auto. Los instrumentos empleados fueron, la observación, cronometro y formato para el estudio de tiempo. Los resultados reflejaron el tiempo estándar logrado fue 181,4 segundos y el tiempo estándar encontrado con el simulador resultó 183,73 segundos, haciendo una Comparación con el tiempo habitual de 240 segundos podemos decir que obtuvimos un 24,42% de aumento en la productividad con el estudio de tiempos manualmente y un 23,44% de aumento en la productividad con el software. Se concluyó que la herramienta de estudio de tiempos contribuye en el aumento de la productividad, con un tiempo menor de armado del auto lego. De tal manera mejora el proceso con un nuevo método de trabajo (Montero, 2018), El aporte para poder establecer nuevos procesos de trabajo es fundamental hacer un estudio de

tiempos para eliminar procesos innecesarios con el objetivo de aumentar la productividad.

Valentín (2018). Quien en su investigación titulada *Aplicación del estudio del trabajo en la empresa Molinera para incrementar la productividad en el proceso envasado de harinas*. Tuvo como objetivo incrementar la productividad en el proceso de llenado de harinas. Fue un estudio tipo correlacional, longitudinal y diseño no experimental. La población 17 días del proceso productivo de harinas. Los instrumentos empleados fueron tablero de observaciones, formularios de estudio de tiempos. tuvo como resultados fueron que antes de la mejora tuvo un tiempo de 1.58. horas, luego ya con la implementación se obtuvo 1.17 horas logrando un ahorro de 0.41 horas. Se llegó a incrementar la eficacia de un 82% a un 94%. (Valentin Manzanares, 2018). Aporte realizar constantes capacitaciones para que el trabajador sea comprometido y este motivado en la aplicación de la nueva metodología de trabajo.

Agurto (2019) Quien en su investigación titulada *Aplicación del estudio del trabajo para incrementar la productividad en la línea de producción de abrazadera de muelle en la empresa industria Mendoza*. Tuvo como objetivo dar solución a los problemas presentes de la organización que originan la baja productividad. Fue un diseño cuasi experimental, su alcance temporal longitudinal. la población la fabricación de abrazaderas muelle en un periodo de dos meses siendo la muestra igual que la población. Los instrumentos empleados fueron, hoja de verificación de toma de tiempos, diagrama de actividades y fichas de producción. Tuvo como resultados disminución del tiempo estándar mejorando en 1.79 minutos y se eliminó dos operaciones y la diferencia promedio fue de 32.02%. Mejorando así la eficiencia de un 71.11% a un 83.74%. Se concluyó que al establecer el tiempo estándar y el análisis de los movimientos utilizados en la ejecución de las actividades aumentan la productividad (Agurto Mamani, 2019), El aporte al establecer nuevos tiempos en la realización de los trabajos mediante el estudio trae como consecuencia el aumento de la productividad en beneficio de la compañía. Así mismos los antecedentes internacionales tales como:

Rivera (2015). Quien en su investigación titulada *Estudio de tiempos y movimientos para alcanzar la productividad en la elaboración de cortes típicos en el Municipio de Salcajá*. Tuvo como objetivo de investigación el estudio de tiempos ayuda a alcanzar la productividad de cortes típicos en el municipio. Fue un estudio tipo experimental, la población los 19 trabajadores que se encargan del proceso producción y al dueño de la compañía y no hubo necesidad de establecer su muestra. Los instrumentos empleados fueron observación, hoja de datos, cámara y encuesta. Los resultados se determinaron la falta de programas de capacitación y la compañía desconocía del estudio de tiempos y la importancia que tiene esta herramienta para mejorar la productividad. y se concluyó que la empresa aumento la productividad con la implementación del estudio de tiempos y movimientos ya que disminuyo el tiempo de los procesos (RIVERA VILLEGAS, 2015). el trabajo presenta el aporte que aplicando el estudio de tiempos a la compañía logro establecer los tiempos que se toma en la elaboración de cortes.

Por consiguiente, tenemos el trabajo de Valencia (2017). Quien en su investigación titulada *Medición del tiempos y movimientos en el área de producción de Frisby articulando la gestión del conocimiento*. Tuvo como objetivo de investigación elaborar la medición del tiempos y movimientos en proceso de producción. Fue un estudio tipo descriptiva, la población los 13 restaurantes y su muestra 10 proceso productivo de pollo de la empresa. Los instrumentos empleados fueron mediante auditorías internas, grabaciones en video. Los resultados que tuvieron en las autorías de la compañía se demostraron que, capacitando a los trabajadores, se obtuvo porcentajes elevados y no solo se observa mejoras en los tiempos de producción, también en los otros procesos y se concluyó en toda compañía cada operario tiene una serie de funciones distribuidas mayormente es algo rutinario y no se hacen la pregunta si las tareas que realizan son importantes para lograr el objetivo principal (Valencia Valera, 2017). El aporte es la implementación de los tiempos apropiados para establecer mejoras en cada proceso de la producción por ello incrementar la calidad y el producto hacia el cliente final.

Asimismo, el trabajo de Torres y otros (2018). Quien en su investigación titulada *Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de Guayusa Ecocampo*. Tuvo como objetivo la investigación estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora. Fue un estudio tipo descriptivo, enfoque cuantitativo. la población área de cocción y su muestra los procesos de producción. Los instrumentos empleados fueron ficha de observación. Los resultados Se puede visualizar una disminución importante del tiempo de ciclo que da como resultado de un total de 369,31 minutos en cuando al estudio actual que se realizó manifestado en minuto que es de 641,45. se tiene un ahorro en la producción de 272,14 minutos el resultado en la actualidad la compañía que reduce del tiempo de producción en un 42,43%. y se concluyó que, En el procedimiento de producción área de cocción emplear un portavaso, de tal manera se eliminara los movimientos de los transportes que no agregan valor al instante de añadir los aditivos químicos (Torres Almeida, y otros, 2018). El aporte es una herramienta que traerá beneficios para la compañía en el estudio de tiempos y movimientos mediante la mejora continua para lograr el desarrollo de la compañía.

Con respecto sobre las teorías relacionada al tema

El estudio del trabajo es una prueba sistemática de los procedimientos para realizar tareas con el fin de aumentar y dar un mejor uso de los recursos y de fijar la productividad con las tareas que se están ejecutando (kanawaty, 1996).

El estudio de métodos y la medición del trabajo están fuertemente vinculados el primero se relaciona con la disminución de trabajo de una actividad o ejecución, mientras tanto la medición del trabajo esta enlazado de cualquier tiempo improductivo relacionado con esta (kanawaty, 1996).

El estudio de métodos es aquel registro y examen crítico de modo en que se realizan las actividades, con el propósito de obtener mejoras, la cual están dadas en ocho etapas, las cuales son: Seleccionar, registrar información, examinar, crear, evaluar, determinar, implantar y mantener (Anexo N°1) (kanawaty, 1996).

Hace referencia al tiempo estándar, menciona que es el tiempo utilizado por el trabajador en una establecida actividad, incorporando los tiempos que se toma para descansar y trabajando en una tarea frecuente (Cruelles, 2012).

En cuanto a los suplementos, el autor menciona que al realizar el estudio es indispensable antes de empezar a registrar sus actividades, la energía que va invertir el trabajador por lo que se debe de compensar ciertos suplementos de cansancio y fatiga y de tal manera se debe dar un tiempo para que el colaborador pueda suplir sus necesidades personales (kanawaty, 1996)

También nos dice que el estudio de tiempos, registra los tiempos que se dan en cada tarea que son de una actividad determinada y se ejecutan en situaciones definida para analizar el tiempo que se requiere se efectúa en una tarea establecida (kanawaty, 1996).

El diagrama de operaciones establece el orden cronológico de todo el procedimiento, inspecciones, tiempos que se usan en las operaciones desde la llegada del material hasta el producto final (Niebel, y otros, 2009).

los métodos empleados para minimizar los tiempos improductivos, menciona que no se puede aplicar ningún procedimiento por que predomina en los demás y es difícil planificar las actividades de trabajo sin antes haber fijado la medición de los tiempos utilizados en cada proceso (kanawaty, 1996).

El diagrama de Análisis de proceso tiene como concepto instrumento de análisis es una simbolización grafica del orden de las tareas que están formados en un proceso reconociéndolos, están establecidos por símbolos de acuerdo a su cualidad y se tiene como indagación necesaria para su análisis (Garcia, 2006).

Por ello, la medición del trabajo tiene estudio de técnicas para establecer el tiempo en que invierte el operario calificado al realizar alguna actividad determinada mediante una realización fijada (kanawaty, 1996).

Hace mención, la medición del trabajo establece el tiempo que un operario requiere para ejecutar un trabajo específico (Prokopenko, 1989).

De igual manera podemos ver que, la ingeniería de métodos es la elección de métodos, procesos e instrumentos para la elaboración de un producto mediante técnicas a fin de obtener una eficaz relación entre el hombre y la máquina (Ingeniería de métodos, 2008).

Por ello, el mantenimiento y el estudio del trabajo tienen la exigencia de calcular el tiempo de ciclo de los mantenimientos preventivos y estos determinan en la programación y planeación de la producción. Así mismo la mejora tiene que ver con el estudio de métodos que pueden minimizar los tiempos en el mantenimiento. Por ello se puede investigar los movimientos de los operarios del mantenimiento en el puesto de trabajo y esto factible medir el tiempo de sus tareas de mantenimiento (kanawaty, 1996).

García, nos dice que la medición del trabajo es una táctica de investigación empleado en la determinación de varias técnicas para establecer las actividades fijadas en el tiempo del operario que se toma para concluirlo (García, 2006).

Por ello, el mejoramiento de los métodos de trabajo en las compañías en crecimiento establece el sector conveniente para aumentar la productividad y este método de actividades tienen por objetivo establecer que el trabajo sea más productivo mejorando la manera en que se elabora (Prokopenko, 1989).

Por ende, Para poder verificar el cursograma en todo lo que tiene que ver al trabajo o procedimiento, utiliza una serie simbología que determinan interpretar las actividades o secuencias que se den en otras empresas o fábricas (kanawaty, 1996). Tenemos los siguientes símbolos:

**Operación:** señala las principales etapas de los procedimientos o transformación en la duración de la ejecución que tienen los productos o piezas y la materia.

**Inspección** señala el control de calidad y el control de las cantidades.

**Transporte** señala los desplazamientos de los operarios, material y equipos de un sitio a otro, espera señala la demora en las actividades ya sea por el operador o algunas operaciones

**Almacenamiento** señala el acopio de cualquier objeto mediante la entrega de algún documento que valide la referencia o se sigue guardando en el almacén ver (Anexo N.º 2) (Kanawaty, 1996).

El autor menciona que está orientado el estudio de tiempos a las técnicas de establecer tiempos estándar ejecutados en una tarea puntual. Por ende, dicha técnica se basa en la medición de todas las operaciones que se dan en el trabajo teniendo en cuenta los suplementos de fatiga o tenga retrasos el personal (Niebel, y otros, 2009).

Por ello nos dice, el estudio de tiempos es una técnica para tener mayor exactitud en números limitados de observaciones y el tiempo apropiado para realizar una actividad determinada (García, 2006).

Para realizar el estudio de tiempo el autor manifiesta que tenemos que tener básicamente un cronometro, tablero y una calculadora. Por ello al emplear instrumentos más sofisticados ya sea como cámaras de video o algunas herramientas para registrar los tiempos son muy útiles (Anexo N°3) (Niebel, y otros, 2009).

La productividad que tiene como definición, la productividad establece el nivel de aprovechamiento de los factores que determinan al momento de producir un producto, es fundamental el control de la productividad a mayor productividad tenga la compañía, menos será los costos de fabricación. De tal manera incrementara la competencia en el mercado (Cruelles, 2012).

Nos menciona el autor, que la productividad es el nivel de rendimiento en que se utilizan los recursos utilizables para lograr los objetivos anticipados (García, 2006).

Los primeros pasos para iniciar un estudio de tiempos es elegir al operario con el apoyo del supervisor de campo, donde nos dice que el operario es el más calificado en el

desempeño de su labor. Por ello el operario tiene que estar capacitados. Así mismo facilitaría al analista de la toma de tiempos (Niebel, y otros, 2009).

La importancia de la productividad menciona que, los instrumentos primordiales que generan un incremento en la productividad implican los métodos, estudio de tiempos que se le conoce como medición y diseño del trabajo (Niebel, y otros, 2009).

Por ello hace mención que, la productividad es la relación entre la producción lograda mediante un método de fabricación o servicios y los recursos empleados para conseguirla. Así mismo se define la productividad como la utilización de los recursos eficientes (Prokopenko, 1989).

En las organizaciones menciona que, la producción se calcula con el análisis de eficiencia y eficacia. La media puede provocar el mejoramiento del sistema de evaluación, puede aumentar la productividad en el trabajo (Prokopenko, 1989).

Por ello, la productividad en el mantenimiento preventivo, La productividad está influenciada por el volumen, la duración, variedad y la calidad y el tiempo que tiene el equipo o la maquina pueden influenciar en la medición de la productividad de la empresa (Prokopenko, 1989).

De tal manera las herramientas que van hacer empleadas son la eficiencia y la eficacia, serán las dimensiones de la variable productividad. Posteriormente de haber definido cada uno de las variables que son de esta investigación y las dimensiones que se mostraron podemos establecer las diferencias que existen entre eficiencia y eficacia. La eficiencia se define como, la capacidad desocupado de horas hombre y las horas maquinas, para alcanzar la productividad se alcanzan mediante jornadas que trabajan en el tiempo adecuado (Garcia, 2006).

Eficacia del mantenimiento es, la inspección del mantenimiento, no es posible calcular los resultados conseguidos ni se puede tener un control de la operación por lo que se sugiere determinar si se está gastando más de lo normal o menos de lo necesario en el mantenimiento (kanawaty, 1996).

Capacidad instalada son: la disponibilidad de los recursos necesarios para producir determinados bienes o servicios, su tamaño en función directamente la cantidad de producción que pueda abastecerse. También nos menciona la producción real de la capacidad instalada, haciendo referencia al número de unidades que se producen o se atienden realmente (Mejia, 2013).

Oracle Crystal Ball. Conjunto de programas que están basados en la aplicación de patrones, previsiones, predictivos, simulaciones y la optimización que permite reconocer las variables más críticas del estudio que se esté desarrollando (Francisco, 2018).

Con el software Crystal Ball, El mundo de los negocios ha llevado a tomar decisiones más complejas. Por ende, los gerentes financieros tienen mayor atención en el uso de herramientas que les permita sugerir varios escenarios, y el uso de las técnicas de simulación, como es conocido del método de Monte Carlo. (Del Carpio Gallegos, y otros, 2007).

La barra de herramienta de Crystal Ball proporcionan los comandos del menú más empleado. Cada barra de herramientas está dada a cada menú en particular cuando se posición sobre cada botón de la barra (Fernández Hueso, 2011).

En Crystal Ball, se define un supuesto en la hoja de celda de Excel eligiendo una distribución de probabilidad que va a describir la incertidumbre de los datos. De esa manera, se debe seleccionar entre los diferentes tipos de distribución que está en la galería de distribuciones (Fernández Hueso, 2011).

Para ejecutar la simulación, se debe seleccionar la opción ejecutar y seguidamente comenzara la simulación. Y de esta manera, Crystal Ball ejecutara una simulación para la situación del contenido en el libro de Excel que se está trabajando y mostrara un gráfico de pronóstico mientras se va calculando los resultados y estos es en forma automáticamente luego de a ver ejecutado por la corrida que el investigador asume (Fernández Hueso, 2011).

El gráfico de sensibilidad, determina la influencia que tiene cada celda en el supuesto pronostico. En la simulación del Crystal Ball este grafico detallara en barras mostrando los supuestos más o menos importantes (Fernández Hueso, 2011).

Seleccionar una distribución, para el supuesto es una de los pasos mas determinantes al crear un patrón Crystal Ball, ya que cuenta con 21 distribuciones continuas y discretas que puede ser empleada para describir un supuesto (Gentry Barbara, 2006)

La distribución triangular describe una situación en la que se puede conocer y calcular el valor mínimo y máximo y el más probable que pueda ocurrir (Gentry Barbara, 2006).

### III. METODOLOGÍA

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Aplicada**

Nos menciona que la investigación aplicada, es un grupo de procesos sistemáticos, críticos y practico que se acomodan al estudio de un fenómeno o problema (Hernandez, 2014). Por ello según la ley N°30806, que modifica diversos artículos de la ley 28303, ley marco de ciencia, tecnología e innovación tecnológica y Concytec, en el anexo N°1 del glosario de términos menciona que la investigación aplicada, se dirige a la determinación mediante el conocimiento científico, los medios que se utilizaron fueron: metodologías, tecnologías y protocolos las cuales cubren una necesidad específica (El Peruano, 2018), por ende esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca aplicar los conocimientos que se adquieren para resolver los problemas prácticos inmediatos, se buscó aplicar el estudio del trabajo para aumentar la productividad en la empresa P&M automotriz.

##### **3.1.2 Enfoque:**

Nos dice que el enfoque cuantitativo emplea la recolección de los datos para demostrar las hipótesis con base a evaluación numérica y con los análisis estadísticos y fijar pautas de comportamiento y demostrar las teorías por ello está representado mediante un grupo de procesos (Hernandez, 2014).

### **3.1.3 Diseño:**

El diseño de la investigación es experimental, es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. El objetivo es explicar de qué manera y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. busca predecir el futuro, realizar pronósticos que una vez corroborados (Santa Paella, y otros, 2012).

### **3.1.4 Alcance:**

El informe de investigación tiene un alcance longitudinal, debido a que se recolecto la información proporcionada por la empresa y mediante ello se realizara una propuesta de estudio de tiempos para mejorar la productividad en la empresa P&M automotriz.

La investigación longitudinal se ocupa de realizar cambios en el tiempo, en determinadas variables o relacionados entre ellos y la recolección de datos se realiza en un tiempo determinado (Santa Paella, y otros, 2012).

## **3.2 Variables y operacionalización**

Se nombra variables a los rasgos, proesión o características posibles de variar, reflejadas en cantidades o cualidades de conjuntos u objetos que serán observados según (la motivación, estado nutricional, cultura) la presencia más significativa de las variables de estudio se hace en las hipótesis (Rios, 2017), por tal motivo se realiza la matriz de operacionalización podemos ver en el (Anexo N°4).

### **3.2.1. Variable 1: Estudio del trabajo**

#### **3.2.1.1. Definición conceptual**

El estudio del trabajo es una evaluación sistemática de procedimientos empleados para realizar trabajos con el fin de utilizar los recursos eficientemente estableciendo normas con respecto a las tareas que se están ejecutando (Kanawaty,1996).

#### **3.2.1.2. Definición operacional**

Conjunto de actividad que será medida a través del estudio de métodos y el estudio de tiempos.

### **3.2.1.3. Definición conceptual de dimensiones:**

#### **a) Estudio de método.**

Empleados para minimizar los tiempos improductivos mencionan Kanawaty que, no se puede aplicar ningún procedimiento por que predomina en los demás y es difícil planificar las actividades de trabajo sin antes haber fijado la medición de los tiempos utilizados en cada proceso (kanawaty, 1996).

$$\text{Tiempo improductivo} = \frac{\text{T. TOTAL} - \text{T PRO}}{\text{T TOTAL}}$$

T TOT: Tiempo total

T PRO: Tiempo productivo T

IMP: Tiempo improductivo

#### **b) Estudio de tiempo.**

El autor manifiesta que tenemos que tener básicamente un cronometro, tablero y una calculadora. Por ello al emplear instrumentos más sofisticados ya sea como cámaras de video o algunas herramientas para registrar los tiempos son muy útiles (Niebel, y otros, 2009).

$$\text{TS} = \text{TN} (1+ \text{Suplementos})$$

TS: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

TS: suplementos

### **3.2.2. variable 2: Productividad**

#### **3.2.2.1. Definición conceptual**

La productividad establece el nivel de aprovechamiento de los factores que determinan al momento de producir un producto, es fundamental el control de la productividad a

mayor productividad tenga la compañía, menos será los costos de fabricación (Cruelles, 2012).

### 3.2.2.2. Definición operacional

Calculo correspondiente a la aplicación de fórmulas para la determinar el tiempo empleado y el cumplimiento de la producción, mediante la relación de los recursos utilizados y los productos logrados, y esto se medirá la eficiencia y eficacia.

### 3.2.2.3. Definición conceptual de dimensiones

Podemos decir que una organización es eficiente, cuando se cumplen las metas trazadas, reduciendo los costos y ejecutando en el menor tiempo posible y optimizando los recursos sin minimizar el nivel de calidad (Ganga, 2014). la primera dimensión muestra como el indicador de eficiencia horas reales de los mantenimientos entre la sumatoria de horas hombres utilizadas

$$EFIC = \frac{H \text{ reales de los manttos}}{\sum H. HUTILIZADAS}$$

### b) Eficacia

Se define como el nivel de logro de metas y objetivos. La eficacia hace relación a la capacidad de obtener los resultados planteados, en los cuales fueron propuestos (Actualidad, 2013). Podemos decir que la eficacia es la capacidad de lograr los objetivos planteados en un menor tiempo requerido sin afectar el producto o servicio y su calidad.

$$= \frac{\text{Mantenimientos realizados}}{\text{Mantenimiento programados}} \text{EFI}$$

## 3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

### 3.3.1. Población

Grupo de todos casos o elementos que coincidan y este tendrá determinadas características (Hernandez, 2014), En el trabajo de investigación se tomará como

población los trabajos de servicio de mantenimiento preventivo diarios que se dan en el área de mantenimiento de la empresa P&M automotriz.

**Criterios de Inclusión:** se tomarán en cuenta los trabajos realizados en la jornada de trabajo de lunes a viernes de las 9:00 de la mañana hasta las 18:00pm (Turno básico). Se consideran los trabajos que acumulen un kilometraje de 5.00 km por cada unidad. Se consideran los buses alimentadores de la marca Huanghai.

**Criterios de exclusión:** no se considerarán los trabajos de los días sábados, domingos y feriados; y aquellos que tengan menos de 5.000 km de recorrido.

### **3.3.2. La muestra**

Subconjunto representativo del universo, los resultados obtenidos en la muestra son válidos para la población (Rios, 2017 pág. 89), La muestra de estudio resulta ser el trabajo de mantenimiento preventivo diario que se dan en el área de mantenimiento de la empresa P&M automotriz., que será evaluado en un periodo de 4 semanas antes y 4 semanas después de la aplicación de estudio del trabajo.

### **3.3.3. Muestreo**

Determina el tamaño de la muestra en esta esta dado por dos tipos probabilístico y no probabilísticos, el muestreo no probabilístico menciona que al seleccionar las unidades es depende de la decisión del autor de la investigación entre ellos tienen diferentes tipos: por conveniencia, por cuotas, objetivos, sujetos a voluntarios (Rios, 2017), el muestreo técnica por la cual se escoge la muestra de la población, para efectos de esta investigación el muestreo es no probabilístico por conveniencia por lo que se recolectara en un periodo de 8 semanas

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas**

Ha varios tipos de técnicas o herramientas para recolectar información en el lugar de trabajo. De acuerdo con el método y el tipo de investigación que se va a desarrollar, se emplearan diferentes técnicas (Bernal, 2010).

De tal manera en esta investigación se utilizará la recolección de datos mediante la técnica de observación. Anota toda información principal de hechos o acontecimientos que se puedan observar sin que esto signifique consultar (Rios, 2017).

#### **3.4.2. Instrumentos**

Recurso que emplea el investigador para anotar toda información o datos observables que verdaderamente representen las variables o conceptos que el investigado tiene en mente (Hernandez, 2014).

Para este proyecto de investigación se 3 formatos, en los cuales son de elaboración del investigador podemos observar en el anexo 5, que nos va a permitir registrar información de tomas de tiempo y las actividades dentro del tiempo establecido y así mismo la hoja técnica del cronometro. De la cual se verifico las especificaciones técnicas para poder realizar de manera segura y correctamente la toma de tiempo durante el proceso de los servicios de mantenimientos preventivos. Podemos ver en el anexo 6 la hoja técnica del cronometro.

#### **3.4.3. Validez**

Grado en que un instrumento realmente mide la variable en estudio (Hernandez, 2014 pág. 200). Por ende, en el presente trabajo de investigación está autorizada por la validación de los instrumentos de medición que se desarrolla mediante el juicio de expertos en la especialidad de ingeniería industrial de la universidad Cesar Vallejo como podemos ver en la tabla 1 Estos documentos de validez están firmados por especialistas están ubicados en el anexo 7.

Tabla 1 Validación de juicios de expertos

<b>VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS</b>		
<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>GRADO DE INSTRUCCIÓN</b>	<b>Juicio del experto</b>
<b>Guido Trujillo Valdiviezo</b>	Magister	Aplicable
<b>José de la Rosa Zeña Ramos</b>	Magister	Aplicable
<b>Jorge Rafael Diaz Dumont</b>	Doctor	Aplicable

Fuente: Elaboración propia.

#### **3.4.4 Confiabilidad de instrumentos**

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales (Hernández, 2014). La confiabilidad para el presente trabajo es de 100% ya que los cálculos de los registros se aplicaron fórmulas matemáticas y los datos son verdaderos.

#### **3.5 Procedimientos**

Los procedimientos de recolección de datos explican la planificación de lo que va hacer el investigador con respecto a la manera en la recolección de los datos (Rios, 2017 pág. 106), de tal manera estará dividido en tres etapas.

Etapa 1: Recolección de datos, se emplearon diferentes herramientas de calidad como el diagrama de Ishikawa, para determinar las causas que originan la baja productividad en el área de mantenimiento, también se utilizó el diagrama de Pareto, para identificar las causas de mayor impacto y por último se utilizó la matriz de priorización para determinar la mejor alternativa, siendo esta el estudio del trabajo.

Por la coyuntura, los resultados para la data pre test fueron considerados en base a lo trabajado en el mes de febrero. Por la cuarentena, la empresa optó por reducir la salida de los buses, de un 100 a un 50%, es decir de 160 buses a 80 buses.

Etapa 2: Considerando que la data pre test es del mes de febrero y por medidas preventivas se han reducido el número de buses para brindar el servicio, se debe adicionar que la empresa también dispuso una reducción de personal y restricción de ingresos a terceros motivos por los cuales no se ha logrado realizar la implementación de la herramienta del estudio del trabajo y por ende no se ha logrado tomar resultados de data post test

## **A. Situación actual**

### **a). DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

P&M automotriz inició sus actividades en el 2008, actualmente cuenta con más de 600 empleados. La organización se dedica a brindar servicios de transporte, exclusivamente al Metropolitano, prestando el servicio a las rutas de los alimentadores que realizan un recorrido desde la Estación Naranjal hasta Carabayllo. Se brindan estos servicios en diferentes turnos de trabajo y de manera diaria.

La empresa cuenta con un área de mantenimiento donde se realizan los procesos de lubricación, admisión y escape, combustible y suspensión. Trabajan 4 personas, uno en cada proceso, cada persona, tiene su propia caja de herramientas y al responsable del proceso de lubricación tiene a su cargo la maquina engrasadora. Se realizan 4 turnos de jornada de trabajo el de la mañana, básico, tarde y noche. Para la investigación se considera la jornada básica que cubre el horario de 9:00am hasta las 18:00pm.

Tabla 2 Datos P&M automotriz.

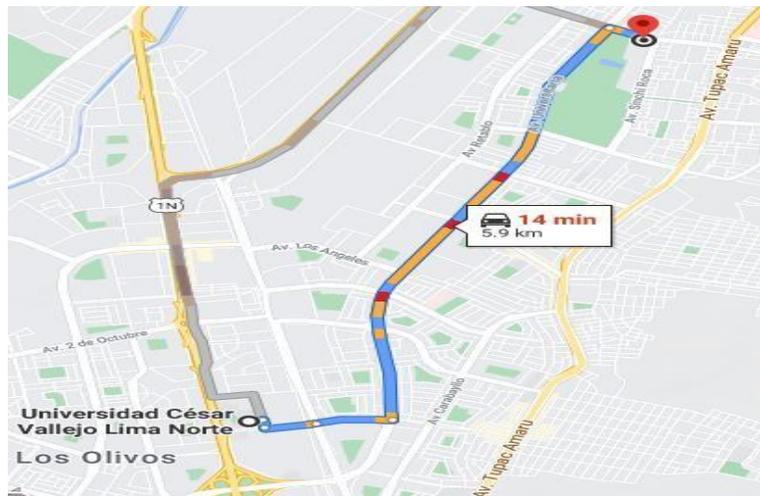
<b>Razón Social:</b>	<b>P&amp;M automotriz.</b>
<b>Departamento:</b>	Lima
<b>Dirección 1</b>	AV. San Juan Bautista Comas
<b>Actividad:</b>	Transporte urbano y suburbano de pasajeros por vía terrestre
<b>Fecha de funcionamiento</b>	10 septiembre 20008

Fuente: Elaboración Propia.

## UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Se puede visualizar en la figura 2, la localización geográfica de la empresa P&M automotriz. ubicada en el distrito de Comas en la Av. Los incas cuadran 4 nro. s/n urb. san juan bautista.

Figura 2 ubicación de la empresa



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Metropolitano+Patio+Norte>.

### b). Actividades a que se dedica la empresa

La empresa se dedica a brindar servicios de transporte urbano en la zona de Lima, para ello requiere de un área de mantenimiento que brinda el mantenimiento a las unidades de transporte.

### C). Volumen de negocio.

Se presentan un reporte de los montos aproximados generados por los servicios de mantenimiento brindados a los buses

**Tabla 3 Ingresos por mantenimiento de unidades Huanghai (Último trimestre 2019)**

Descripción	Diciembre 2019	Noviembre 2019	Octubre2019
Ingreso de unidades	200 buses	190 buses	195 buses
Costo de Mantenimiento por unidades (S/.80.00 Nuevos soles)	S/.16.000	S/.15.200	S/.15.600

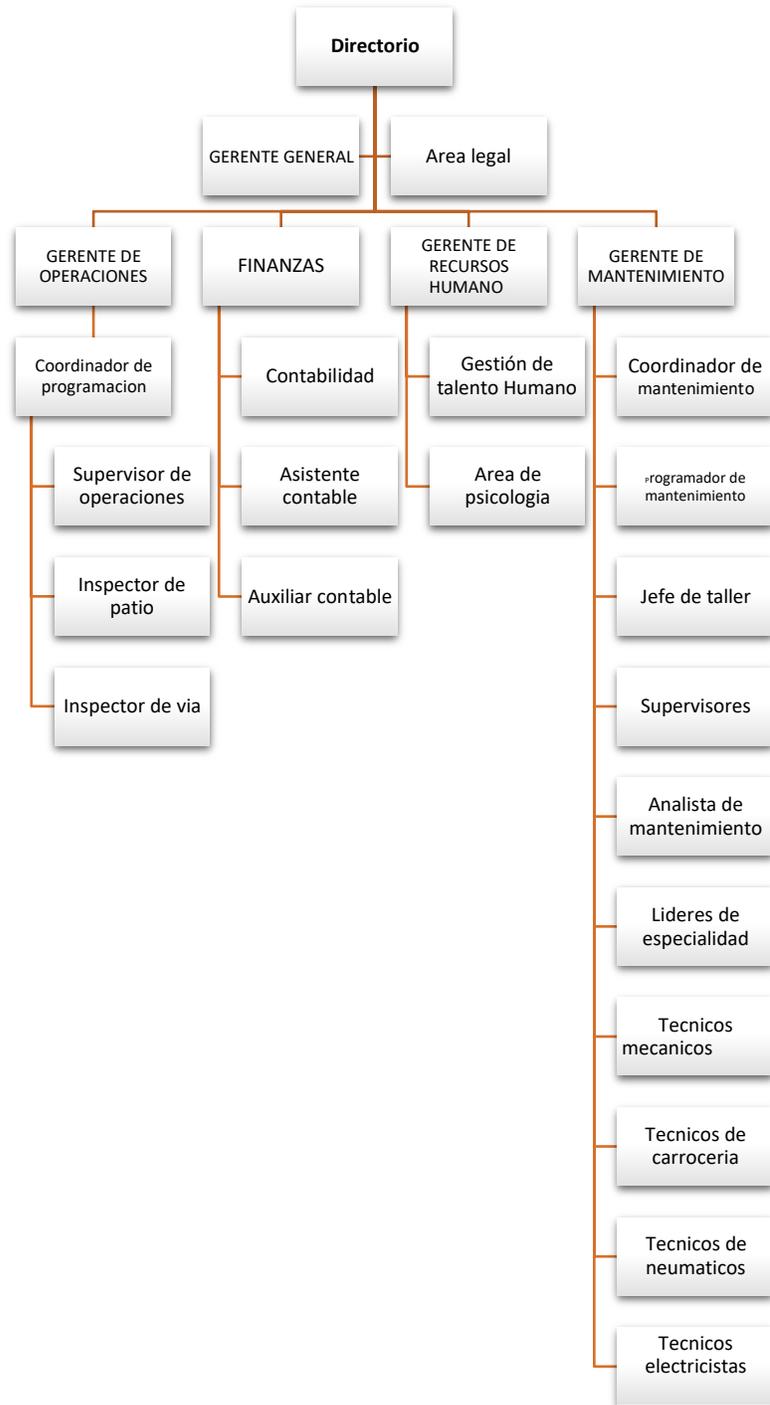
### d) Clientes o mercado

El principal cliente es ATU, se encarga de enviar la programación de servicios que van a cubrir las rutas de los diferentes buses, a las diferentes empresas con las que tiene la buena Pro.

### e). ORGANIGRAMA

La empresa P&M automotriz, está conformada por el directorio, gerente general está encargado de la parte administrativa, recursos humanos, finanzas, el área legal de la empresa, gerencia de operaciones encargado de la floja de buses para realizar los servicios junto con los supervisores, inspectores de patio y vía acompañado del grupo de operadores alimentadores y troncales se encargan de la conducción de las unidades, así mismo nos encontramos con el área de mantenimiento trabajan con altos estándares de calidad y asegurar el funcionamiento de las unidades. La empresa no cuenta con un organigrama establecido y fue propuesta por el investigador.

Figura 3 Organigrama de P&M automotriz

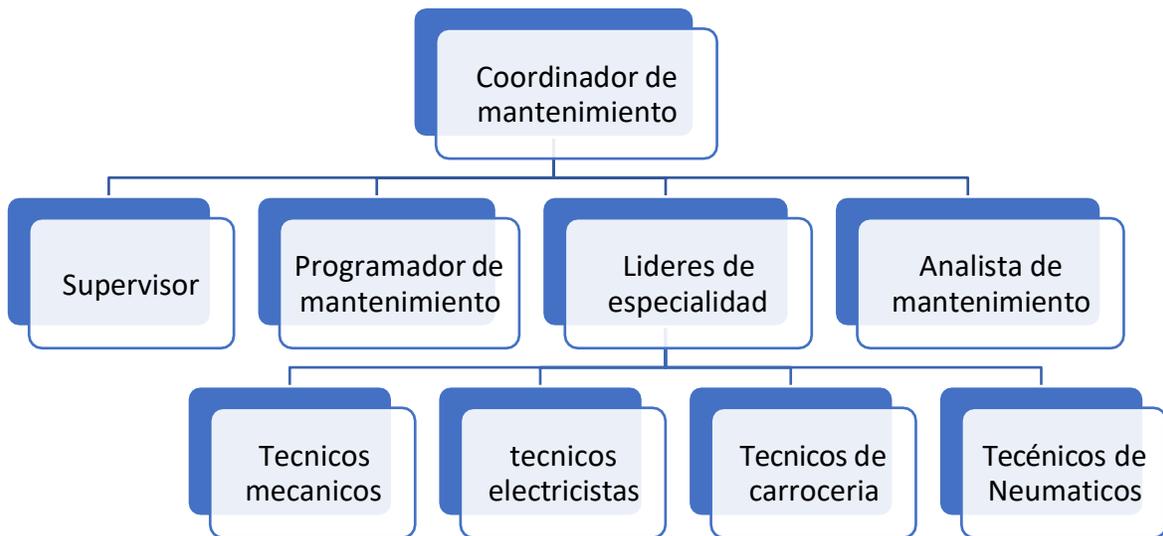


Fuente: Elaboración propia

## Organigrama del área de mantenimiento

Podemos observar en la Figura 4 el organigrama del área mantenimiento. preventivo y correctivo tanto de los buses alimentadores como articulados. Por ello el área cuenta con varias especialidades (procesos) de todos los sistemas del bus. Las revisiones que realizan los técnicos a las unidades, son establecidas por kilometraje de recorrido de cada unidad, estos recorridos de kilometrajes son registrados diariamente en la plataforma EAN, y se realizan de forma inmediata cuando se registra el ingreso de una unidad en el área, con la finalidad de tener la flota de buses con una mayor disponibilidad y operatividad.

Figura 4 Se presenta a continuación la departamentalización del área de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

## **f) . ASPECTOS ESTRATÉGICOS**

### **MISIÓN:**

Es una empresa fortalecida por su desarrollo de su talento humano, presta un servicio de transporte masivo de pasajeros de clase mundial, generando un bienestar para todos sus integrantes.

### **VISIÓN:**

En siete años será la mejor opción laboral para sus integrantes, convirtiéndose en un grupo empresarial líder del mercado de transporte, generando valor para sus socios y contribuyendo a la modernización de la comunidad.

### **VALORES:**

#### **Integridad:**

Perú Masivo es una empresa honesta, leal y justa que actúa correctamente en su proceso de toma de decisiones.

#### **BIENESTAR:**

Somos una empresa que respeta y valora a sus colaboradores y socios, brindándoles oportunidades que mejoran su calidad de vida.

#### **LIDERAZGO:**

Contamos con profesionales con visión estratégica que generan valor en la organización.

#### **COMUNICACIÓN:**

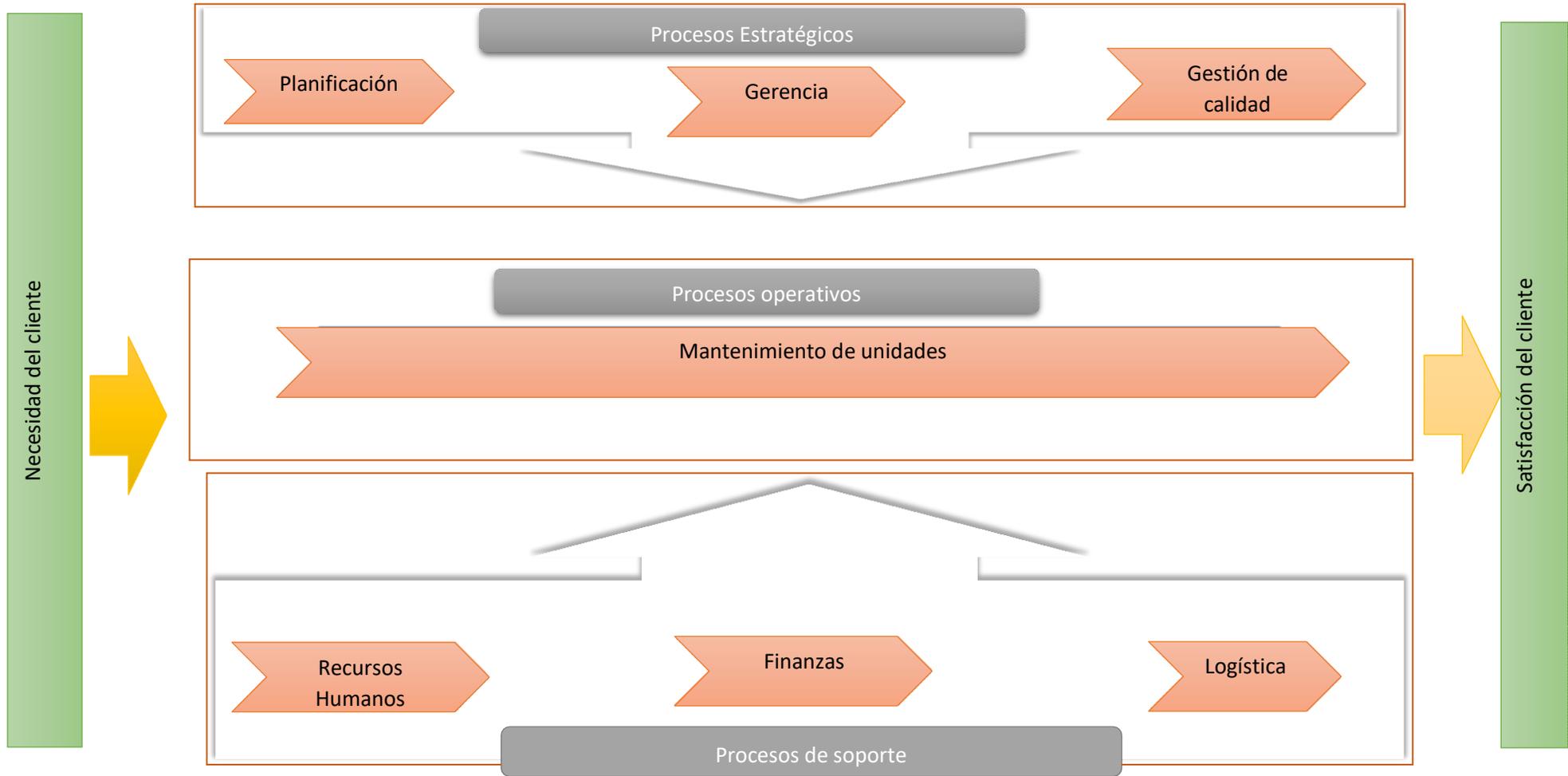
Expresamos nuestras ideas de manera asertiva, interactuando oportunamente con todos nuestros interlocutores.

#### **INNOVACIÓN:**

Implementamos procesos y soluciones de transporte seguras, eficientes y amables con el medio ambiente.

**g) Procesos:**

Figura 5 Mapa de procesos de la empresa P&M automotriz



Fuente: Elaboración propia.

La empresa P&M, Automotriz contiene 3 procesos internos en el sistema de gestión integrado: procesos estratégicos, procesos operativos, procesos de soporte.

Los procesos estratégicos contienen la planificación, gerencia y gestión de calidad estos tienen como objetivo planificar los trabajos de mantenimiento y el cumplimiento de la empresa a través de las políticas internas y compromiso.

Los procesos operativos de la empresa constan de los mantenimientos preventivos en las unidades de cuales son el sistema de lubricación, admisión y escape, combustible y refrigeración

Los procesos de soporte conforman: Recursos humanos, finanzas y logística estos son los que proporcionan los materiales de trabajo.

**A continuación, se presentan las principales causas que se identificaron en el Ishikawa**

**Figura 6 Revisión del sistema de admisión y escape**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 7 Revisión del sistema de admisión y escape**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 8 Revisión del sistema de lubricación**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 9 Revisión del sistema de lubricación**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 10 Revisión del sistema de lubricación**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 11 Revisión del sistema de Combustible**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 12 Revisión del sistema de Combustible**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 13 Revisión del sistema de Suspensión**



Fuente: P&M Automotriz.

**Figura 14 Revisión del sistema de Suspensión**



Fuente: P&M Automotriz.

Causa: Falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento

La empresa P&M, Automotriz cuenta con un proceso determinado para cada mantenimiento preventivo de la unidad, el cual ha sido detallado en el DAP, sin embargo, los tiempos no estandarizados se generan debido a la falta de estandarización de tiempos y mejora de procesos

Causa: Falta de Tiempo planificado en el mantenimiento

En la empresa existe un tiempo determinado para cada mantenimiento, pero esos tiempos son desde inicio de operación por lo que ya en la actualidad es necesario y fundamental tener un tiempo planificado para cada mantenimiento preventivo en las unidades.

Causa: Ubicación de equipo muy distante

La máquina engrasadora está ubicada muy distante en donde las unidades se encuentran ubicados listos para iniciar las actividades, ya que el técnico tiene que ir hasta ese punto para recién ingresar a la zona de trabajo.

Causa: Falta de iluminación

Las unidades se encuentran ubicadas en la zona de zanjas donde ya estas parqueados para dar inicio a sus actividades por lo mayormente se trabaja de bajo de la unidad y en las inspecciones se tiene que trabajar con linternas de mano o cabeza y también con el fluido eléctrico por lo que la falta de iluminación hace que se demore un poco más de lo normal y a eso se suma la exigencia de la visión del técnico.

Causa: Falta de repuestos

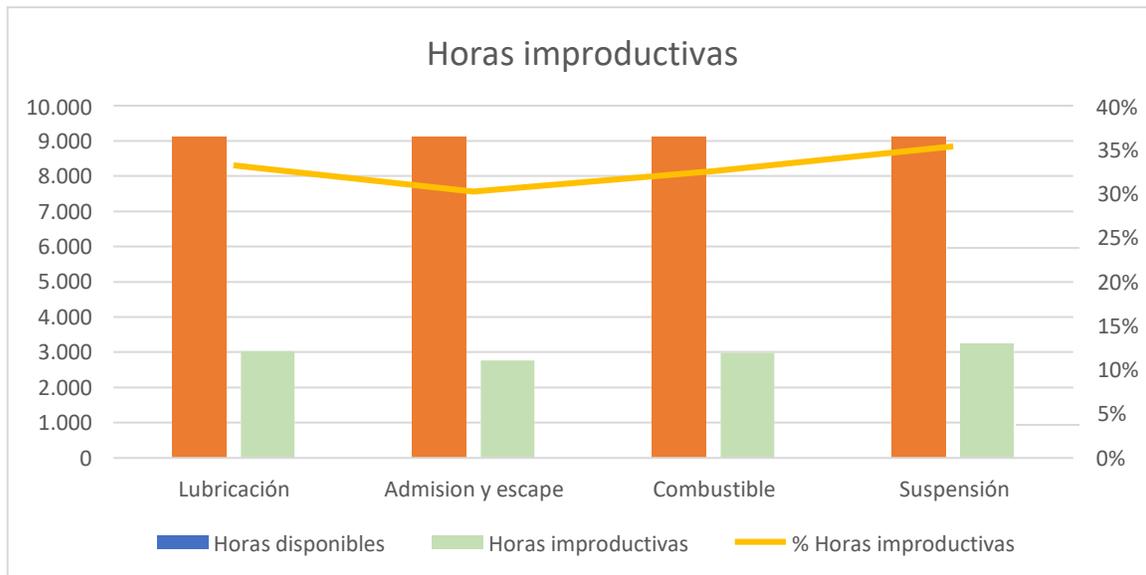
En el almacén no se abastece de los materiales que diariamente se solicita por orden de trabajo preventiva ya que estos repuestos ya tienen orden de trabajo y no hay en almacén por lo que existe demoras en realizar los trabajo.

**Tabla 4 Horas improductivas**

SISTEMAS	Mes Febrero	Horas disponibles	Horas trabajadas	Horas improductivas	% Horas improductivas
PROCESOS	Lubricación	9.120	6.089	3.031	33%
	Admisión y escape	9.120	6.363	2.757	30%
	Combustible	9.120	6.151	2.969	33%
	Suspensión	9.120	5.894	3.226	35%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 15 Gráfico de estadística de las horas improductivas**

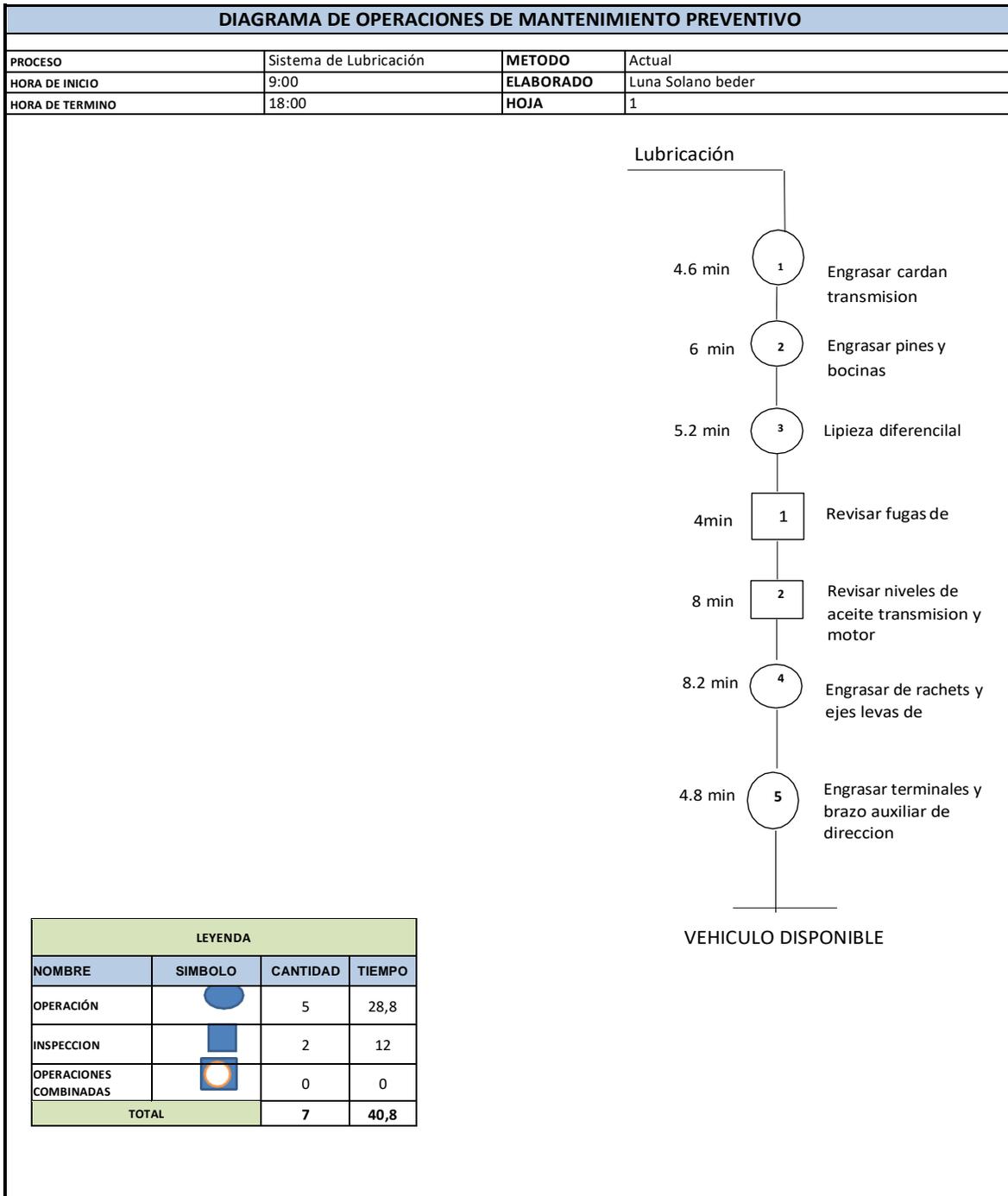


Fuente: Elaboración propia

Podemos ver en la grafico 1 que en el mes de febrero con respecto a los procesos del área de mantenimiento el índice de improductividad alcanzó el 35%, mientras los demás sistemas no tuvieron diferentes variaciones en base a ello desarrollaremos las mejores alternativas de solución que nos permita mejorar la productividad de los procesos que actualmente tiene la organización.

## Diagrama de Operaciones del mantenimiento (DOP) Pre estudio

### Figura 16 Sistema de lubricación



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5 diagrama de análisis de operaciones del proceso del sistema de lubricación**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Diagrama No.	Hoja No.	Tecnico	MATERIAL	EQUIPO						
Objetivo: Sistema de lubricacion		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)					
		Operación	5	28,8	0					
proceso analizado: Mantenimiento		Transporte	3	6	12					
		Espera	0	0	0					
		Inspección	2	12	0					
		Almacenamiento	0	0	0					
Metodo:	Actual	Propuesto	Total	10	46,8					
Localización: Mantenimiento		Tiempo total de actividades		46.8						
Tecnico Mecanico: Jorge Reategui		Elaborado por: Luna Solano Beder		Fecha: 02/9/2020						
Descripción		Distancia	Tiempo	○	⇒	◻	▽	Observaciones	Tiem. productivo	Tiem. Improductivo
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	1. Traslado a la unidad con la maquina engrasadora	5	2,0	●	●					X
	2. Engrase de cardan transmisión		4,6	●					X	
	3. Engrase de pines y bocinas		6,0	●					X	
	4. Limpieza de transmisión y diferencial		5,2			●			X	
	5. Revisar fugas de aceite		4,0				●		X	
	6. Revisar nivel de aceite motor y transmisión		8,0	●					X	
	7. Engrase de rachets y ejes levas de frenos		8,2	●					X	
	8. Engrase de terminales y brazo auxiliar de dirección		4,8			●			X	
	9. Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	5	2,0		●					X
	10. Traslado otra unidad con la maquina engrasadora	2	2,0							X
Total		12	46,8	5	3	0	2	0	7	3

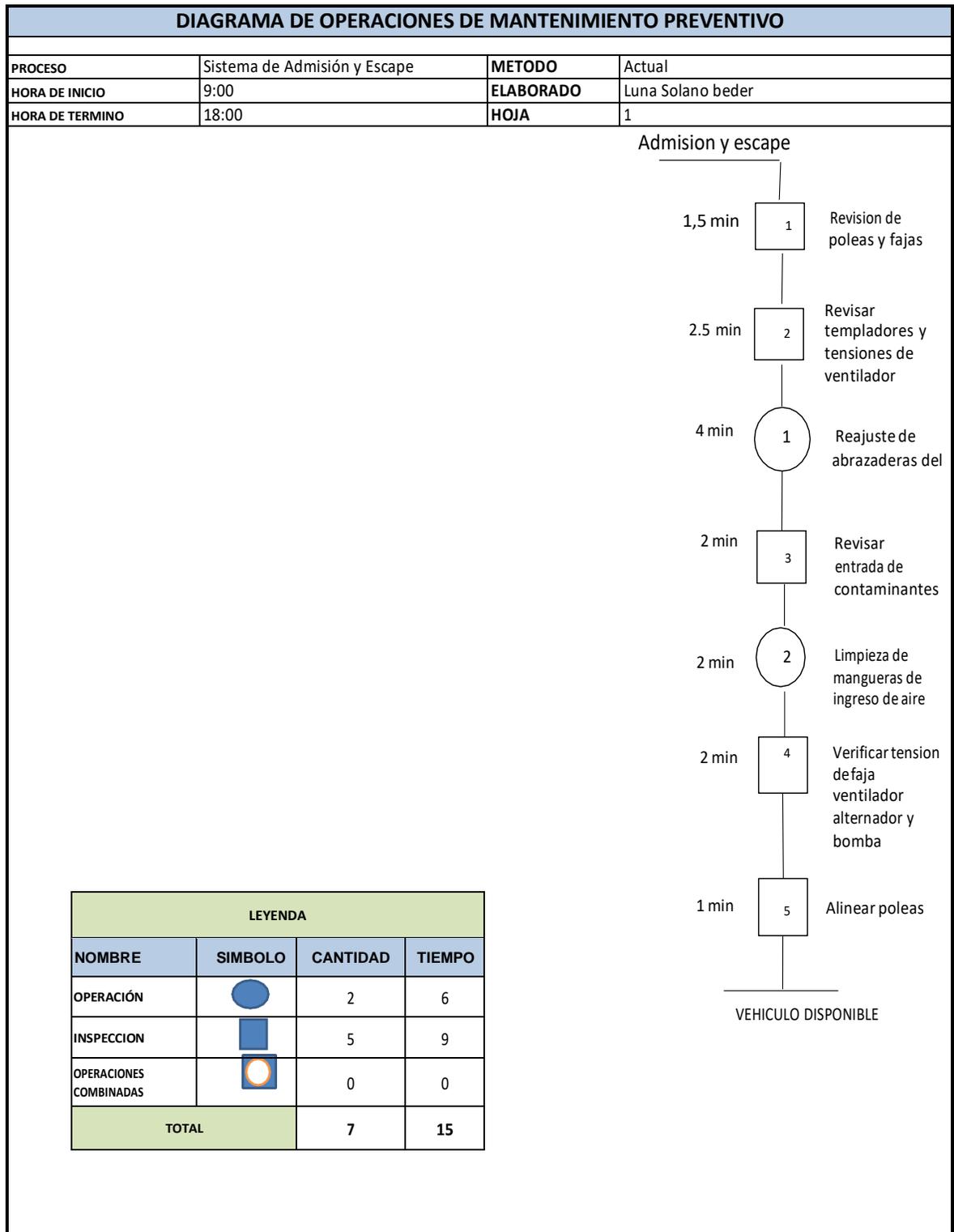
Fuente: Elaboración propia

Según el diagrama de la especialidad del sistema de lubricación, podemos observar en la tabla 4 indica que, este proceso consta de 5 operaciones, 3 traslados, 0 demoras y 2 inspecciones, 0 de almacenamiento haciendo un total de 10 actividades. También se puede deducir que tuvo un recorrido total de 12 metros a través de todo el proceso. el tiempo improductivo durante todo el proceso del mantenimiento del sistema de lubricación en la empresa Automotriz P&M. Se calculará de la siguiente formula.

$$\text{Tiempo improductivo} = \frac{46.8-40.8}{46.8} = 0.13 = 13\%$$

Podemos saber que son el 13% del total de actividades improductivas que no generan valor en el proceso del sistema lubricación.

Figura 17 Sistema de Admisión y escape



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6 diagrama de análisis de operaciones sistema de Admisión y escape**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Diagrama Hoja No.		Tecnico ■		MATERIAL □		EQUIPO □				
Objetivo: Sistema de Admisión y Escape		Actividades		ACTUAL		Tiempo		Distancia (mts)		
		Operación		2		2,5		0		
Proceso analizado: Mantenimiento 5.000km		Transporte		3		6		12		
		Espera		0		0		0		
Metodo:		Inspección		5		9,5		0		
Actual ■ Propuesto □		Almacenamiento		0		0		0		
Localización: Mantenimiento		Total		10		21		12		
Tecnico Mecanico: Kleiber Vargas		Tiempo total de actividades		21						
Elaborado por: Luna Solano Beder										
Fecha: 02/9/2020										
Descripción		Distancia		Tiempo (min)		Símbolo		Observaciones		
						○ □ ▽		Tiem. productivo / Tiem. Improductivo		
SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	1. Traslado a la unidad		5	2,0	●				X	
	2. Revisión de poleas y fajas			1,5		●		X		
	3. Revisar templadores y tensiones de ventilador			2,5		●		X		
	4. Recorrido de tubo de escape			4,0	●			X		
	5. Revisar entrada de contaminantes			2,0		●		X		
	6. Limpieza de mangueras de ingreso de aire y filtro			2,0	●			X		
	7. Verificar tensión de faja ventilador alternador y bomba			2,0		●		X		
	8. Alinear poleas			1,0		●		X		
	9. Llenado de orden de trabajo traslado a digitación		5	2,0	●				X	
	10. Traslado a otra unidad		2	2,0		●			X	
Total		12	21,0	2	3	0	5	0	7	3

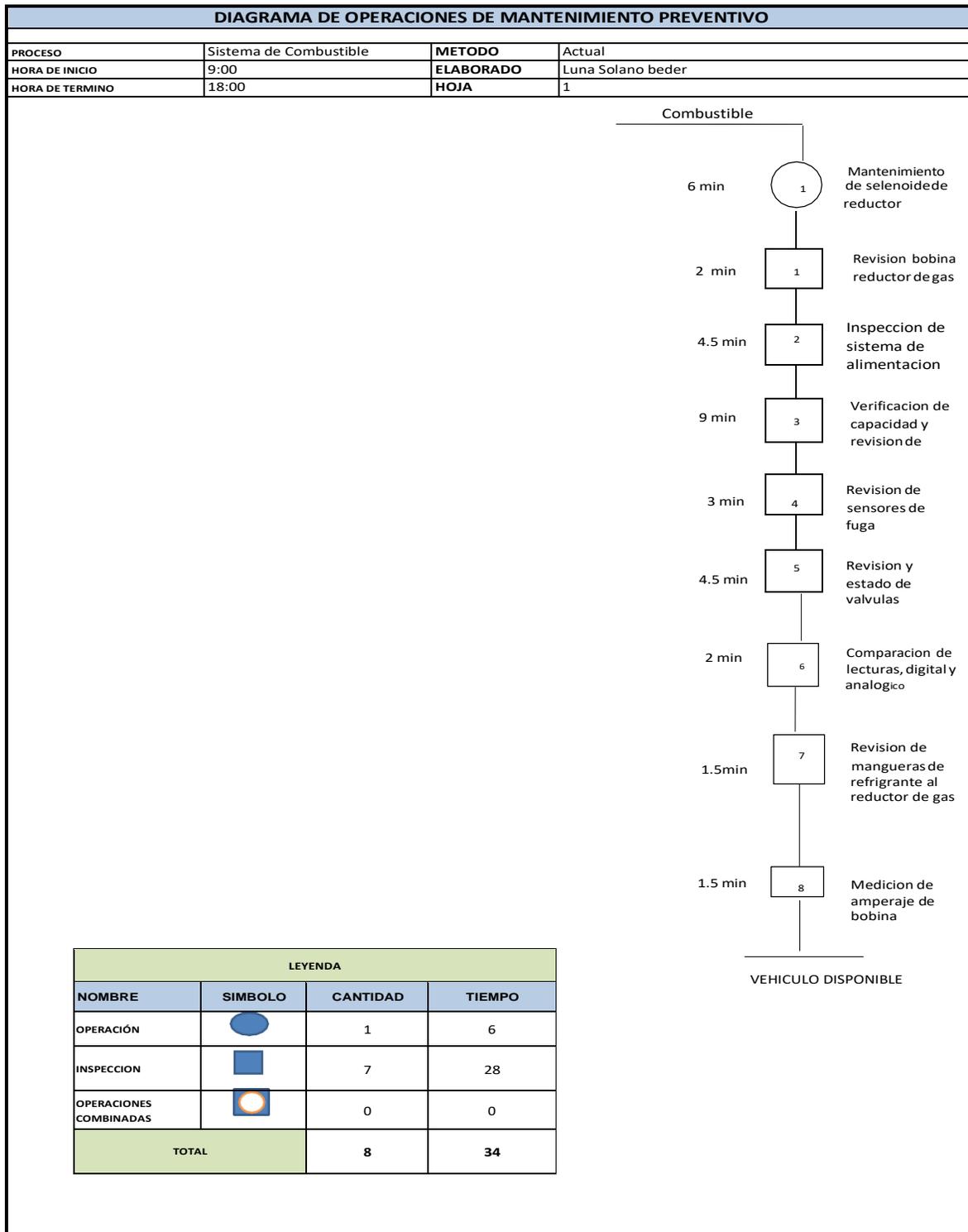
Fuente: Elaboración propia

Según el diagrama de la especialidad del sistema de admisión y escape de acuerdo con la tabla 6 indica que, consta de 2 operaciones, 3 traslados, 0 demoras y 5 inspecciones, 0 de almacenamiento haciendo un total de 10 actividades. También se puede deducir que tuvo un recorrido total de 12 metros a través de todo el proceso. Se pudo determinar 7 actividades que son productivos y 3 actividades que son actividades improductivas durante todo el proceso del mantenimiento del sistema de admisión y escape en la empresa Automotriz P&M.

$$\text{Tiempo improductivo} = \frac{21-15}{2} = 0.28 = 28\%$$

Con esta fórmula podemos saber que es el 28% del total de actividades improductivas en el proceso que no generan valor en el sistema de admisión y escape.

Figura 18 Sistema de Combustible



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7 diagrama de análisis de operaciones sistema de Combustible**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO										
Diagrama No.	Hoja No.	Tecnico	MATERIAL	EQUIPO						
Objetivo: Sistema de Combustible		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)					
Proceso analizado: Mantenimiento 5.000km		Operación	1	6	0					
Metodo:		Transporte	3	6	12					
Actual ■ Propuesto □		Espera	0	0	0					
Localización: Mantenimiento		Inspección	8	28	0					
Tecnico Mecanico: Jimmy Lopez		Almacenamiento	0	0	0					
Elaborado por: Luna Solano Beder		Total	12	40	12					
Fecha: 02/9/2020		Tiempo total de actividades	40							
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	○	⇒	□	▽	Observacion	Tiem. productiv	Tiem. Improdu
	1. Traslado a la unidad	5	2,0							X
	2. Mantenimiento de selenoide de reductor		6,0						X	
	3. Revisión bobina reductor de gas		2,0						X	
	4. Inspección de sistema de alimentación		4,5						X	
	5. Verificación de capacidad y revisión de valvulas de tanque de GnV		9,0						X	
	6. Revisión de sensores de fuga		3,0						X	
	7. Revisión y estado de valvulas		4,5						X	
	8. Comparación de lecturas, digital y analogico		2,0						X	
	9. Revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas		1,5						X	
	10. Medición de amperaje de bobina		1,5						X	
	11. Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	5	2,0							X
	12. Traslado a otra unidad	2	2,0							X
Total		12	40,0	1	3	0	8	0	9	3

Fuente: Elaboración propia

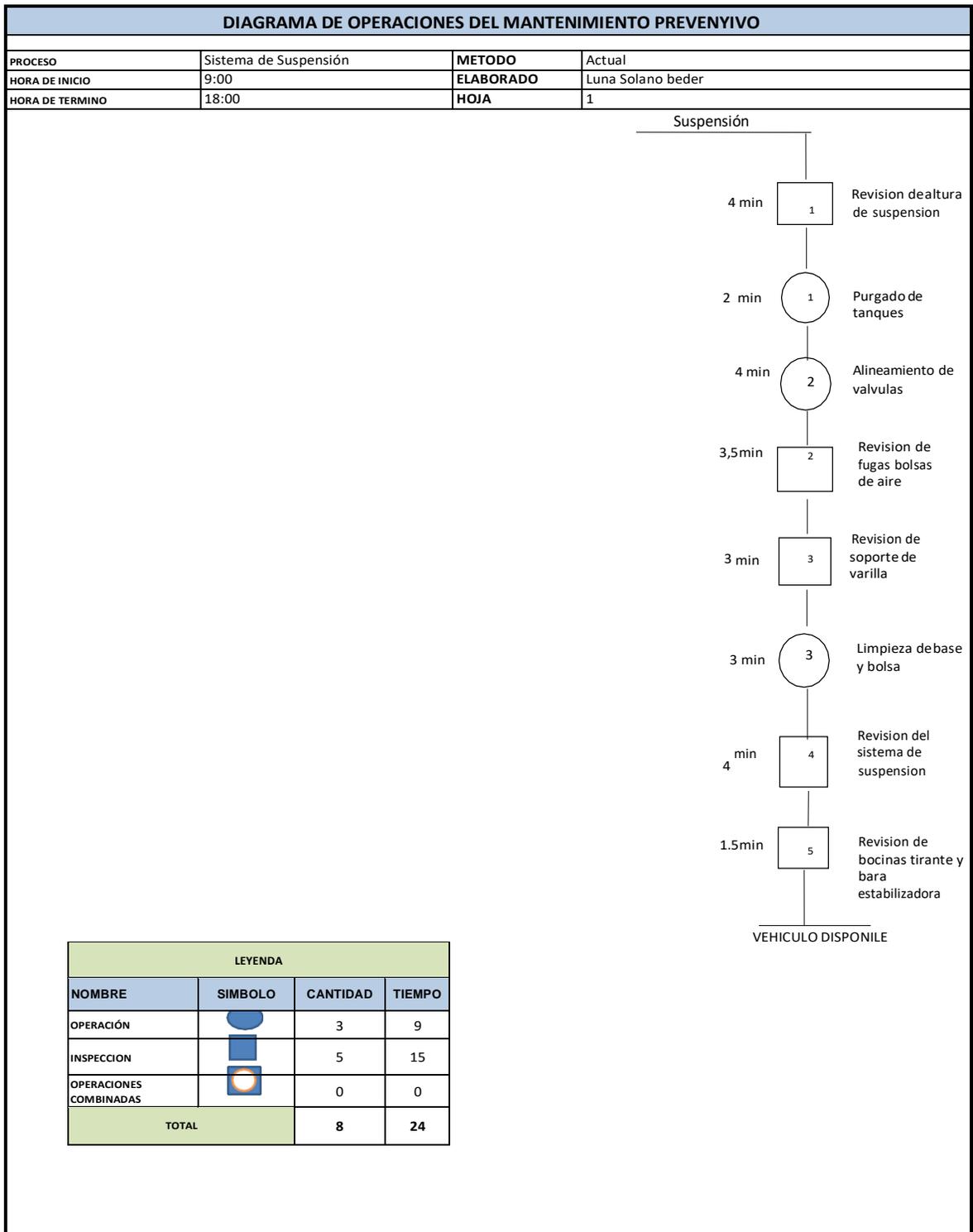
Según el diagrama de la especialidad del sistema de combustible de acuerdo con la tabla 7 indica que consta de 1 operaciones, 3 traslados, 0 demoras y 8 inspecciones, 0 de almacenamiento haciendo un total de 10 actividades. También se puede deducir que tuvo un recorrido total de 12 metros a través de todo el proceso.

Se pudo determinar 9 actividades que son productivos y 3 actividades que son actividades improductivas durante todo el proceso del mantenimiento del sistema de combustible en la empresa Automotriz P&M.

$$\text{T tiempo improductivo} = \frac{40-34}{4} = 0.2 = 20\%$$

Con esta fórmula podemos saber que es el 20% del total de actividades improductivas en el proceso que no generan valor en el sistema de combustible.

Figura 19 Sistema de Suspensión



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8 diagrama de análisis de operaciones sistema de Suspensión**

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO											
Diagrama No.	Hoja No.	Tecnico	MATERIAL	EQUIPO							
Objetivo: Sistema de Suspensión		Actividades	ACT	JAL	Tiempo			Distancia (mts)			
		Operación	1		4			0			
Proceso analizado: mantenimiento		Transporte	3		6			12			
		Espera	0		0			0			
Metodo:		Inspección	8		20,0			0			
Actual	Propuesto	Almacenamiento	0		0			0			
Localización: Mantenimiento		Total	12		30			12			
Tecnico Mecanico: Marco Corrales		Tiempo total de actividades			30						
Elaborado por: Luna Solano Beder											
Aprobado por:											
Descripción		Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	Tiem. productivo	Tiem. Improd
				○	⇒	□	▽				
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>	1. Traslado a la unidad	5	2,0		●					x	
	2. Revisión de altura de suspensión		4,0				●		x		
	3. Purgado de tanques		2,0	●					x		
	4. Alineamiento de válvulas		4,0	●					x		
	5. Revisión de fugas de bolsas de aire		3,5				●		x		
	6. Revisión de soporte de varilla		2,0				●		x		
	7. Limpieza de bolsa y base		3,0	●					x		
	8. Revisión del sistema de suspensión		4,0				●		x		
	9. Revisión de bocinas tirante y barra estabilizadora		1,5				●		x		
	10. Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	5	2,0		●					x	
	11. Traslado a otra unidad	2	2,0		●					x	
<b>Total</b>		12	30,0	3	3	0	5	0	8	3	

Fuente: Elaboración propia

Por último, el diagrama de la especialidad del sistema de suspensión de acuerdo con la tabla 8 indica que, consta de 3 operaciones, 3 traslados, 0 demoras y 5 inspecciones, 0 de almacenamiento haciendo un total de 8 actividades. También se puede deducir que tuvo un recorrido total de 12 metros a través de todo el proceso.

Se pudo determinar 8 actividades que son productivas y 3 actividades que son actividades improductivas durante todo el proceso del mantenimiento del sistema de suspensión en la empresa Automotriz P&M. De acuerdo al cuadro se determina el porcentaje total de actividades productivas que tiene dicho proceso.

$$\text{Tiempo improductivo} = \frac{30-24}{3} = 0.2 = 20\%$$

Con esta fórmula podemos saber que es el 20% del total de actividades improductivas en el proceso que no generan valor en el sistema de suspensión.

### **Toma de Tiempos (Pre- Test)**

Se realizó una toma de tiempos de 19 días en el periodo de febrero de 2020, teniendo cuenta los días Lunes a viernes, excepto los feriados y los fines de semana, para obtener el número de muestras que se desea, para definir el tiempo estándar en los procesos del mantenimiento por especialidades de las áreas de lubricación, admisión y escape, combustible y por último suspensión.

**Tabla 9: Toma de tiempos de las actividades de Lubricación febrero 2020 - Minutos (PRE-TEST)**

TOMA DE TIEMPOS INICIAL - ESTUDIO DE TIEMPOS SISTEMA DE LUBRICACIÓN																					
		Empresa:				P&M Automotriz						Area:			Mantenimiento						
		Método:				PRE - TEST						Proces			Lubricacion						
		Elaborado por:				Luna Solano Beder															
ITEM	OPERACIÓN	TIEMPOS OBSERVADOS EN MINUTOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	promedio
		min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
1	Engrase de cardan transmision	4,8	4,3	4,2	4,3	4,5	4,8	4,3	4,2	4,7	4,1	4,0	4,3	4,8	4,3	4,2	4,8	4,3	4,2	4,0	4,37
2	Engrase de pines y bocinas	6,0	5,8	5,2	5,5	6,0	5,5	5,9	6,0	5,4	5,2	5,5	5,3	5,5	6,0	5,5	6,0	5,4	5,2	5,5	5,60
3	Limpieza de transmision y diferencial	5,7	5,4	5,3	5,0	5,0	5,1	5,4	5,3	5,0	5,2	5,2	5,4	5,4	5,3	5,0	5,4	5,3	5,0	5,3	5,25
4	Revisar fugas de aceite	3,0	2,9	2,7	2,9	3,5	3,7	3,2	3,0	3,4	3,8	3,0	3,1	2,9	2,7	2,9	3,5	3,7	3,5	3,0	3,18
5	Revisar nivel de aceite motor y transmisión	9,0	8,8	8,9	9,0	8,0	8,4	8,3	8,4	8,7	9,0	8,2	8,4	8,8	8,9	9,0	8,0	9,0	8,0	8,4	8,59
6	Engrase de rachets y ejes levas de frenos	8,2	7,9	6,8	6,8	7,0	6,9	8,0	8,2	8,5	8,3	8,4	8,1	7,0	6,9	8,0	7,9	6,8	7,6	7,2	7,61
7	Engrase de terminales y brazo auxiliar de dirección	6,0	5,5	5,2	5,4	5,0	5,8	5,6	6,0	5,4	5,2	5,0	5,8	5,2	5,4	5,0	6,0	5,4	5,2	5,4	5,45
	Tiempo total (min).	42,7	40,6	38,3	38,9	39,0	40,2	40,7	41,1	41,1	40,8	39,3	40,4	39,6	39,5	39,6	41,6	39,9	38,7	38,8	40,04
	Tiempo total (horas)	0,71	0,68	0,64	0,65	0,65	0,67	0,68	0,69	0,69	0,68	0,66	0,67	0,66	0,66	0,66	0,69	0,67	0,65	0,65	0,67

Fuente: Elaboración propia

Podemos ver en la Tabla 9, la muestra los tiempos estudiados durante 19 días del mes de febrero del 2020, la cual, estos tiempos de estudio están en segundos, donde se muestra un cálculo de tiempo estándar con una conversión de las unidades de tiempo en minutos, detallada en la tabla 9.

Seguidamente, se procede con el cálculo del tamaño de muestras de las operaciones según Kanawaty para un nivel de confianza de 95.45 y el margen de error de  $\pm 5\%$ , con la siguiente fórmula:

**Tabla 10 Cálculo del número de muestras**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE LUBRICACION				
	Empresa	P&M Automotriz	Área	Mantenimiento
	Método	<b>PRE-TEST</b>	Proceso	sistema de lubricacion
	Elaborado por	Luna Solano Beder		
ITEM	OPERACIÓN	$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \Sigma x^2 - \Sigma(x)^2}}{\Sigma x} \right)^2$
1	Engrase de cardan transmisión	83	365	6
2	Engrase de pines y bocinas	106	597	4
3	Limpieza de transmision y diferencial	100	524	2
4	Revisar fugas de aceite	60	194	18
5	Revisar nivel de aceite motor y transmisión	163	1404	3
6	Engrase de rachets y ejes levas de frenos	145	1106	10
7	Engrase de terminales y brazo auxiliar de dirección	104	566	6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, se muestra la aplicación de la fórmula de Kanawaty para determinar el número de muestras para hallar el tiempo estándar del proceso de manteamiento del sistema de lubricación.

**Tabla 11: Tiempo promedio observado según la muestra obtenida PRE-TEST**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE LUBRICACION																					
		Empresa			P&M Automotriz			Área			Mantenimiento										
		Método			PRE-TEST			Proceso			sistema de lubricacion										
		Elaborado por			Luna Solano Beder																
ITEM	OPERACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PROMEDIO	
1	Engrase de cardan transmisión	4,8	4,3	4,2	4,3	4,5	4,8												4,5		
2	Engrase de pines y bocinas	6,0	5,8	5,2	5,5														5,63		
3	Limpieza de transmisión y diferencial	5,7	5,4																5,55		
4	Revisar fugas de aceite	3,0	2,9	2,7	2,9	3,5	3,7	3,2	3,0	3,4	3,8	3,0	3,1	2,9	2,7	2,9	3,5	3,7	3,5	3,2	
5	Revisar nivel de aceite motor y transmisión	9,0	8,8	8,9															8,9		
6	Engrase de rachets y ejes levas de frenos	8,2	7,9	6,8	6,8	7,0	6,9	8,0	8,2	8,5	8,3								7,7		
7	Engrase de terminales y brazo auxiliar de dirección	6,0	5,5	5,2	5,4	5,0	5,8												5,5		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se calculó el promedio total de las actividades del proceso del mantenimiento del sistema de lubricación estándar según el número de muestras obtenidas por la fórmula de Kanaway. Obtenidos los promedios totales de los tiempos observados de cada actividad se procede a determinar el tiempo estándar empleando la tabla de Westinghouse y considerando los tiempos suplementarios como necesidades personales y cansancio.

**Tabla: 12 Calculo del tiempo estándar del sistema de lubricación**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACION														
		Empresa			P&M Automotriz			Área			Mantenimiento			
		Método			PRE-TEST			Proceso			sistema de lubricacion			
		Elaborado por			Luna Solano Beder									
ITEM	OPERACIÓN	PROMEDIO DEL TIEMPO	WESTINGHOUSE				1+ FACT	TIEMPO SUPLEMENTO			1+ SUPL	TIEMPO PO		
			H	E	CD	CS		PO	C	V				
1	engrase de cardan transmision	4,5	-0,05	-0,04	0,00	0,01	0,92	4,12	0,09	0,07	1,16	4,78		
2	engrase de pines y bocinas	5,63	-0,05	0,02	-0,03	0,01	0,95	5,34	0,09	0,07	1,16	6,20		
3	limpieza de transmision y diferencial	5,55	0,00	-0,04	-0,03	0,00	0,93	5,16	0,09	0,07	1,16	5,99		
4	revisar fugas de aceite	3,2	-0,05	-0,04	-0,03	0,01	0,89	2,84	0,09	0,07	1,16	3,29		
5	revisar nivel de aceite motor y transmision	8,9	0,00	0,02	0,00	0,01	1,03	9,17	0,09	0,07	1,16	10,63		
6	engrase de rachets y ejes levas de frenos	7,7	-0,05	-0,04	-0,03	0,00	0,88	6,74	0,09	0,07	1,16	7,82		
7	engrase de terminales y brazo auxiliar de direcci	5,5	0,00	0,02	-0,03	0,01	1	5,48	0,09	0,07	1,16	6,36		
Tiempo total para el mantenimiento de lubricación											45,1			

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del tiempo estándar del mantenimiento del sistema de lubricación el tiempo estándar obteniendo como resultado 45.1 minutos tiempo total para realizar dicho mantenimiento.

Una vez calculado el tiempo estándar, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de lubricación por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 13 Cálculo de la capacidad instalada (unidades)**

CALCULO DE LA CAPAICIDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	45.1	11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 14 Cálculo de unidades programadas**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
11	85%	9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se determina las unidades planificadas diarias de la producción del sistema de lubricación, sería 9 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad del mes de enero para observar las condiciones actuales de la empresa.

**Tabla 15 Productividad del mes de febrero - 2020 (PRE TEST)**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE LUBRICACION PRE TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
1	480	361	9	8	75%	89%	67%
2	480	316	9	7	66%	78%	51%
3	480	316	9	7	66%	78%	51%
4	480	316	9	7	66%	78%	51%
5	480	271	9	6	56%	67%	38%
6	480	361	9	8	75%	89%	67%
7	480	316	9	7	66%	78%	51%
8	480	226	9	5	47%	56%	26%
9	480	271	9	6	56%	67%	38%
10	480	316	9	7	66%	78%	51%
11	480	361	9	8	75%	89%	67%
12	480	316	9	7	66%	78%	51%
13	480	406	9	9	85%	100%	85%
14	480	361	9	8	75%	89%	67%
15	480	271	9	6	56%	67%	38%
16	480	316	9	7	66%	78%	51%
17	480	316	9	7	66%	78%	51%
18	480	361	9	8	75%	89%	67%
19	480	316	9	7	66%	78%	51%
<b>TOTAL</b>	<b>9120</b>	<b>6089</b>	<b>171</b>	<b>135</b>	<b>67%</b>	<b>79%</b>	<b>54%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16: Toma de tiempos de las actividades de Admisión y Escape febrero 2020 – Minutos (PRE-TEST)**

TOMA DE TIEMPOS INICIAL - ESTUDIO DE TIEMPOS SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE																					
		Empresa:					P&M Automotriz					Área:			Mantenimiento						
		Método:					PRE - TEST					Proces			sistema de Admision y escape						
		Elaborado por:					Luna Solano beder														
ITEM	OPERACIÓN	TIEMPOS OBSERVADOS EN MINUTOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	promedio
		min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
1	Revisar poleas y fajas	2	1,8	1,9	1,7	1,5	1,6	2	1,7	1,5	1,4	1,6	1,8	1,5	2	1,8	1,7	1,6	2	1,8	1,73
2	Revisar templadores y tensiones de ventilador	2,5	2,7	2,6	2,4	2,7	2,6	2,4	2,2	2,7	2,5	2,6	2,4	2,6	2,4	2,7	2,6	2,4	2,3	2,5	2,52
3	Reajuste de abrazaderas del tubo de escape	3,5	3,8	3,5	3,6	3,4	3,3	3,5	3,7	3,8	3,5	3,4	3,6	3,8	3,7	3,6	3,4	3,3	3,5	3,7	3,56
4	Revisar entradas de contaminantes	4,0	3,7	3,5	3,4	3,7	3,6	3,8	3,5	3,7	3,6	3,5	3,6	4	3,7	3,4	3,2	3,5	3,8	3,9	3,64
5	Limpieza de manguera	2,5	2,4	2,3	2,0	2,3	2,2	2,1	2,2	2,4	2,0	1,9	2,3	1,8	1,9	2	2,1	1,8	2,1	1,9	2,12
6	Verificar tensión de faja ventilador alternador y bomba	2	1,9	1,7	1,6	1,9	2,1	1,9	2,2	1,6	1,8	2,2	1,9	1,7	2,1	2	1,8	1,9	1,7	2,1	1,90
7	Alinear poleas	1,8	1,5	1,7	1,6	2	1,5	1,8	1,4	1,9	1,6	1,8	1,4	1,7	1,5	1,9	1,4	1,8	1,6	1,7	1,66
	tiempo total (min).	18,3	17,8	17,2	16,3	17,5	16,9	17,5	16,9	17,6	16,4	17,0	17,0	17,1	17,3	17,4	16,2	16,3	17,0	17,6	17,12
	tiempo total (horas)	0,31	0,30	0,29	0,27	0,29	0,28	0,29	0,28	0,28	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,27	0,27	0,28	0,29	0,28

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, se procede con el cálculo del tamaño de muestras de las operaciones según Kanawaty con la siguiente fórmula:

**Tabla 17 Cálculo del número de muestras**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE ADMISION Y ESCAPE				
	Empresa	P&M Automotriz	Área	Mantenimiento
	Método	<b>PRE-TEST</b>	Proceso	sistema de Admision y escape
	Elaborado por:	Luna Solano beder	Servicio	buses
ITEM	OPERACIÓN	Σx	Σx <sup>2</sup>	$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$
1	Revisar poleas y fajas	33	58	19
2	Revisar templadores y tensiones de ventilador	48	121	5
3	Reajuste de abrazaderas del tubo de escape	68	241	3
4	Revisar entradas de contaminantes	69	252	5
5	Limpieza de manguera	40	86	15
6	Verificar tension de faja ventilador alternador y bomba	36	69	15
7	Alinear poleas	32	53	18

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17, nos muestra la fórmula de Kanawaty para hallar el número de datos o muestras requeridas. Y con esto se podrá conocer el tiempo estándar en el proceso de manteamiento del sistema de admisión y escape.

**Tabla 18 Tiempo promedio observado según la muestra obtenida PRE-TEST**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DEL MANTENIMIENTO DE ADMISION Y ESCAPE																					
	Empresa	P&M Automotriz	Área	Mantenimiento																	
	Método	<b>PRE-TEST</b>	Proceso	sistema de ADMISION Y ESCAPE																	
	Elaborado por:	Luna Solano Beder																			
ITEM	OPERACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PROMEDIO
1	Revisar poleas y fajas	2	1,8	1,9	1,7	1,5	1,6	2,0	1,7	1,5	1,4	1,6	1,8	1,5	2,0	1,8	1,7	1,6	2,0	1,8	1,7
2	Revisar templadores y tensiones de ventilador	2,5	2,7	2,6	2,4	2,7															2,58
3	Reajuste de abrazaderas del tubo de escape	3,5	3,8	3,5																	3,60
4	Revisar entradas de contaminantes	4	3,7	3,5	3,4	3,7															3,7
5	Limpieza de manguera	2,5	2,4	2,3	2,0	2,3	2,2	2,1	2,2	2,4	2,0	1,9	2,3	1,8	1,9	2					2,2
6	Verificar tensión de faja ventilador alternador y bomba	2,0	1,9	1,7	1,6	1,9	2,1	1,9	2,2	1,6	1,8	2,2	1,9	1,7	2,1	2					1,9
7	Alinear poleas	1,8	1,5	1,7	1,6	2,0	1,5	1,8	1,4	1,9	1,6	1,8	1,4	1,7	1,5	1,9	1,4	1,8	1,6		1,7

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se calculó el promedio total de las actividades del proceso del mantenimiento del sistema de admisión y escape, el estándar según el número de muestras obtenidas por la fórmula de Kanaway. Obtenidos los promedios totales de los tiempos observados de cada actividad se procede a determinar el tiempo estándar empleando la tabla de Westinghouse y considerando los tiempos suplementarios como necesidades personales y cansancio.

**Tabla 19 Cálculo del tiempo estándar del sistema de Admisión y escape**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DEL MANTENIMIENTO DE ADMISION Y ESCAPE												
		Empresa	P&M Automotriz				Área	Mantenimiento				
		Método	PRE-TEST				Proceso	sistema de ADMISION Y ESCAPE				
		Elaborado por	Luna Solano Beder									
ITEM	OPERACIÓN	PROMEDIO DEL TIEMPO OBSERVADO	WESTINGHOUSE				1+ FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL (TN)	SUPLEMENTOS		1+ SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR
			H	E	CD	CS			C	V		
1	Revisar poleas y fajas	1,73	0,06	0,05	-0,03	0,00	1,08	1,87	0,09	0,07	1,16	2,17
2	Revisar templadores y tensiones de ventilador	2,58	-0,05	-0,04	0,02	0,01	0,94	2,43	0,09	0,07	1,16	2,81
3	Reajuste de abrazaderas del tubo de escape	3,60	0,00	0,05	0,01	0,00	1,06	3,82	0,09	0,07	1,16	4,43
4	Revisar entradas de contaminantes	3,7	-0,05	0,02	0,00	0,01	0,98	3,59	0,09	0,07	1,16	4,16
5	Limpieza de manguera	2,2	-0,05	-0,04	0,02	0,01	0,94	2,02	0,09	0,07	1,16	2,35
6	Verificar tensión de faja ventilador alternador y bomba	1,9	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,99	1,89	0,09	0,07	1,16	2,19
7	Alinear poleas	1,7	-0,05	0,02	0,01	0,01	0,99	1,64	0,09	0,07	1,16	1,91
Tiempo total para el mantenimiento de ADMISION Y ESCAPE											20,02	

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del tiempo estándar del mantenimiento del sistema de admisión y escape el tiempo estándar obteniendo como resultado 20.02 minutos tiempo total para realizar dicho mantenimiento.

Una vez calculado el tiempo estándar, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de admisión y escape por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla: 20 Cálculo de I**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	20.02	24

**a capacidad instalada (unidades)**

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla: 21 Cálculo de unidades programadas**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
24	85%	20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de admisión y escape sería 20 unidades por día. De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad del mes de enero para observar las condiciones actuales de la empresa.

**TABLA 22 Productividad del mes de febrero - 2020 (PRE TEST)**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE PRE TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
1	480	364	20	18	76%	90%	68%
2	480	323	20	16	67%	80%	54%
3	480	303	20	15	63%	75%	47%
4	480	343	20	17	72%	85%	61%
5	480	364	20	18	76%	90%	68%
6	480	323	20	16	67%	80%	54%
7	480	303	20	15	63%	75%	47%
8	480	323	20	16	67%	80%	54%
9	480	343	20	17	72%	85%	61%
10	480	364	20	18	76%	90%	68%
11	480	343	20	17	72%	85%	61%
12	480	323	20	16	67%	80%	54%
13	480	343	20	17	72%	85%	61%
14	480	343	20	17	72%	85%	61%
15	480	384	20	19	80%	95%	76%
16	480	303	20	15	63%	75%	47%
17	480	343	20	17	72%	85%	61%
18	480	323	20	16	67%	80%	54%
19	480	303	20	15	63%	75%	47%
<b>TOTAL</b>	<b>9120</b>	<b>6363</b>	<b>380</b>	<b>315</b>	<b>70%</b>	<b>83%</b>	<b>58%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23 Toma de tiempos del proceso de combustible (PRE-TEST)**

TOMA DE TIEMPOS INICIAL - ESTUDIO DE TIEMPOS SISTEMA DE COMBUSTIBLE																					
Empresa:		P&M Automotriz															Área:		Mantenimiento		
Método:		PRE- TEST															Proces		sistema de Combustible		
Elaborado por: Luna Solano beder		Luna Solano beder																			
ITEM	OPERACIÓN	TIEMPOS OBSERVADOS EN MINUTOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	promedio
		min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
1	Mantenimiento de selenoide de reductor	5,8	6,0	5,4	5,9	5,3	5,6	5,5	5,3	5,7	5,4	5,6	5,8	5,4	5,5	5,7	6	5,4	5,7	5,8	5,62
2	Revisión bobina reductor de gas	2,5	2,3	2,5	2,7	2,6	2,6	2,3	2,5	2,8	2,7	2,3	2,6	2,9	2,5	2,7	2,3	2,5	2,6	2,5	2,55
3	Inspección de sistema de alimentación	4,8	4,5	4,5	4,6	4,4	4,7	4,5	4,9	4,8	4,9	4,6	4,3	4,8	4,9	4,6	4,8	4,7	4,2	4,3	4,62
4	Verificación de capacidad y revision de valvulas de tanque de GnV	9,2	9,0	8,9	8,7	8,8	8,7	8,6	8,7	8,9	8,8	9	9,2	9	8,7	8,5	8,6	8,8	8,9	9	8,84
5	Revision de sensores de fuga	3,0	2,8	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3	2,8	2,7	2,7	2,4	2,6	2,5	2,4	2,7	2,8	3,0	2,9	2,71
6	Revision y estado de valvulas	4,5	4,3	4,2	4,6	4,1	4,5	4,8	4,7	4,4	4,3	4,5	4,9	4,8	4,7	4,5	4,6	4,4	4,6	4,5	4,52
7	Comparación lecturas, digital y analogico	2,2	2,0	2,1	1,9	2,1	1,7	1,9	2	2,2	2,4	2	2,3	1,9	2	2,2	2,4	1,7	2	1,8	2,04
8	Revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas	1,5	1,4	1,7	1,6	1,9	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5	1,7	1,5	1,8	1,4	1,3	1,4	1,5	1,6	1,4	1,55
9	Medición de amperaje de bobina	1,8	1,5	1,6	1,7	1,6	1,8	1,7	1,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,3	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,8	2,4
	Tiempo total (min).	35,3	33,8	33,3	34,2	33,4	33,7	33,7	34,2	35,1	34,4	34,0	34,6	34,5	33,7	33,3	34,3	33,2	34,1	34,0	34,04
	Tiempo total (horas)	0,59	0,56	0,56	0,57	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	0,56	0,56	0,57	0,55	0,57	0,57	0,57

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede con el cálculo del tamaño de muestras de las operaciones según Kanawaty con la siguiente fórmula.

**Tabla 24 Cálculo del número de muestras**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE MANTENIMIENTO DE COMBUSTIBLE				
	Empresa	P&M Automotriz	Área	Mantenimiento
	Método	PRE-TEST	Proceso	SISTEMA DE COMBUSTIBLE
	Elaborado por	Luna Solano Beder		
ITEM	OPERACIÓN	Σx	Σx <sup>2</sup>	$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$
1	Mantenimiento de selenoide de reductor	107	601	2
2	Revision bobina reductor de gas	48	124	7
3	Inspeccion de sistema de alimentacion	88	407	3
4	Verificacion de capacidad y revision de valvulas de tanque de GnV	168	1486	1
5	Revision de sensores de fuga	51	140	9
6	Revision y estado de valvulas	86	389	3
7	Comparacion de lecturas, digital y analogico	39	80	15
8	Revision de mangueras de refrigerante al reductor de gas	29	46	16
9	Medicion de amperaje de bobina	30	49	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, nos muestra la fórmula de Kanawaty para hallar el número de datos o muestras requeridas. Y con esto se podrá conocer el tiempo estándar en el proceso de mantenimiento del sistema de combustible.

**Tabla 25 Tiempo promedio observado muestra obtenida PRE-TEST**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE MANTENIMIENTO DE COMBUSTIBLE																		
	Empresa	P&M Automotriz		Área		Mantenimiento												
	Método	PRE-TEST		Proceso		SISTEMA DE COMBUSTIBLE												
	Elaborado por	Luna Solano Beder																
ITEM	OPERACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	PROMEDIO
1	Mantenimiento de selenoide de reductor	5,8	6,0														5,9	
2	Revisión bobina reductor de gas	2,5	2,3	2,5	2,7	2,6	2,6	2,3									2,50	
3	Inspección de sistema de alimentación	4,8	4,5	4,5													4,60	
4	Verificación de capacidad y revision de valvulas de tanque de GnV	9,2															9,2	
5	Revisión de sensores de fuga	3,0	2,8	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	2,8							2,7	
6	Revision y estado de valvulas	4,5	4,3	4,2													4,3	
7	Comparacion de lecturas, digital y analogico	2,2	2,0	2,1	1,9	2,1	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,0	2,3	1,9	2,0	2,2	2,1	
8	Revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas	1,50	1,40	1,70	1,60	1,90	1,40	1,50	1,60	1,80	1,70	1,60	1,60	1,30	1,50	1,40	1,40	1,6
9	Medición de amperaje de bobina	1,80	1,50	1,60	1,70	1,60	1,80	1,70	1,50	1,80	1,70	1,60	1,60	1,30	1,50		1,6	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se calculó el promedio total de las actividades del proceso del mantenimiento del sistema de combustible, el estándar según el número de muestras obtenidas por la fórmula de Kanaway. Obtenidos los promedios totales de los tiempos observados de cada actividad se procede a determinar el tiempo estándar empleando la tabla de Westinghouse y considerando los tiempos suplementarios como necesidades personales y cansancio.

**Tabla: 26 Cálculo del tiempo estándar del sistema de Combustible**

CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE												
		Empresa	P&M Automotriz				Área	Mantenimiento				
		Método	PRE-TEST				Proceso	Sistema de combustible				
		Elaborado por	Luna Solano Beder									
ITEM	OPERACIÓN	PROMEDIO DEL TIEMPO OBSERVADO	WESTINGHOUSE				1+ FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL (TN)	SUPLEMENTOS		1+ SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR
			H	E	CD	CS			C	V		
1	Mantenimiento de selenoide de reductor	5,9	0,06	0,02	0,02	0,02	1,12	6,61	0,09	0,07	1,16	7,7
2	Revisión bobina reductor de gas	2,5	-0,05	0,02	-0,03	0,01	0,95	2,38	0,09	0,07	1,16	2,8
3	Inspección de sistema de alimentación	4,6	0,00	0,02	-0,03	0,02	1,01	4,65	0,09	0,07	1,16	5,4
4	Verificación de capacidad y revisión de válvulas de tanque de GNV	9,2	-0,05	-0,04	0,02	0,01	0,94	8,65	0,09	0,07	1,16	10,0
5	Revisión de sensores de fuga	2,7	-0,05	0,02	0,00	0,01	0,98	2,69	0,09	0,07	1,16	3,1
6	Revisión y estado de válvulas	4,3	-0,05	-0,04	0,00	0,02	0,93	4,03	0,09	0,07	1,16	4,7
7	Comparación de lecturas, digital y analógico	2,1	0,00	-0,04	0,02	0,00	0,98	2,02	0,09	0,07	1,16	2,3
8	Revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas	1,6	-0,05	-0,04	0,00	0,00	0,91	1,42	0,09	0,07	1,16	1,6
9	Medición de amperaje de bobina	1,6	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,96	1,56	0,09	0,07	1,16	1,8
Tiempo total para el mantenimiento del sistema de Combustible											39,43	

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del tiempo estándar del mantenimiento del sistema de combustible el tiempo estándar obteniendo como resultado 39.43 minutos tiempo total para realizar dicho mantenimiento.

Una vez calculado el tiempo estándar, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de combustible por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla:27 Cálculo de la capacidad instalada (unidades)**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	39.43	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 28 Cálculo de unidades programadas**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
12	85%	10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28, se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de combustible, sería 10 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad del mes de febrero para observar las condiciones actuales de la empresa.

**TABLA 29 Productividad del Combustible mes de febrero - 2020 (PRE TEST)**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PRE TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
1	480	355	10	9	74%	90%	67%
2	480	315	10	8	66%	80%	53%
3	480	355	10	9	74%	90%	67%
4	480	394	10	10	82%	100%	82%
5	480	276	10	7	58%	70%	40%
6	480	315	10	8	66%	80%	53%
7	480	276	10	7	58%	70%	40%
8	480	355	10	9	74%	90%	67%
9	480	276	10	7	58%	70%	40%
10	480	276	10	7	58%	70%	40%
11	480	315	10	8	66%	80%	53%
12	480	276	10	7	58%	70%	40%
13	480	355	10	9	74%	90%	67%
14	480	394	10	10	82%	100%	82%
15	480	315	10	8	66%	80%	53%
16	480	237	10	6	49%	60%	30%
17	480	394	10	10	82%	100%	82%
18	480	315	10	8	66%	80%	53%
19	480	355	10	9	74%	90%	67%
<b>TOTAL</b>	<b>9120</b>	<b>6151</b>	<b>190</b>	<b>156</b>	<b>67%</b>	<b>82%</b>	<b>56%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30 Toma de tiempos del proceso de Suspensión (PRE-TEST)**

TOMA DE TIEMPOS INICIAL - ESTUDIO DE TIEMPOS SISTEMA DE SUSPENSIÓN																					
		Empresa:					P&M Automotriz					Área:			Mantenimiento						
		Método:					PRE - TEST					Proces			sistema de suspension						
		Elaborado por: Luna Solano beder					Luna Solano beder														
ITEM	OPERACIÓN	TIEMPOS OBSERVADOS EN MINUTOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	promedio
		min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
1	Revisión de altura de suspensión	4,2	4,5	4,3	4,0	4,4	4,0	4,3	4,2	4,1	4,2	4,0	4,3	4,4	4,3	4,8	4,0	4,1	4,2	4,0	4,23
2	Purgado de tanques	2,2	2,3	2,4	2,2	2,7	2,4	2,2	2,3	2,2	2,3	2,2	2,7	2,4	2,2	2,3	2,2	2,2	2,4	2,3	2,32
3	Alineamiento de valvulas	4,2	4,0	4,4	4,5	4,7	4,0	4,4	4,5	4,0	4,7	4,2	4,0	4,0	4,4	4,4	4,4	4,0	4,2	4,5	4,29
4	Revisión de fugas bolsa de aire	3,8	3,5	3,9	3,8	3,4	3,8	3,6	3,9	3,5	3,8	3,4	4,0	3,8	3,4	3,8	4,2	3,9	3,8	3,5	3,73
5	revisión de soporte de varilla	2,2	2,0	2,3	2,2	2,1	2,4	2,0	2,3	2,2	2,0	2,1	2,4	2,2	2,0	2,1	2,3	2,0	2,3	2,0	2,16
6	Limpieza de base y bolsa	3,2	3,0	3,4	3,2	3,6	3,8	3,6	3,0	3,4	3,4	3,2	3,6	3,6	3,8	3,2	3,2	3,0	3,4	3,0	3,35
7	Revisión del sistema de suspensión	4,0	4,2	4,5	4,0	4,7	4,0	4,2	4,5	4,0	4,4	4,2	4,2	4,0	4,4	4,0	4,0	4,2	4,2	4,0	4,19
8	Revisión de bocina tirante y barra	1,7	2	1,9	1,8	1,6	1,7	2	1,9	1,8	2	1,9	1,7	1,8	2	1,6	1,7	1,9	2	1,7	1,83
	tiempo total (min).	25,5	25,5	27,1	25,7	27,2	26,1	26,3	26,6	25,2	26,8	25,2	26,9	24,4	26,5	26,2	26,0	25,3	26,5	25,0	26,00
	tiempo total (horas)	0,43	0,43	0,45	0,43	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45	0,42	0,45	0,41	0,44	0,44	0,43	0,42	0,44	0,42	0,43

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede con el cálculo del tamaño de muestras de las operaciones según Kanawaty, con la siguiente fórmula:

**Tabla 31 Cálculo del número de muestras**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE SUSPENSIÓN				
	Empresa	P&M Automotriz	Área	Mantenimiento
	Método	<b>PRE-TEST</b>	Proceso	sistema de SUSPENSIÓN
	Elaborado por	Luna Solano Beder		
ITEM	OPERACIÓN	$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \Sigma x^2 - \Sigma (x)^2}}{\Sigma x} \right)^2$
1	Revisión de altura de suspensión	80	340	4
2	Purgado de tanques	44	103	7
3	Alineamiento de valvulas	82	351	5
4	Revisión de fugas bolsa de aire	71	265	6
5	Revisión de soporte de varilla	41	89	6
6	Limpieza de base y bolsa	64	214	10
7	Revisión del sistema de suspensión	80	335	4
8	Revisión de bocina tirante y barra	35	64	9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, nos muestra la fórmula de Kanawaty para hallar el número de datos o muestras requeridas. Y con esto se podrá conocer el tiempo estándar en el proceso de mantenimiento del sistema de Suspensión.

**Tabla 32: Tiempo promedio observado según la muestra obtenida PRE-TEST**

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE SUSPENSIÓN												
	Empresa	P&M Automotriz		Área	Mantenimiento							
	Método	<b>PRE-TEST</b>		Proceso	Sistema de suspensión							
	Elaborado por	Luna Solano Beder										
ITEM	OPERACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS										PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Revisión de altura de suspensión	4,2	4,5	4,3	4,0							4,3
2	Purgado de tanques	2,2	2,3	2,4	2,2	2,7	2,4	2,2				2,3
3	Alineamiento de valvulas	4,2	4,0	4,4	4,5	4,7						4,4
4	Revisión de fugas bolsa de aire	3,8	3,5	3,9	3,8	3,4	3,8					3,7
5	Revisión de soporte de varilla	2,2	2,0	2,3	2,2	2,1	2,4					2,2
6	Limpieza de base y bolsa	3,2	3,0	3,4	3,2	3,6	3,8	3,6	3,0	3,4	3,4	3,4
7	Revisión del sistema de suspensión	4,0	4,2	4,0	4,0							4,1
8	Revisión de bocina tirante y barra	1,7	2,0	1,9	1,8	1,6	1,7	2,0	1,9	1,8		1,8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, se calculó el promedio total de las actividades del proceso del mantenimiento del sistema de suspensión, según el número de muestras obtenidas por la fórmula de Kanawaty. Obtenidos los promedios totales de los tiempos observados de cada actividad se procede a determinar el tiempo estándar empleando la tabla de Westinghouse y considerando los tiempos suplementarios como necesidades personales y cansancio.

**Tabla 33 Cálculo del tiempo estándar del sistema de Suspensión**

CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS - PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN												
		Empresa	P&M Automotriz				Área	Mantenimiento				
		Método	PRE-TEST				Proceso	sistema de SUSPENSIÓN				
		Elaborado por	Luna Solano Beder									
ITEM	OPERACIÓN	PROMEDIO DEL TIEMPO OBSERVADO	WESTINGHOUSE				1+ FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL (TN)	SUPLEMENTOS		1+ SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR
			H	E	CD	CS			C	V		
1	Revisión de altura de suspensión	4,3	-0,05	0,02	0,02	0,02	1,01	4,29	0,09	0,07	1,16	4,98
2	Purgado de tanques	2,3	0,00	-0,04	0,00	0,02	0,98	2,30	0,09	0,07	1,16	2,66
3	Alineamiento de válvulas	4,4	0,06	-0,04	0,02	0,02	1,06	4,62	0,09	0,07	1,16	5,36
4	Revisión de fugas de bolsa de aire	3,7	-0,05	-0,04	-0	0,01	0,89	3,29	0,09	0,07	1,16	3,82
5	Revisión de soporte de varilla	2,2	0,00	0,02	0,00	0,02	1,04	2,28	0,09	0,07	1,16	2,65
6	Limpieza de base y bolsa	3,4	-0,05	0,02	-0	0,01	0,95	3,19	0,09	0,07	1,16	3,70
7	Revisión del sistema de suspensión	4,1	0,06	0,02	-0	0,02	1,07	4,33	0,09	0,07	1,16	5,03
8	Revisión de bocina tirante y barra	1,8	-0,05	-0,04	0,00	0,01	0,92	1,68	0,09	0,07	1,16	1,94
Tiempo total para el mantenimiento de SUSPENSIÓN											30,1	

Fuente: Elaboración propia

Podemos ver en la tabla 33, nos hace referencia a al tiempo de 30.1 minutos que vendría a ser el tiempo estándar en el proceso de mantenimiento del sistema de suspensión.

Una vez calculado el tiempo estándar, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de suspensión por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 34 Cálculo de la capacidad instalada (unidades)**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	30.1	16

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 35 Cálculo de unidades programadas**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
16	85%	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento del sistema de suspensión el estándar, sería 14 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad del mes de febrero para observar las condiciones actuales de la empresa

**TABLA: 36 Productividad del mes de febrero - 2020 (PRE TEST)**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN PRE TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
1	480	338	14	12	71%	86%	60%
2	480	282	14	10	59%	71%	42%
3	480	338	14	12	71%	86%	60%
4	480	310	14	11	65%	79%	51%
5	480	282	14	10	59%	71%	42%
6	480	254	14	9	53%	64%	34%
7	480	282	14	10	59%	71%	42%
8	480	367	14	13	76%	93%	71%
9	480	310	14	11	65%	79%	51%
10	480	338	14	12	71%	86%	60%
11	480	282	14	10	59%	71%	42%
12	480	367	14	13	76%	93%	71%
13	480	310	14	11	65%	79%	51%
14	480	282	14	10	59%	71%	42%
15	480	338	14	12	71%	86%	60%
16	480	310	14	11	65%	79%	51%
17	480	282	14	10	59%	71%	42%
18	480	338	14	12	71%	86%	60%
19	480	282	14	10	59%	71%	42%
<b>TOTAL</b>	<b>9120</b>	<b>5894</b>	<b>266</b>	<b>209</b>	<b>65%</b>	<b>79%</b>	<b>51%</b>

Fuente: Elaboración propia

## Productividad de los sistemas PRE-TEST

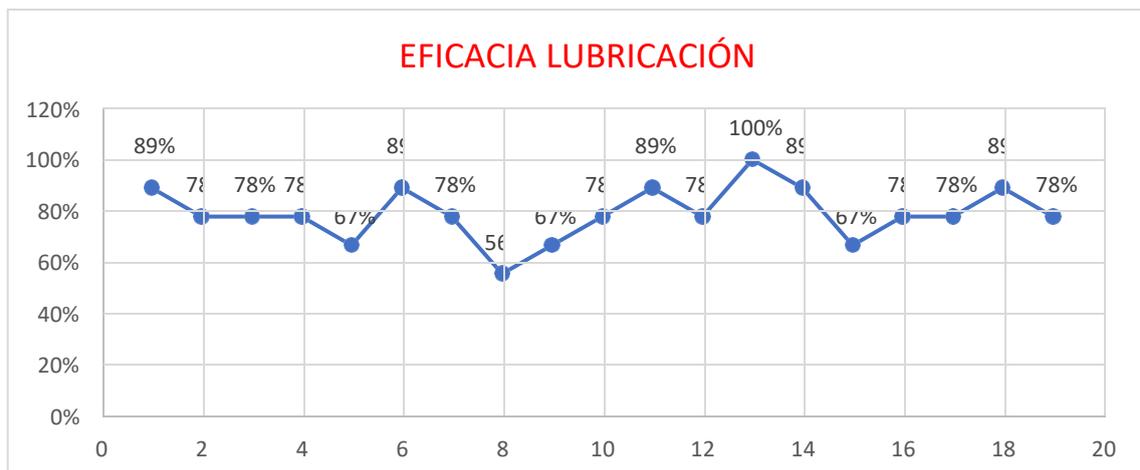
Figura 20 Gráfico de eficiencia del sistema de lubricación



Fuente: Elaboración propia

Por ende, podemos observar en la figura 20, el detalle de los porcentajes de la eficiencia del sistema de lubricación de las unidades del mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 47% y 85%, esto se debe a la variación del de las horas reales de los mantenimientos y las horas utilizadas respectivamente expresado en horas.

Figura 21 Gráfico de eficacia del sistema de lubricación

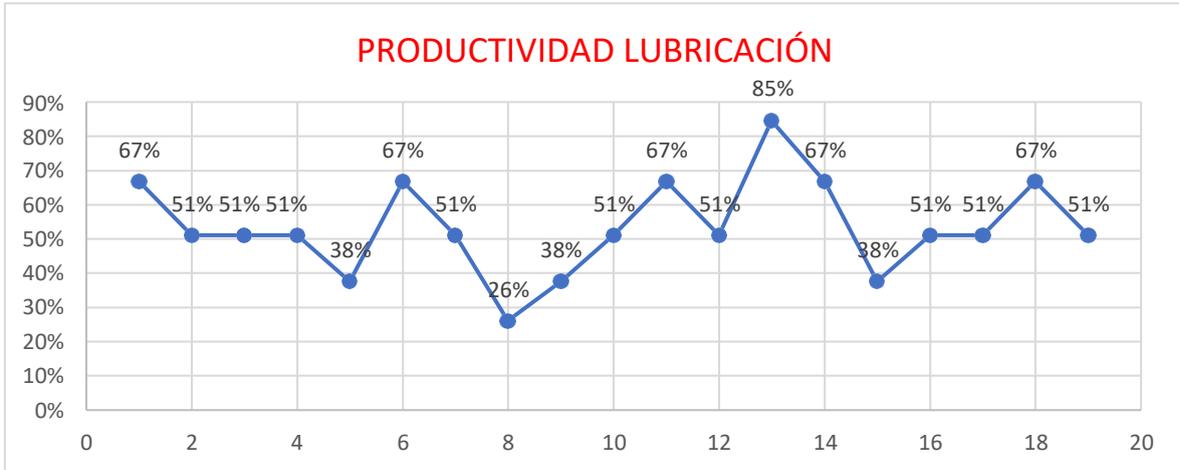


Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 21, el detalle de los porcentajes de la eficacia del sistema de lubricación de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes

entre el 56% y 100%, esto se debe a que varían de los mantenimientos realizados y los mantenimientos programados.

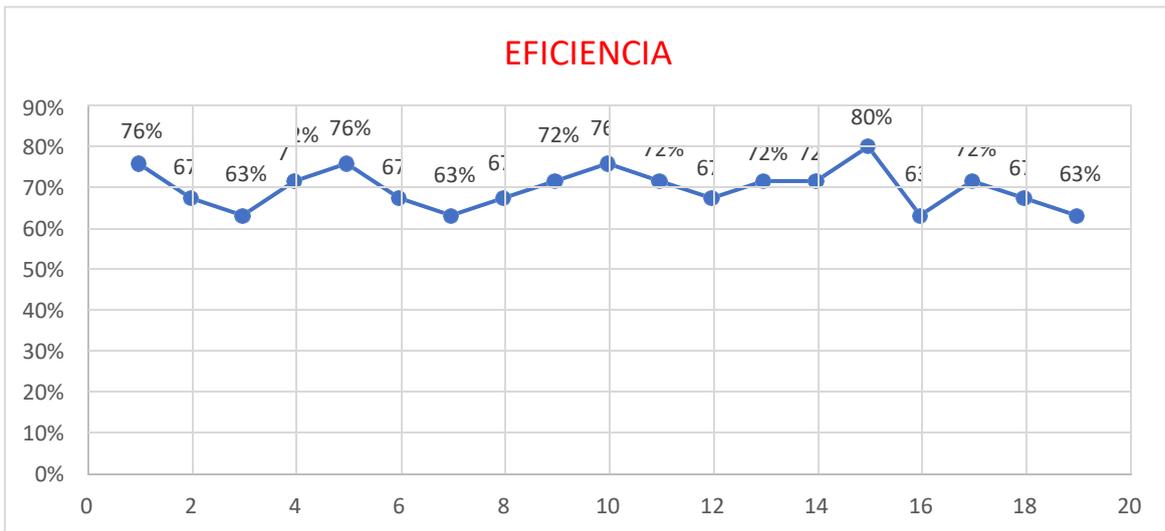
**Figura 22 Gráfico productividad del sistema de lubricación**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 22, el detalle de los porcentajes de la productividad del sistema de lubricación de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 26% y 85%, debido a los cambios entre la eficiencia y eficacia.

**Figura 23 Gráfico de eficiencia del sistema de admisión y escape**

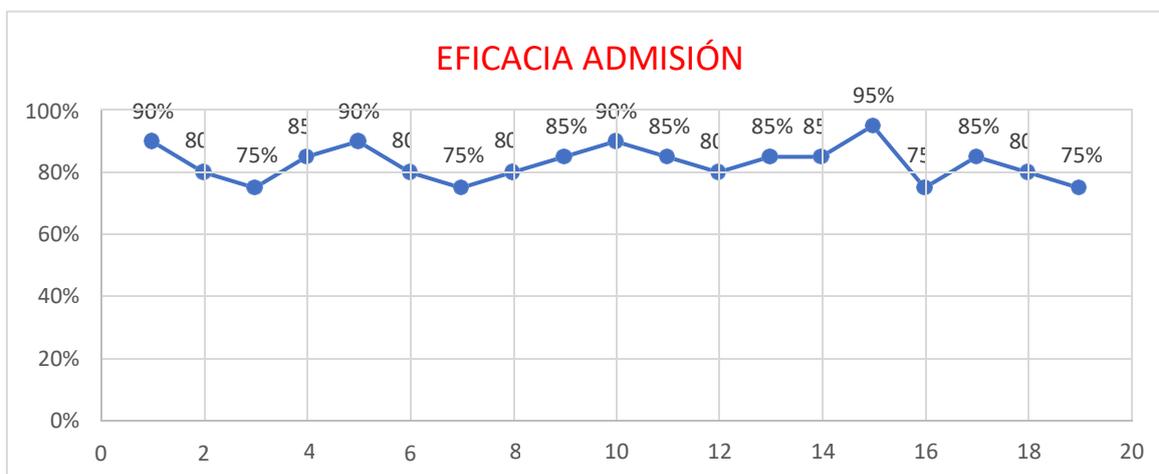


Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 23, el detalle de los porcentajes de la eficiencia del sistema de admisión y escape de las unidades de mantenimiento preventivo en la

empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 63% y 80%, esto se debe a la variación del de las horas reales de los mantenimientos y las horas utilizadas respectivamente expresado en horas.

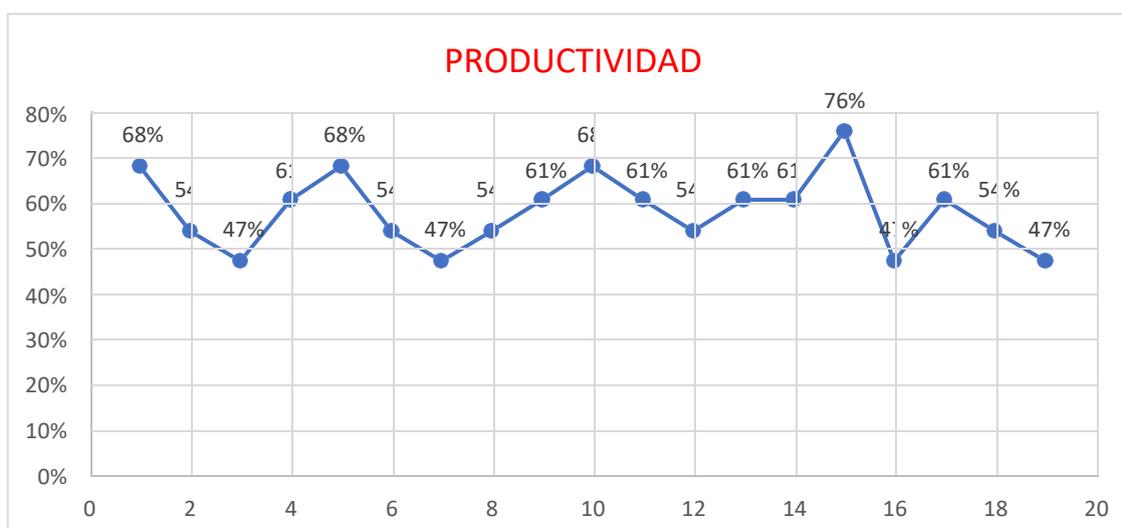
**Figura 24 Gráfico de eficacia del sistema de admisión y escape**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 24, el detalle de los porcentajes de la eficacia del sistema de admisión y escape de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 75% y 95%, esto se debe a que varían de los mantenimientos realizados y los mantenimientos programados.

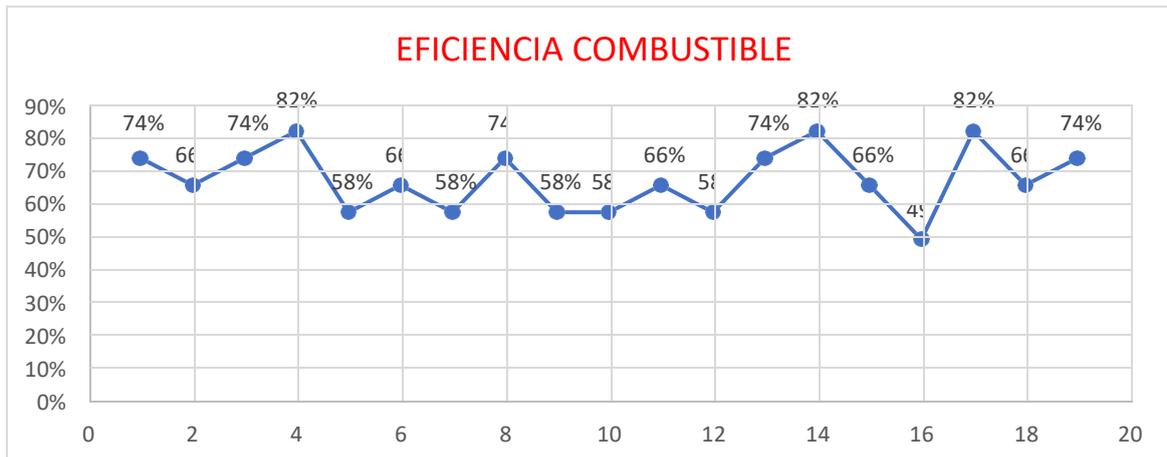
**Figura 25 Grafico de la productividad del sistema de admisión y escape**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 25, el detalle de los porcentajes de la productividad del sistema de admisión y escape de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 47% y 76%, debido a los cambios entre la eficiencia y eficacia.

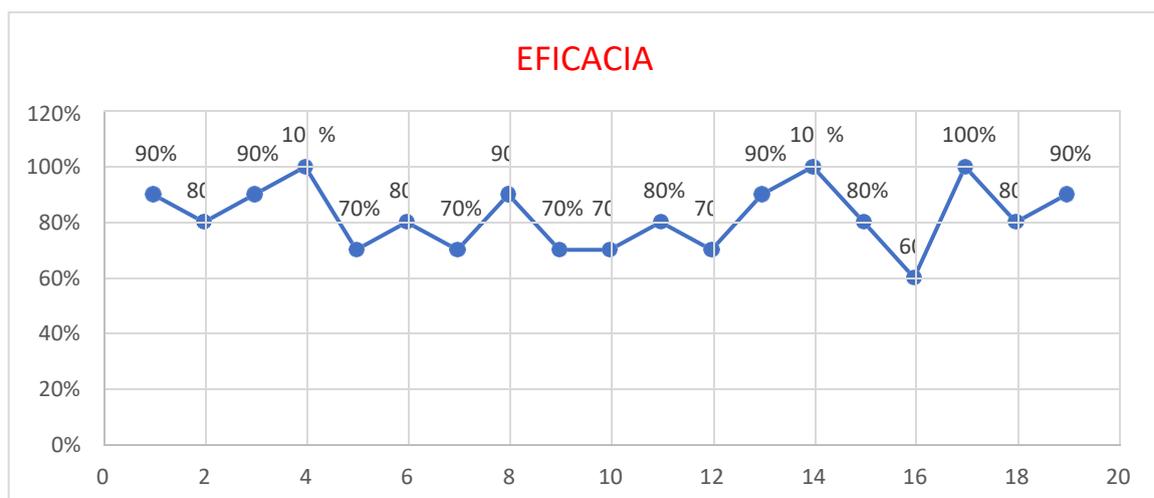
**Figura 26 Gráfico de la eficiencia del sistema de combustible**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 26 el detalle de los porcentajes de la eficiencia del sistema de combustible de las unidades de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 49% y 82%, esto se debe a la variación del de las horas reales de los mantenimientos y las horas utilizadas respectivamente expresado en horas.

**Figura 27 Gráfico de la Eficacia del sistema de combustible**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 27, el detalle de los porcentajes de la eficacia del sistema de combustible de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 60% y 100%, esto se debe a que varían de los mantenimientos realizados y los mantenimientos programados.

**Figura 28 Gráfico de la productividad del sistema de combustible**



**Fuente: Elaboración propia**

Podemos observar en la figura 28, el detalle de los porcentajes de la productividad del sistema de combustible de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 30% y 82%, debido a los cambios entre la eficiencia y eficacia.

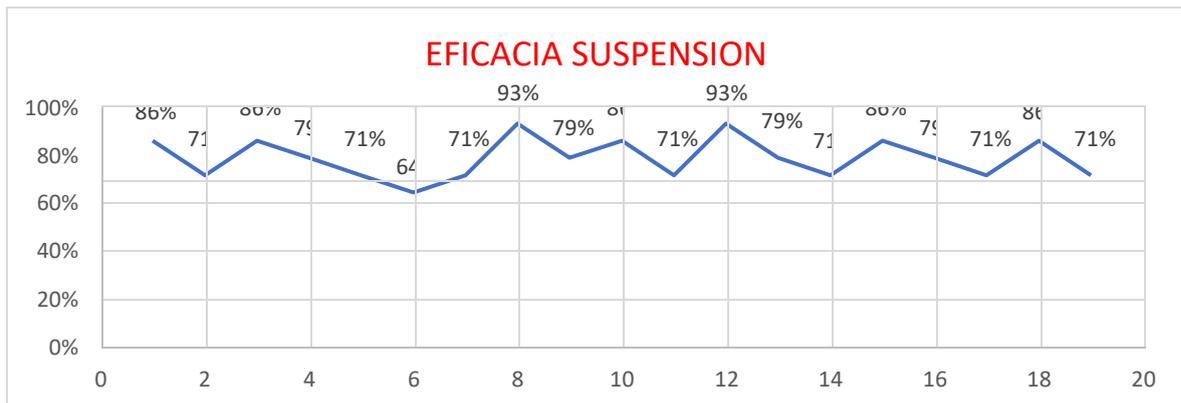
**Figura 29 Gráfico de la Eficiencia del sistema de suspensión**



**Fuente: Elaboración propia**

Podemos observar en la figura 29, el detalle de los porcentajes de la eficiencia del sistema de suspensión de las unidades de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 53% y 76%, esto se debe a la variación del de las horas reales de los mantenimientos y las horas utilizadas respectivamente expresado en horas.

**Figura 30 Gráfico de la Eficacia del sistema de suspensión**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 30, el detalle de los porcentajes de la eficacia del sistema de suspensión de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 64% y 93%, esto se debe a que varían de los mantenimientos realizados y los mantenimientos programados.

**Figura 31 Gráfico de la productividad del sistema de suspensión**



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 31, el detalle de los porcentajes de la productividad del sistema de suspensión de la unidad de mantenimiento preventivo en la empresa P&M Automotriz, por medio del gráfico de líneas, en el cual cambian los porcentajes entre el 34% y 71%, debido a los cambios entre la eficiencia y eficacia.

## **B. Propuesta de Mejora**

Debido a que ya se identificó el problema de la baja productividad en la empresa y se ha propuesto el uso de herramientas de calidad se están considerando las siguientes alternativas de solución en base a lo trabajado en la matriz de alternativas de solución

### **B1. Matriz de Alternativas de solución**

Las alternativas de solución que se propusieron para este proyecto de investigación fueron: la mejora de procesos, mantenimiento preventivo y estudio de trabajo. Se llegó a determinar que la herramienta más apropiada es el estudio de trabajo, en función de los criterios de complejidad Podemos ver en el anexo 13.

### **B2. Matriz de Priorización**

Se muestran los criterios asignados para definir que efectivamente la herramienta estudio del trabajo es aquella que va a dar la mejor solución al problema, esto se trabajó en función de los criterios de priorización para identificar el área más afectada. Podemos ver en el anexo 14.

### **B3. Cronograma de implementación**

El cronograma de implementación de la propuesta de mejora se trabajará tomando como referencia la metodología de Kanawaty, para ellos utilizaremos el diagrama de Gantt, toda la implementación está establecido por un límite de tiempo del mes de Julio y agosto por lo que está asignado por las 4 semanas correspondientes de cada mes.

Tabla 37 Cronograma de implementación

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO										
N°	ACTIVIDADES ASIGNADAS		SEMANAS							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	SELECCIONAR	Recolección de datos de la empresa	■							
2	REGISTRAR	Realizar el DAP		■						
		Registro de datos		■						
3	EXAMINAR	Interrogatorio a los técnicos			■					
		Examinar contexto del lugar de trabajo.			■					
4	ESTABLECER	Realizar DAP propuesto				■				
		Nuevas pautas de trabajo				■				
5	EVALUAR	Elección de las alternativas de solución					■			
6	DEFINIR	Elaboración del presupuesto						■		
		Nuevos métodos de trabajo en las pautas						■		
7	IMPLANTAR	Implantar el nuevo método							■	
		Implantación de capacitación							■	
8	CONTROLAR	Los nuevos procedimientos de trabajo								■

Fuente: Elaboración propia

#### B.4 Costo de la Propuesta de implementación

De acuerdo con la Tabla 38, se puede observar los diversos recursos que se hubieran utilizados para la implementación de la investigación estudio del trabajo en función de recursos materiales, lo cual se obtiene un monto total de S/ 18.216.66 Nuevos soles.

**Tabla 38 Inversión del proyecto**

COSTO DE IMPLEMENTACION					
TANGIBLES					
RECURSOS	CANTIDADES	UNIDADES	OSTO UNITARI	TOTAL	
Maquina engrasadora	1	UNI	S/ 3.500,000	3.500,00	
Grasa XHP 22	0,5	KG	S/ 25,00	12,50	
Snoop	1	LT	S/ 21,00	3.501,00	
GATA PARA LEVANTAR EL EJE	2	UNI	S/ 140,00	280,00	
Herramientas	1	PQT	S/ 1,000	1,00	
<b>TOTAL</b>				<b>7.295</b>	
Software	1	UNI	S/ 650,00	650,00	
Computadora	1	UNI	S/ 2.100,000	2.100,00	
Tintas	4	UNI	S/ 40,00	160,00	
Lapiceros	5	UNI	S/ 1,00	5,00	
Tablero de observaciones	2	UNI	S/ 10,00	20,00	
Hoja Bond	2	MILL	S/ 10,00	20,00	
Impresión de los instrumentos de medición	80	UNI	S/ 0,10	8,00	
Folder	5	UNI	S/ 0,80	4,00	
copias	20	UNI	S/ 0,50	10,00	
Cronometro	1	UNI	S/ 100,00	100,00	
<b>TOTAL</b>				<b>3.077,00</b>	
<b>TOTAL TANGIBLES</b>				<b>10.371,50</b>	
INTANGIBLES					
Capacitador Especialista	1	-	S/ 2.000,00	S/ 2.000,00	
Capacitación de operarios	4	Sueldo / Hr	S/ 25,04	S/ 100,16	
<b>INVERSION TOTAL DE RECURSOS HUMANOS</b>				<b>S/ 2.100,16</b>	
INVERSION DEL CICLO DE ESTUDIO	INVESTIGADOR	SEMESTRES	COSTO UNITARIO		
		2	S/ 1.000,00	2.000,00	
<b>INVERSION TOTAL DE CICLO DE ESTUDIOS</b>					
TIEMPO INVERTIDO	INVESTIGADOR	INVERSION			
		S/	1.000,00	S/ 1.000,00	
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 3.000,00</b>	
<b>INVERSION DE TIEMPO INVERTIDO</b>					
	COSTO	MESES			
SERVICIO DE INTERNET	S/ 85,00	9		S/ 765,00	
SERVICIO DE AGUA Y DESAGÜE	S/ 120,00	9		S/ 1.080,00	
SERVICIO DE SUMINISTRO DE ENERGIA	S/ 100,00	9		S/ 900,00	
<b>INVERSIÓN DE SERVICIOS</b>				<b>S/ 2.745,00</b>	
<b>INVERSION TOTAL DE INTANGIBLES</b>				<b>S/ 7.845,16</b>	
<b>INVERSION TOTAL</b>				<b>S/ 18.216,66</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

### Costos de recursos humanos empleados

Con relación de la Tabla 38, de los costos intangibles las cuales se hubiera realizado la capacitación a los técnicos de la especialidad seria de S./ 2.100.16 nuevos soles ya que estos estarían involucrados con la implementación del estudio del trabajo en la empresa P&M Automotriz.

### **C. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA SEGÚN LA METODOLOGÍA DE KANAWATY.**

En la actualidad el mundo está pasando tiempos difíciles por el virus del Covid-19 Y estos ha traído situaciones difíciles por los contagios ya que se dio inicio, y el gobierno tomo las medidas de prevención de contagios, por lo que muchas empresas optaron por la reducción personal o algunos casos extremos dieron suspensión perfecta. En este sentido la empresa donde estaba haciendo mi informe de investigación redujo sus operaciones por la pandemia y esto se vio reflejado en sus buses, no salían en su totalidad ya que eran pocos las unidades que salían a cubrir las rutas y los demás buses por meses estaban paralizadas.

A continuación, se detalla las actividades que se hubieran realizado como parte del cronograma de implementación. Como podemos ver en la tabla 37. el cronograma de implementación se precisará las actividades que se tenían planificadas para la misma.

1. La pandemia ha traído un sinfín de situación adversar en cuanto la salud y las empresas por lo que la empresa P&M, se dedica al transporte urbano mediante sus buses que diariamente circulan, por motivos de la pandemia no se pudo llegar a realizar la implementación porque la empresa redujo las operaciones de sus servicios y los buses estaban la mayor parte sin operar, por lo que no se pudo realizar las tomas de los tiempos para la parte post test ya que, la pandemia hizo dar a la empresa un giro total, los mantenimiento que diariamente ingresaban al área ya no eran los mismos ni con la misma frecuencia es por ello que no se realizó la implementación.

2. La empresa cuenta con varios procesos de mantenimiento y uno de ellos son las especialidades o sistemas de lubricación, admisión y escape, combustible y suspensión. Estos sistemas se trabajan mediante un kilometraje de recorrido que diariamente ingresan los buses al taller. Lo que quería mejorar eran los tiempos de los procesos ya mencionados líneas arriba, reducir los tiempos improductivos, eliminar procesos innecesarios y de esa manera aumentar el ingreso de unidades para realizar los mantenimientos diarios y lo que buscada era aumentar la productividad.

## **C.1 Actividades de propuesta de mejora que se hubieran desarrollado**

### **1. SELECCIONAR**

**1.1. Recolección de datos de la empresa:** Se considero tomar los sub procesos del proceso de mantenimiento (procesos de lubricación, admisión y escape, combustible y suspensión), empleando las fichas de recolección de datos que fueron diseñados para tal fin. Podemos ver en (Anexo N.º. 8) (formato DAP, DOP).

### **2. REGISTRAR**

Para el registro de la información ya se tenía previsto el uso de los formatos de la ficha de recolección de datos (diagrama de operaciones y diagrama de análisis de procesos), así como elaboración otros diagramas aquí se considerará la información trabajada con la data pre test con que fue trabajada.

### **3. EXAMINAR**

#### **3.1. Interrogatorio a los técnicos:**

En esta etapa se hubiera realizado un análisis riguroso de todas las actividades de los procesos del área de mantenimiento. Se utiliza la técnica del interrogatorio para saber ¿Qué se hace?, ¿Dónde se hace?, ¿Cuándo se hace?, ¿Cómo se hace? Y ¿Qué debería hacerse? Con ello analizar qué actividades ayudarán a mejorar las actividades de valor agregado y determinar las actividades que deben mejorarse en el proceso de los sistemas de las unidades.

**Tabla 39 Ficha de Interrogatorio**

<b>TÉCNICA DEL INTERROGATORIO</b>					
<b>Actividades</b>	<b>¿Qué se hace?</b>	<b>¿Dónde se hace?</b>	<b>¿Cuándo se hace?</b>	<b>¿Cómo se hace?</b>	<b>¿Qué debería hacer?</b>
Traslado a la unidad con la maquina engrasadora	Se dirige hacia la maquina	Jaula	Al inicio de la actividad	El técnico mecánico se dirige a la unidad	Hacer uso de la propuesta
Engrase de cardan transmisión	Se lubrica el cardan	bus	Parte de las actividades	Mediante presión de aire ingresa grasa al punto móvil	Para que no esté sin lubricar el cardan
Engrase de pines y bocinas	Se levanta la parte delantera y se lubrica	bus	Parte de las actividades	Mediante presión de aire ingresa grasa al punto móvil	Para que no esté sin lubricar el pin y la bocina
Limpieza de transmisión y diferencial	Se pulveriza el polvo de la transmisión	En la caja y corona	Parte de las actividades	El técnico limpia con aire comprimido	Para no obstruirse el tapón aereador
Revisar nivel de aceite motor y transmisión	Se dirige hacia la parte posterior	Motor y transmisión	Parte de las actividades	Se verifica que el nivel de aceite	Si mide mejor del mínimo rellenar el aceite
Engrase de rachets y eje de levas	Se lubrica el rachets y eje de levas	El freno	Parte de las actividades	Mediante presión de aire ingresa grasa al punto móvil	Para que no esté sin lubricar rachets y eje de levas
Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	Se dirige a digitación	bus	Parte de las actividades	El técnico lleva su orden de trabajo para ingresar al sistema	La orden de trabajo debe de estar ingresada
Traslado a la unidad	Se dirige a la unidad	jaula	Parte de las actividades	El técnico mecánico se dirige a la unidad	Que el técnico tenga listo su maleta de herramientas
Revisión de poleas y fajas	Inspecciona la polea y faja	motor	Parte de las actividades	Revisar que no presente sonido ni tenga grietas	Mantener el método actual
Revisar templadoras tensiones de ventilador	Revisa la templadores	motor	Parte de las actividades	Manualmente se verifica la tensión	Mantener el método actual

Recorrido de tubo de escape	Se dirige a revisar el ducto	motor	Parte de las actividades	No debe de estar deteriorada el ducto	Mantener el método actual
Revisar entrada de contaminantes	Revisar las entradas	motor	Parte de las actividades	Verificar que no haya ingreso de tierra	Aumentar el kilometraje de revisión
Limpieza de mangueras de ingreso de aire y filtro	Limpieza de mangueras	motor	Parte de las actividades	Se limpia el filtro de aire	Aumentar el kilometraje de limpieza
Verificar tensión de faja ventilador y bomba	Verificar la tensión	motor	Parte de las actividades	Verifica la tensión de faja	Mantener el método actual
Alinear poleas	Verificar que están alienadas las poleas	motor	Parte de las actividades	Con un nivel se verifica que están alineadas	Aumentar el kilometraje de revisión
Llenado de orden de trabajo	Se dirige a digitación	bus	Parte de las actividades	El técnico lleva su orden de trabajo para ingresar al sistema	La orden de trabajo debe de estar ingresada
Traslado a la unidad	Traslado a la unidad	Se dirige a la unidad	jaula	Parte de las actividades	El técnico mecánico se dirige a la unidad
Mantenimiento de solenoide de reductor	Cambiar o ring de gas	reductor	Parte de las actividades	Desmontaje y cambio de o ring	Aumentar el kilometraje de revisión
Revisión de bobina de gas	Revisar su estado	bobina	Parte de las actividades	Revisar que no se encuentre rajada	Que lo realice los electricistas
Inspección del sistema de alimentación	Verificar la entrada de combustible	tablero	Parte de las actividades	Verificar el manómetro	Aumentar el kilometraje de revisión
Verificación de capacidad y revisión de válvulas	Revisión la presión de gas	tanques	Parte de las actividades	Verificar en el display de gas	Que el tanqueo realice esta verificación
Revisión de sensores de fuga	Revisión de sensores	cañerías	Parte de las actividades	Verificar si no tienen fugas	Mantener el método actual

Revisión y estado de válvulas	Revisión de válvulas	tanques	Parte de las actividades	Verificar si no tienen fugas	La amasadora debe estar cerca al almacén
Comparación de lecturas digital y analógico	Comparación de lecturas	bus	Parte de las actividades	Se utiliza laptop	Que lo revise otra área parte eléctrica
Revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas	Revisión de mangueras	bus	Parte de las actividades	Revisar que no están resacas	Revisar el área de refrigeración
Medición de bobina de gas	Medir el amperaje de la bobina	reductor	Parte de las actividades	Revisar con el multímetro	Que lo realice los electricistas
Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	Se dirige a digitación	bus	Parte de las actividades	El técnico lleva su orden de trabajo para ingresar al sistema	La orden de trabajo debe de estar ingresada
Traslado a la unidad	Traslado a la unidad	Se dirige a la unidad	jaula	Parte de las actividades	El técnico mecánico tenga listo su maleta cerca de la unidad
Revisión de altura de suspensión	Revisar la altura	bus	Parte de las actividades	Revisar con wincha la altura de suspensión	Modificar el método para realizar de otra manera
Purgado de tanques	En la válvula de purgado	tanques	Parte de las actividades	Se drenaje el agua que pueda tener el sistema	Otra área debería de revisar circuito neumático
Revisión de soporte de varilla	Revisar el soporte de caucho	varilla	Parte de las actividades	El soporte no se encuentre roto	Mantener el método actual

Limpieza de bolsa y base	Limpieza de bolsa	bus	Parte de las actividades	Limpieza parte externa del componente	Aumentar el kilometraje de revisión
Revisión del sistema de suspensión	Revisar sistema de suspensión	bus	Parte de las actividades	Que no haya partes dañadas	mantener el método actual
Revisión de bocina tirante y barra estabilizadora	Revisar bocina	bus	Parte de las actividades	Que no se encuentren dañados	mantener el método actual
Llenado de orden de trabajo traslado a digitación	Se dirige a digitación	bus	Parte de las actividades	El técnico lleva su orden de trabajo para ingresar al sistema	La orden de trabajo debe de estar ingresada

### 3.2. Examinar contexto del lugar de trabajo:

En el área de mantenimiento las maletas de herramientas de los técnicos se encuentran alejados de la zona de trabajo, juntamente con la maquina engrasadora y el técnico tenía que acercarse hacia máquina para nuevamente ingrese junto a ella a la zona donde se va a realizar los trabajos, podemos ver también que para el ingreso de ordenes de trabajo y recojo de materiales el técnico desde su zona de trabajo tiene que ir hacia digitación para que ingresen su orden de trabajo.

#### 4. ESTABLECER

##### 4.2. Realizar DAP que se habría Propuesto

**Tabla 40 Proceso de lubricación propuesto**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO											
Diagrama No.	Hoja No.	Tecnico ■	MATERIAL □	EQUIPO □							
Objetivo: Sistema de lubricacion		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)						
		Operación									
Proceso analizado: Mantenimiento		Transporte									
		Espera									
Metodo:		Inspección									
Actual	Propuesto ■	Almacenamiento									
Localización: Mantenimiento		Total									
Tecnico Mecanico:		Tiempo total de actividades									
Elaborado por: Luna Solano Beder											
Fecha: 20/09/2020											
Descripción		Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	Tiem. produc	Tiem. Improd
				○	⇒	D	□	▽			
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	1. Translado a la unidad				●						X
	2. Engrase de cardan transmisión			●						X	
	3. Engrase de pines y bocinas			●						X	
	4. limpieza de transmisión y diferencial			●						X	
	5. Revisar fugas de aceite							●		X	
	6. Engrase de rachets y ejes levas de frenos			●						X	
	7. Engrase de terminales y brazo auxiliar de dirección			●						X	
	8. Translado otra unidad con la maquina engrasadora				●						X
Total				5	2	0	1	0		6	2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41 Proceso de admisión y escape propuesto**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO											
Diagrama	Hoja No.	Tecnico ■	MATERIAL □	EQUIPO □							
Objetivo: Sistema de Admision y Escape		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)						
		Operación									
Proceso analizado: Mantenimiento 5.000km		Transporte									
		Espera									
Metodo:		Inspección									
Actual	Propuesto ■	Almacenamiento									
Localización: Mantenimiento		Total									
Tecnico Mecanico:		Tiempo total de actividades									
Elaborado por: Luna Solano Beder											
Fecha: 20/9/2020											
Descripción		Distancia	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	Tiem. productivo	Tiem. Improductivo
				○	⇒	D	□	▽			
SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	1. Traslado a la unidad				●						X
	2. Revisión de poleas y fajas						●			X	
	3. Revisar templadores y tensiones de ventilador						●			X	
	4. Recorrido de tubo de escape			●						X	
	5. Verificar tensión de faja ventilador alternador y bomba						●			X	
	6. Alinear poleas						●			X	
	7. Traslado a otra unidad				●						X
Total				1	2	0	4	0		5	2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42 Proceso de combustible propuesto**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO											
Diagrama No. Hoja No.		Tecnico	MATERIAL	EQUIPO							
Objetivo: Sistema de Combustible		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)						
		Operación									
Proceso analizado: Mantenimiento 5.000km		Transporte									
		Espera									
Metodo:		Inspección									
Actual	Propuesto	Almacenamiento									
Localización: Mantenimiento		Total									
Tecnico Mecanico:		Tiempo total de actividades									
Elaborado por: Luna Solano Beder											
Fecha: 20/9/2020											
Descripción		Distancia (m)	Tiempo (min)	○	⇒	◐	□	▽	Observaciones	Tiem. productivo	Tiem. Improductivo
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	1. Traslado a la unidad				●						X
	2. Inspección de sistema de alimentación						●			X	
	3. Verificación de capacidad y revisión de valvulas de tanque de GnV						●			X	
	4. Revisión de sensores de fuga						●			X	
	5. Revisión y estado de valvulas							●		X	
	6. Comparación de lecturas, digital y analogico					●				X	
	7. Traslado a otra unidad										
Total				0	2	0	5	0		5	2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43 Proceso de suspensión propuesto**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No.	Tecnico	MATERIAL	EQUIPO					
Objetivo: Sistema de Suspensión		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)				
Proceso analizado: Mantenimiento		Operación							
		Transporte							
		Espera							
Metodo:		Inspección							
Actual	Propuesto	Almacenamiento							
Localización: Mantenimiento		Total							
Tecnico Mecanico:		Tiempo total de actividades	○	⇒	D	□	▽		
Elaborado por: Luna Solano Beder									
Fecha: 20/09/20									
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Símbolo</b>			<b>Observaciones</b>	<b>Tiem. productivo</b>	<b>Tiem. Improd</b>
	1. Traslado a la unidad			●					X
	2. Revisión de altura de suspensión					●		X	
	3. Alineamiento de valvulas					●		X	
	4. Revisión de fugas bolsas de aire					●		X	
	5. Revisión de soporte de varilla					●		X	
	6. Revisión del sistema de suspensión				●			X	
	7. Revisión de bocinas tirante y bara estabilizadora					●		X	

8.	Traslado a otra unidad							X	
Total		1	2	0	5	0		6	2

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1. Nuevas pautas de trabajo**

##### **Proceso del sistema de lubricación**

Como podemos ver en la tabla 5 es el método actual que se viene desarrollando los trabajos en el área. Podemos establecer que la maquina engrasadora se encuentre dentro de la zona de trabajo para evitar traslados del técnico y de esa manera reducir el tiempo, en cuanto a sus actividades dentro del proceso. La actividad número 6, revisar nivel de aceite motor y transmisión se puede eliminar ya que el turno de amanecida mediante el alistamiento que diariamente se revisa los buses también es parte de sus funciones revisar ese punto y de esa manera ese tiempo de actividad se anularía. Por último, eliminar el traslado y llenado de orden de trabajo para que solo el técnico llene su firma al final de cada trabajo que valide que si realizo. La orden de trabajo debe de estar impreso con el número de bus, placa y el nombre del técnico porque está asignado a al área y se y se ahorraría en papel y el tiempo en el llenado de la orden de trabajo.

##### **Proceso de admisión y escape**

Como podemos ver en la tabla 6 es el método actual que se viene desarrollando los trabajos en el área. En la descripción número 5, esta actividad se puede eliminar y alargar el kilometraje de revisión por mediante la prueba de aceite que se realizar se puede ver el estado del motor. La actividad de limpieza de manguera de ingreso de aire y filtro se puede eliminar y aumentar el kilometraje de operación ya que estos buses circulan por la vía exclusiva y no hay mucha tierra. Por último, eliminar el traslado y llenado de orden de trabajo para que solo el técnico llene su firma al final de cada trabajo que valide que si realizo. La orden de trabajo debe de estar impreso con el número de bus, placa y el nombre del técnico porque está asignado a al área y se ahorraría en papel y el tiempo en el llenado de la orden de trabajo.

##### **Proceso de combustible**

Como podemos ver en la tabla 7 es el método actual que se viene desarrollando los trabajos en el área. La actividad de mantenimiento de solenoide de reductor consiste en cambiar los o ring de gas de manera frecuente, lo que se podría mejorar es no cambiar los o ring porque a un se encuentran en buen estado y esto se podría a largar a un mayor kilometraje de cuales se ahorraría costo, tiempo y mano de obra. Solo se verificaría mendicante el detector de fugas. En cuanto a la revisión de bobina de reductor de gas y la revisión del amperaje del mismo también lo hace

la parte eléctrica lo que esta actividad correspondería netamente a esa especialidad lo que podría eliminar dicha actividad, y la actividad de revisión de mangueras de refrigerante al reductor de gas también lo realiza el sistema de refrigeración y esta se eliminaría y solo se quedaría en revisar el sistema involucrado. Por último, eliminar el traslado y el llenado de orden de trabajo para que solo el técnico llene su firma al final de cada trabajo que valide que si realizo. La orden de trabajo debe de estar impreso con el número de bus, placa y el nombre del técnico porque está asignado a al área y se ahorraría en papel y el tiempo en el llenado de la orden de trabajo.

### **Proceso de suspensión**

Como podemos ver en la tabla 8 es el método actual que se viene desarrollando los trabajos en el área. La actividad de purgado de tanques se puede eliminar porque en circuito neumático también tiene la misma actividad ya que esa área esta liga netamente al sistema, y en el alineamiento de válvulas se viene realizando con wincha que el técnico tiene que medir la altura de suspensión para regular lo que se propone es comprar una paleta a medida para que por la parte baja en zanja se realiza la regulación más rápido y reducir el tiempo de alineamiento, en lo que corresponde a limpieza de bolsa y base eliminar esa actividad y aumentar el kilometraje de revisión ya que los buses se les podría soldar un protector para minimizar suciedad. Por último, eliminar el traslado y el llenado de orden de trabajo para que solo el técnico llene su firma al final de cada trabajo que valide que si realizo. La orden de trabajo debe de estar impreso con el número de bus, placa y el nombre del técnico porque está asignado a al área y se ahorraría en papel y el tiempo en el llenado de la orden de trabajo.

## **5. EVALUAR**

### **5.1. Elección de las alternativas de solución:**

Se realizó una propuesta de la herramienta la cual nos de mayores beneficios para generar mayor productividad en la empresa P&M automotriz. Se muestra de acuerdo a las causas que afectan a la baja productividad encontradas en el diagrama de Ishikawa las que conforman el 80%. Para cada una se sugiere una herramienta que ayuda como alternativa de solución al problema presentado en la empresa P&M Automotriz Comas, 2020.

**Tabla 44 Herramientas para las principales causas encontradas**

<b>CAUSAS HALLADAS</b>	<b>HERRAMIENTAS DE SOLUCIÓN</b>
Falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento	Estudio del trabajo
Falta de una programación de mantenimiento	Mantenimiento preventivo
Falta de Tiempo planificado en el mantenimiento	Mejora de procesos

Fuente: Elaboración propia

## **6. DEFINIR**

### **6.1. Elaboración del presupuesto**

En este punto se elabora el presupuesto que se hubiera incurrido con lo referente de implementación y todo recurso del proyecto.

### **6.2 Nuevos métodos de trabajo en las pautas**

Se propone hacer cambios en las pautas de mantenimiento de las especialidades ya que dichas pautas son de inicio de operación lo que se busca eliminar los tiempos improductivos en el área de mantenimiento de los procesos de lubricación, admisión y escape, combustible y suspensión. Es hacer nuevas pautas de mantenimiento con la finalidad de tener más claro lo que se va a revisar y el tiempo que se van a tomar con el nuevo método de trabajo, además el orden y limpieza en el puesto de trabajo al inicio y final de la jornada de trabajo el uso de los EPP, el coche de herramientas tiene que estar cerca de la zona de trabajo y la maquina engrasadora, las ordenes de trabajo estén impresas con la finalidad de ahorrar estos tiempos.

Lo que se busca es alcanzar el objetivo y sostener una política, con el equipo trabajo mediante nuevos métodos que nos permitirán ser más productivos de manera normal. Ya que estas pautas de trabajo serian consultados con la gerencia de mantenimiento y todo el equipo administrativo de la organización para estar alineados y evitar confusiones.

## **7. IMPLANTAR**

### **7.1. Implantar el nuevo método**

Por la coyuntura que estamos pasando no se puede implantar un nuevo mejor de trabajo. Pero si converso con el personal la importancia del estudio del trabajo y los beneficios que nos brinda esta herramienta.

Lo que se buscaba implementar el nuevo método toma mucha responsabilidad, constancia y lo más importante saber llegar al trabajador. Ya que tienen varios años trabajando en el mismo puesto de trabajo y ha creado en ellos costumbre que es complicado cambiar para ello es de gran ayuda cambiar el chip. De tal manera debemos encontrar la mejor forma de poder llegar, y que al incrementar la productividad va ser beneficioso no solo para los gerentes si no para todos. Por ende, al reducir costos en el mantenimiento generamos mayor ganancia.

### **7.2. Implantación de capacitación**

Por la coyuntura que estamos pasando no se puede implantar las capacitaciones. En cuanto a las capacitaciones se hubieran dado a los que directamente están involucrados con los procesos hubiera si de gran importancia las capacitaciones siendo de beneficioso en lo que consistiera el nuevo método de trabajo y todas las modificaciones que hubieran existido para todo el personal tenga un mismo pensamiento del nuevo método de trabajo.

## **8. CONTROLAR**

### **8.1 Los nuevos procedimientos de trabajo**

Para realizar la última etapa del estudio del trabajo, lo que se buscaba era controlar. Muchas organizaciones creen que con implantar el nuevo método de trabajo es más que suficiente, pero eso es mentira, los trabajadores siguen realizando la misma manera antigua de trabajar por el mismo tiempo que tienen en la empresa y es un poco difícil acostumbrarse al nuevo método de trabajo con la nueva metodología. Conjuntamente con el supervisor y el coordinador de mantenimiento se tiene que corroborar que todos tengan claro de los nuevos procedimientos de trabajo a ejecutar. Si hay algún inconveniente poder capacitarlos nuevamente

Importancia sobre el nuevo método de trabajo sobre cada uno de las causas de la problemática:

### **Falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento**

Lo que se buscaba es conjuntamente con los técnicos establecer tiempos de trabajo para cada proceso de los sistemas de los buses de acuerdo a las pautas de trabajo de cada especialidad. para ello primero tener una toma de tiempos nuevamente para ver cuáles son los tiempos reales de cada actividad de acuerdo a cada proceso y estandarizar los tiempos de cada mantenimiento para determinar cuánto se va a demorar por cada inspección.

### **Falta de Tiempo planificado en el mantenimiento**

Planificar el tiempo determinado para cada inspección del mantenimiento, crear un plan de acción para lograrlos para ello se debe de eliminar las actividades que no añaden valor en el proceso de tal manera establecer nuevas maneras de revisar las unidades y que los técnicos tomen conciencia que al principio esto va ser difícil, pero en el tiempo beneficioso para todos.

### **Ubicación de equipo muy distante**

Tener una mejor ubicación de la maquina engrasadora habilitar un espacio en la zona de trabajo sin perjudicar la operación ya que va ser muy fundamental que el técnico tengo que ir hasta donde se encuentra distante del puesto de trabajo.

### **Falta de iluminación**

Por el uso constante de las linternas hacer un periodo de mantenimiento para dar mayor uso de vida a la herramienta. Y reportar si alguna de estas tiene alguna anomalía. Esto traería en beneficio al trabajador porque tendría buena iluminación y pueda trabajar seguro.

## **C.2 Propuesta trabajada con Crystal Ball**

Mediante la situación actual que el mundo está pasando con el virus del Covid-19 la empresa P&M Automotriz, no están operando al 100% de todas las unidades que tiene y **solo** están saliendo buses seleccionados en cuanto a las rutas o por los servicios programados. En ese sentido se buscó la manera de trabajar mediante el modelamiento de simulación de los datos para estimar la situación POST TEST, teniendo en cuenta la aplicación de la herramienta. El investigador busca resolver estos impedimentos de condiciones operativa de la investigación. Por ende, se llevará a cabo mediante la simulación estadística empleando Oracle Crystal Ball. por ello minimizara los costos de personas y el tiempo al desarrollar la simulación de la productividad Post test, tomando tantas veces para asegurar con un 95% de corridas para lograr el objetivo de la productividad Post test.

### **Herramienta para la simulación: Oracle Crystal Ball**

La corrida de este programa está dada en Excel, facultado para efectuar la selección de números aleatorios en miles de Monte Carlo para mostrar las evidencias de simulación. Para poder determinar la productividad Post test muestra el reporte del histograma y sus estadísticas, consideraciones desde la media y la curtosis para interpretar la corrida y los resultados. De tal manera es un programa basado en analizar riesgos y de pronosticar mediante a gráficos, es sencillo de utilizar y tiene como objetivo final eliminar la incertidumbre para tomar decisiones.

Para simular dicho proceso es posible probar en Excel lo que será en la realidad el impacto para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de la empresa

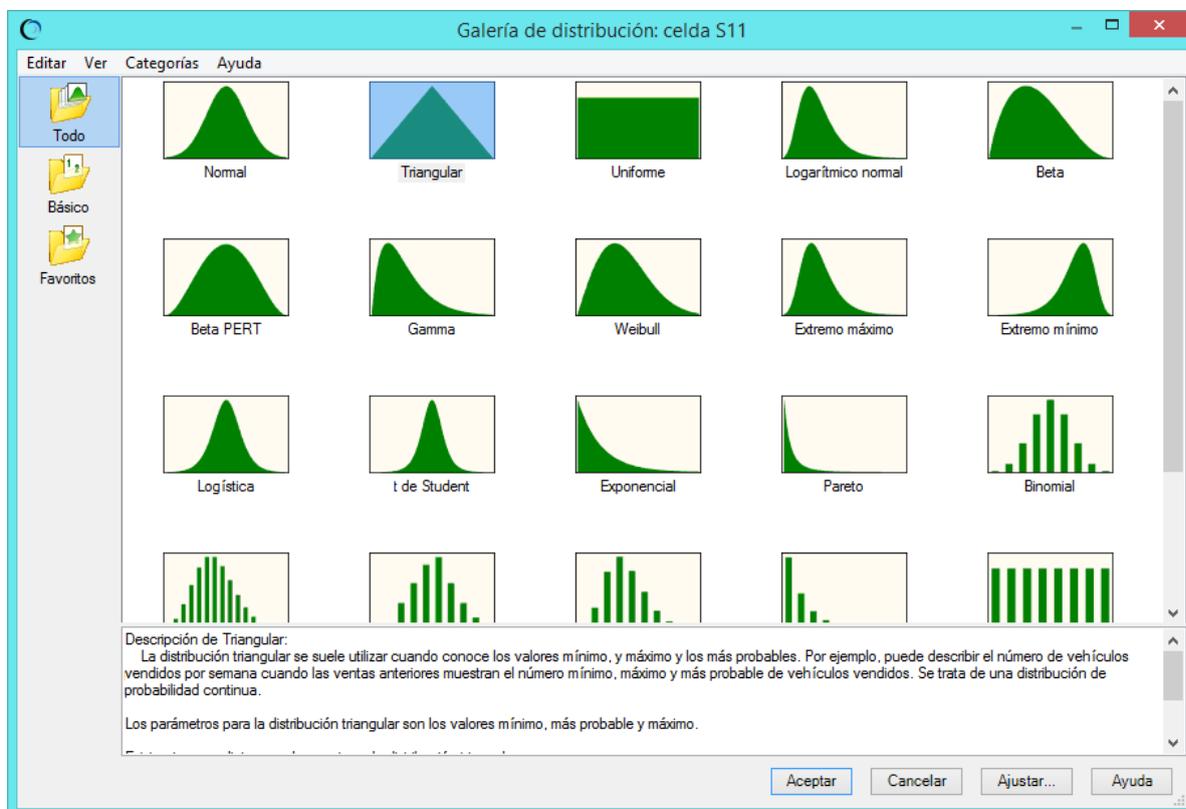
Es fundamental tener los datos de la productividad en una hoja de Excel para poder calcular la eficiencia y la eficacia, elaborar el Pres test de la productividad. El Software de Oracle Crystal Ball realiza simulaciones llevándonos a nuevos escenarios y evidencia los valores probabilísticos y los resultados estadísticos cambian el valor de la productividad Post test y se puede aplicar para mejorar los indicadores de producción en la compañía.

## Tener en cuenta los pasos al realizar la simulación de corrida:

1. Definir decisión libre de elección en determinar la celda en la hoja de cálculo y esta será establecida mediante el color amarillo que el mismo software inserta, luego se determina la suposición se ubica en la columna de la productividad a seleccionar por dentro de ellas existe varias probabilidades luego una vez que seleccionas aparece de color verde la celda y sucesivamente se tiene que hacer los mismo con las demás celdas, seguidamente se tiene definir la previsión la finalidad es la simulación se tiene que tomar promedio de la productividad Pre test y su color es celeste y este será la simulación del resultado de la ecuación matemática.

2. Se puede observar en la figura 33, la galería de distribución al iniciar la ejecución de la simulación es establecer la suposición y se abría un menú de varias probabilidades en este informe de investigación se trabajará con la distribución triangular se determina para tener los datos más exactos y podemos visualizar las otras opciones que tiene dicha galería y se acepta para la simulación.

**Figura 32 Galería de Distribución**



Fuente: Crystal Ball

3. Después de realizar los pasos para la simulación ingresar a prefijo ejecución que está en la barra del Crystal Ball.

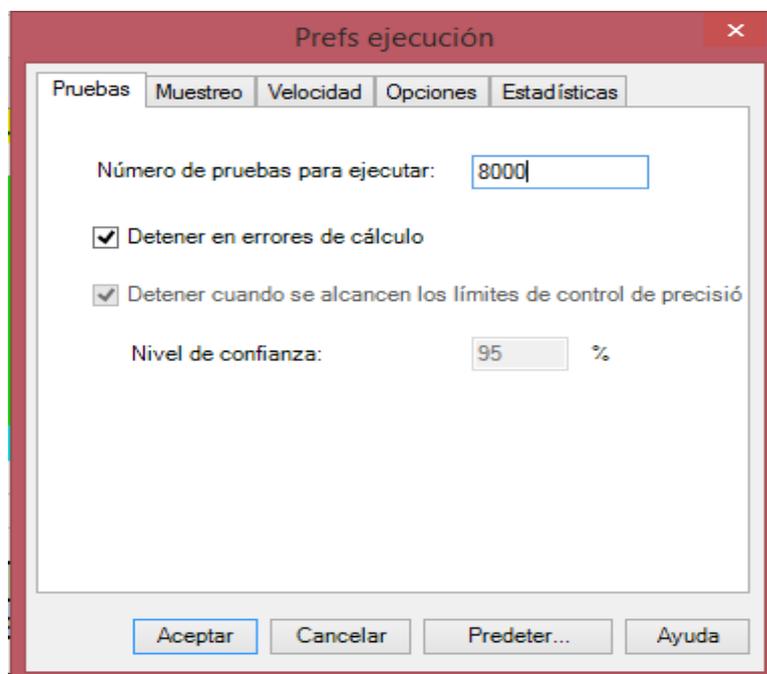
**Figura 33 Barra de Crystal Ball**



Fuente: Crystal Ball

En la figura 33, se puede establecer el número de veces para efectuar la simulación para tener un resultado más exacto para este informe se utilizaron 8000 pruebas para el Pre test de tal manera podremos ver cómo se va a comportar a futuro la productividad Post test. Esta simulación se utilizará en la herramienta de estudio del trabajo.

**Figura 34 Prefijos de Ejecución**



Fuente: Crystal Ball

Calcular el tiempo estándar en cada proceso del mantenimiento preventivo del sistema de lubricación.

Se requiere calcular el tiempo estándar propuesto para poder determinar la capacidad de producción y a partir de allí calcular la eficiencia. En vista de ello se procedió a hacer los cálculos con el simulador. mediante (Mínimo, Valor más probable, máximo).

**Tabla 45 Valores a partir de la experiencia del operario**

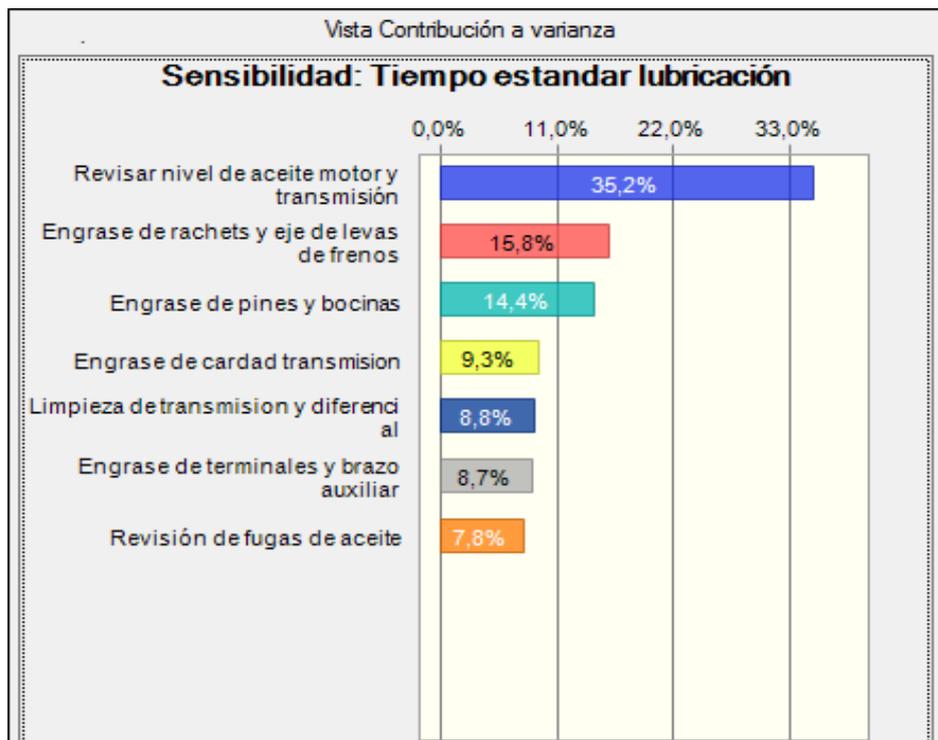
ITEM	En base a la experiencia del técnico		
	Mínimos	Mas probable	Máximos
1	3	4	6
2	4	6	8
3	4	5.5	7
4	2	3	5
5	6	10	12
6	5	7	9
7	4	6	7

Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla 45, el técnico del proceso lubricación lleva varios años en la empresa y está encargado de la especialidad y considera eso tiempos mínimos y máximos que puede terminar en las actividades de las pautas de mantenimiento y esto es a partir de la experiencia del Técnico mecánico.

1. En el Análisis de sensibilidad, la actividad que contribuye (afecta) más al tiempo estándar de la Operación que se trata de reducir o controlar es la actividad. Revisar nivel de aceite motor y transmisión (actividad 5). es el cuello de botella en este estudio del proceso de lubricación.

**Figura 35 Análisis de sensibilidad**



Fuente: Crystal Ball

2. Estadísticas de simulación del tiempo estándar Post Test del sistema de lubricación,

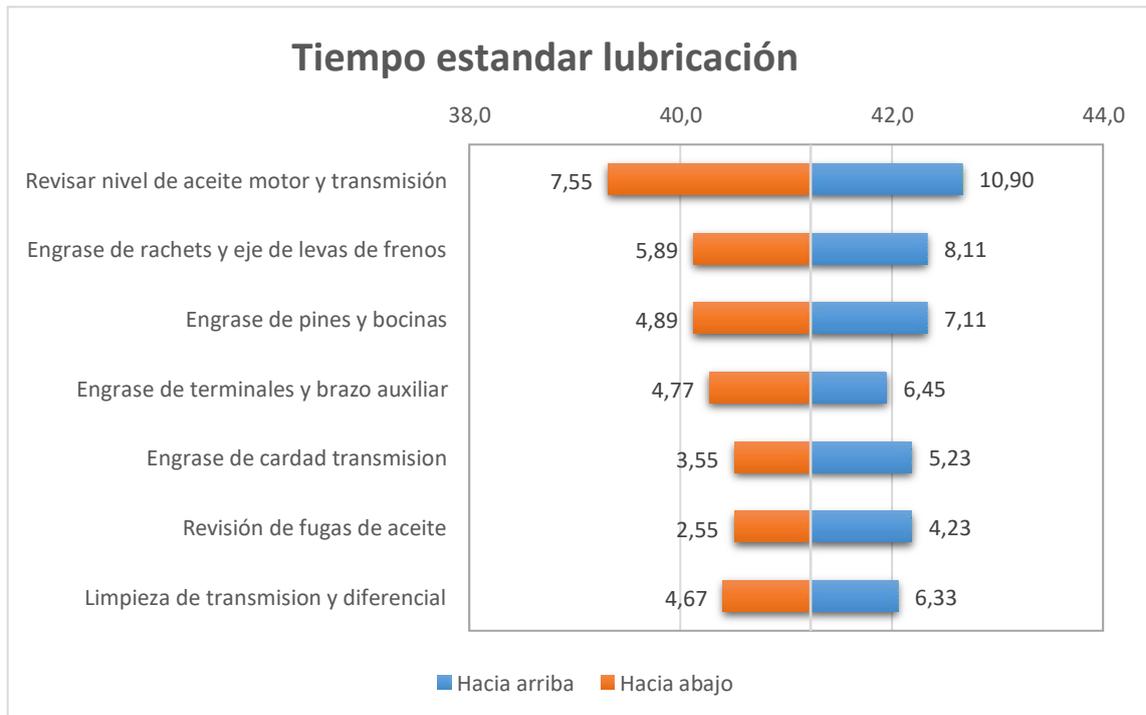
**Figura 36 Estadística de simulación del proceso de lubricación**

8.000 pruebas		Vista de estadísticas	7.964 mostrados
Estadística	Valores de previsión		
Pruebas	8.000		
Caso base	45,1		
Media	41,2		
Mediana	41,2		
Modo	---		
Desviación estándar	2,1		
Varianza	4,5		
Sesgo	-0,0430		
Curtosis	2,89		
Coefficiente de variación	0,0515		
Mínimo	33,6		
Máximo	48,8		
Error estándar medio	0,0		

Fuente: Crystal Ball

3. El análisis Tornado del Tiempo estándar de Operación. Se observa que es el tiempo estándar de la actividad 5 que consiste en (Revisar nivel de aceite motor y transmisión), la que aporta en el tiempo estándar del proceso, por tanto, es el cuello de botella a mejorar el proceso de lubricación.

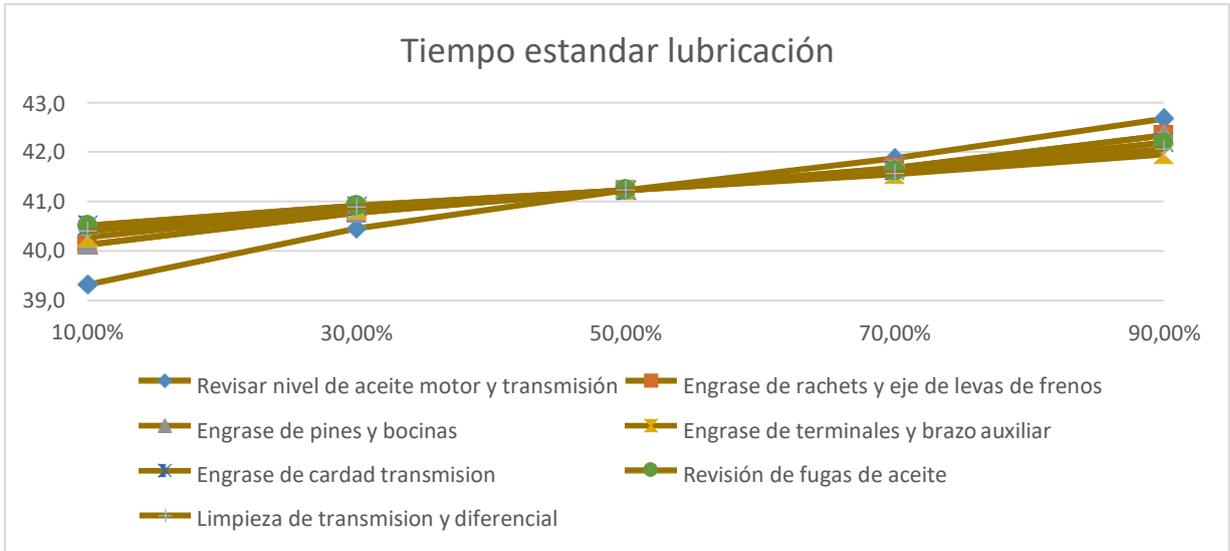
**Gráfico 37 Análisis de Tornado**



Fuente: Crystal Ball

4. Se puede observar aquellas actividades que contribuyen (con pendiente positiva) o negativamente en el objetivo de la simulación (tiempo estándar de la Operación del área de mantenimiento). Se observa lo que ya sabíamos, que el tiempo estándar de la operación 5 es la que tiene pendiente positiva y contribuye a que el tiempo estándar de la operación sea grande. Si el objetivo de la simulación es modelar experimentalmente en la computadora, podemos concluir entonces que debemos concentrar esfuerzos especiales en la actividad que afecta mayormente en el tiempo estándar. El estudio Post Test con el simulador Crystal Ball nos ha permitido encontrar el mejor tiempo estándar y para nada hemos afectado los recursos en la empresa y podemos finalmente determinar el nuevo tiempo estándar post test en el proceso de lubricación.

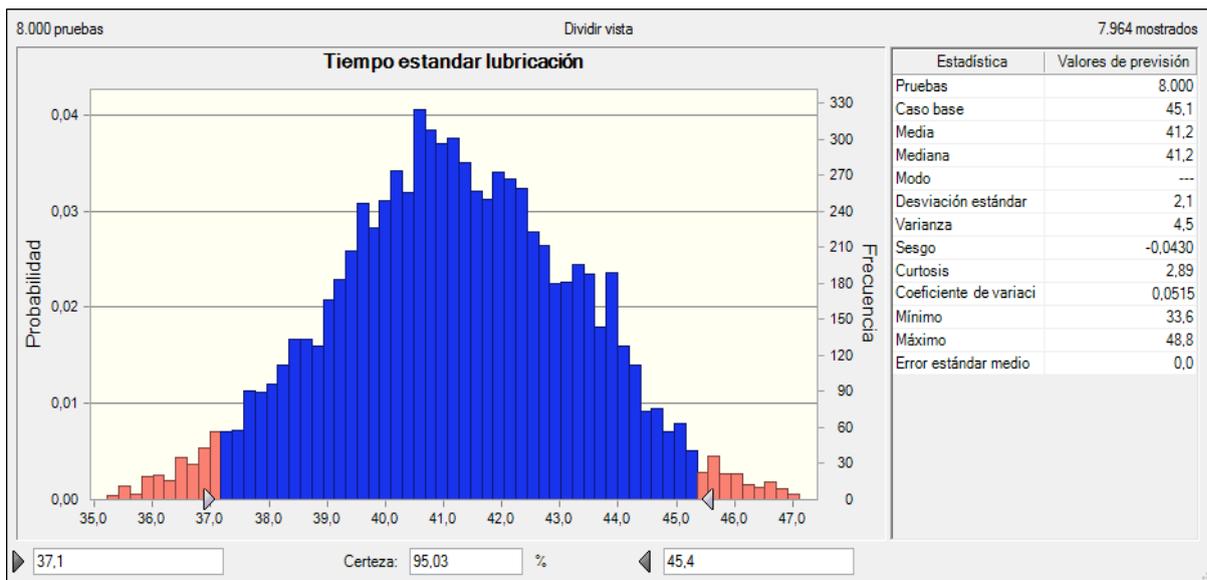
**Gráfico 38 Spider (Araña)**



Fuente: Crystal Ball

5. Finalmente, podemos afirmar que simulando 8000 veces los tiempos estándares de las siete actividades en la empresa P&M Automotriz, encontramos un Tiempo estándar Post Test de 41.2 minutos en el proceso de lubricación y, además, concluir con un 95% de confianza que el tiempo simulado tiene un intervalo de 37.1 a 45.4 minutos.

**Figura 39 Histograma del tiempo estándar del proceso de lubricación**



Fuente: Crystal Ball

La distribución de probabilidades que nos aporta el programa Crystal Ball, nos permite evaluar que cuando se realicen las operaciones correctivas especialmente en la actividad de revisión de aceite de motor y transmisión (5) lograremos alcanzar el tiempo estándar post test entre 37.1 y 45.4 minutos aproximadamente.

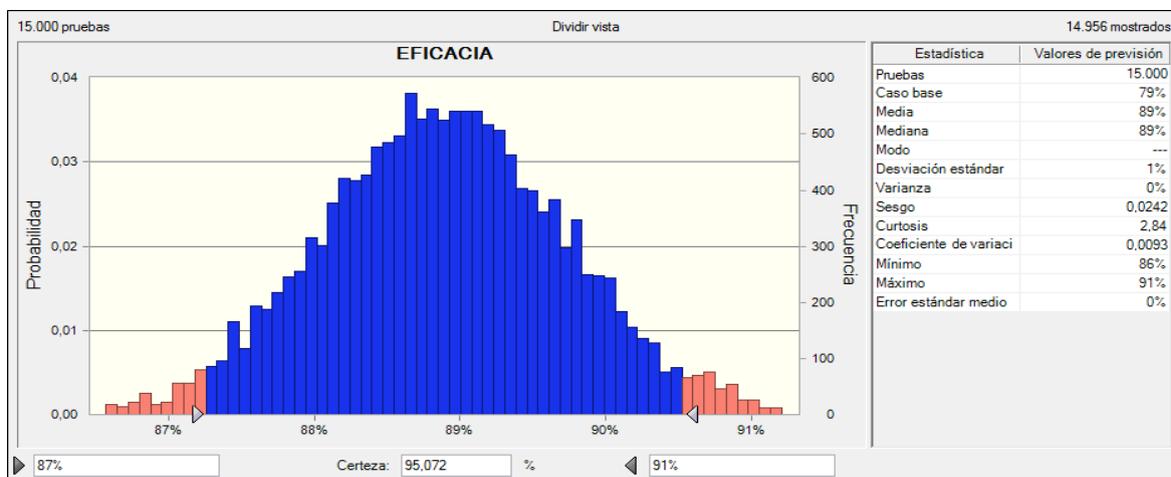
**Tabla 46 Productividad Pre test del proceso de Lubricación Simulación**

Proceso de simulación data Eficacia (Pre Test) Sistema de Lubricación							
Elaborado por:		Luna Solano Beder			Area	Mantenimiento	
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
					0	0	0
1	480	361	9	8	75%	89%	67%
2	480	316	9	7	66%	78%	51%
3	480	316	9	7	66%	78%	51%
4	480	316	9	7	66%	78%	51%
5	480	271	9	6	56%	67%	38%
6	480	361	9	8	75%	89%	67%
7	480	316	9	7	66%	78%	51%
8	480	226	9	5	47%	56%	26%
9	480	271	9	6	56%	67%	38%
10	480	316	9	7	66%	78%	51%
11	480	361	9	8	75%	89%	67%
12	480	316	9	7	66%	78%	51%
13	480	406	9	9	85%	100%	85%
14	480	361	9	8	75%	89%	67%
15	480	271	9	6	56%	67%	38%
16	480	316	9	7	66%	78%	51%
17	480	316	9	7	66%	78%	51%
18	480	361	9	8	75%	89%	67%
19	480	316	9	7	66%	78%	51%
Total	9120	6089	171	135	67%	79%	54%

Fuente: Elaboración propia

Se inicia el proceso de simulación para así obtener los resultados de la eficacia Post Test del proceso de lubricación.

**Figura 40 Simulación Eficacia Post Test del sistema de lubricación**



Fuente: Crystal Ball

Podemos observar en la figura 40, los resultados después de 15.000 pruebas de simulación podremos decir que la eficacia es de 87% a 91% con una certeza de 95,072% de confianza.

**Figura 41 Estadística de la Eficacia**

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	15.000
Caso base	79%
Media	89%
Mediana	89%
Modo	---
Desviación estándar	1%
Varianza	0%
Sesgo	0,0242
Curtosis	2,84
Coefficiente de variación	0,0093
Mínimo	86%
Máximo	91%
Error estándar medio	0%

Fuente: Crystal Ball

posteriormente en la figura 41, después de 15.000 pruebas podremos decir que hubo una mejor de 79% a 89%, este resultado de POST TEST lo observamos en la media.

Calcular el tiempo estándar en cada proceso del mantenimiento preventivo del sistema de Admisión y escape.

Se requiere calcular el tiempo estándar propuesto para poder determinar la capacidad de producción y a partir de allí calcular la eficiencia. En vista de ello se procedió a hacer los cálculos con el simulador. mediante (Mínimo, Valor más probable, máximo).

**Tabla 47 Valores a partir de la experiencia del operario**

ITEM	En base a la experiencia del técnico		
	Mínimos	Mas probable	Máximos
1	1.5	2.5	5
2	1.5	3	6
3	2	3.5	5
4	3	5	7
5	2.5	4	6
6	1	2	4
7	1	1.5	2.5

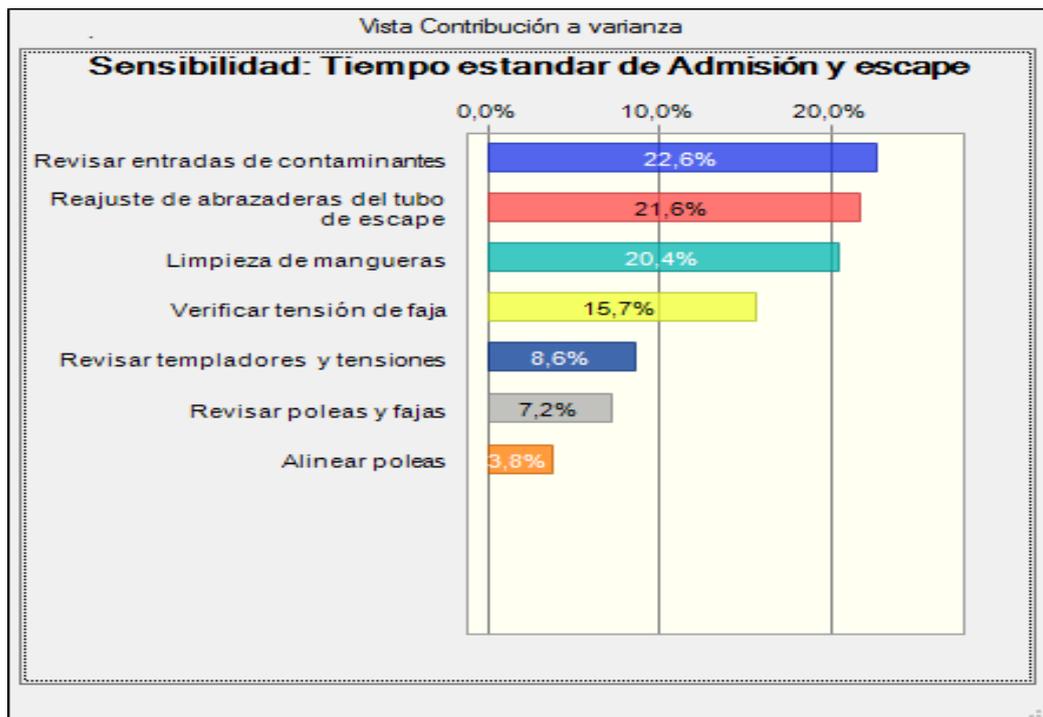
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla el técnico del proceso de admisión y escape lleva varios años en la empresa y está encargado de la especialidad y considera eso tiempos mínimos y máximos que puede terminar en las actividades de las pautas de mantenimiento y esto es a partir de la experiencia del Técnico mecánico.

### **Proceso de mantenimiento de Addison y escape**

1. En el análisis de sensibilidad, la actividad que contribuye (afecta) más al tiempo estándar de la operación que se trata de reducir o controlar es la actividad. Revisar entradas de contaminantes (actividad 4), es el cuello de botella en este estudio en el proceso de admisión y escape.

**Figura 42 Análisis de sensibilidad**



Fuente: Crystal Ball

- Estadísticas de simulación del tiempo estándar Post Test del sistema de admisión y escape.

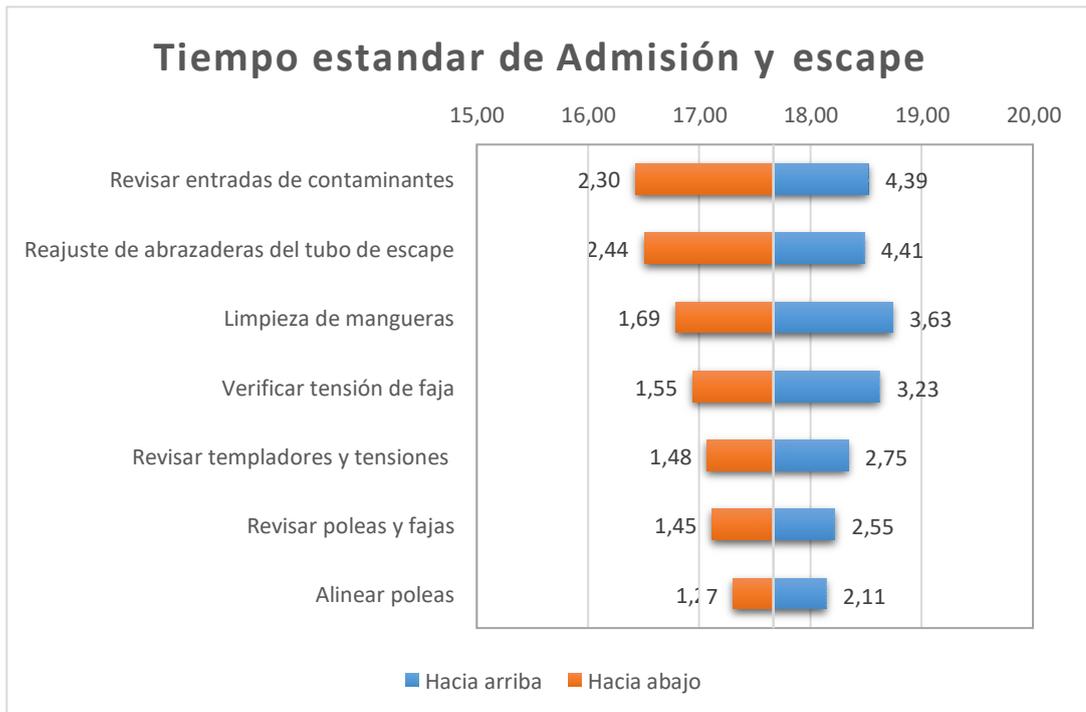
**Figura 43 Estadística de simulación del proceso de Admisión y escape**

8.000 pruebas		Vista de estadísticas	7.963 mostrados
Estadística	Valores de previsión		
Pruebas	8.000		
Caso base	20,02		
Media	17,65		
Mediana	17,62		
Modo	---		
Desviación estándar	1,61		
Varianza	2,59		
Sesgo	-0,0445		
Curtosis	2,97		
Coefficiente de variación	0,0911		
Mínimo	12,15		
Máximo	23,43		
Error estándar medio	0,02		

Fuente: Crystal Ball

3. El análisis Tornado del Tiempo estándar de Operación. Se observa que es el tiempo estándar de la actividad 4 (Revisar entradas de contaminantes) la que aporta en el tiempo estándar del proceso, por tanto, es el cuello de botella a mejorar el proceso de admisión y escape.

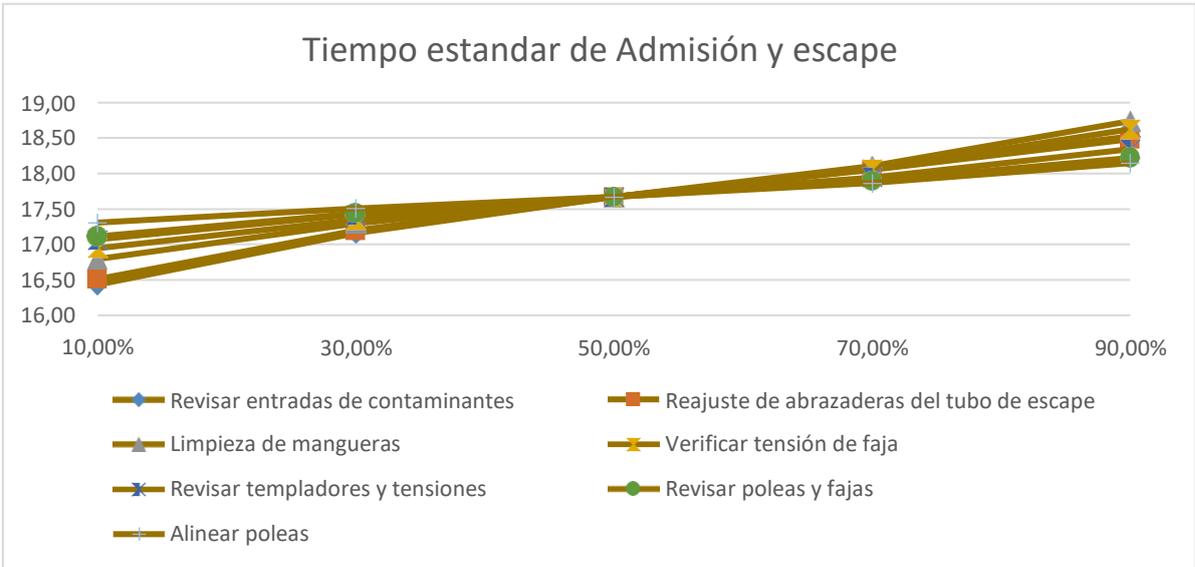
**Gráfico 44 Análisis de Tornado**



Fuente: Crystal Ball

4. Se puede observar aquellas actividades que contribuyen (con pendiente positiva) o negativamente en el objetivo de la simulación (tiempo estándar de la Operación en el área de mantenimiento). Se observa lo que ya sabíamos, que el tiempo estándar de la operación 4 es la que tiene pendiente positiva y contribuye a que el tiempo estándar de la operación sea grande. Si el objetivo de la simulación es modelar experimentalmente en la computadora, podemos concluir entonces que debemos concentrar esfuerzos especiales en la actividad que afecta mayormente en el tiempo estándar. El estudio Post Test con el simulador Crystal Ball nos ha permitido encontrar el mejor tiempo estándar y para nada hemos afectado los recursos en la empresa y podemos finalmente determinar el nuevo tiempo estándar post test.

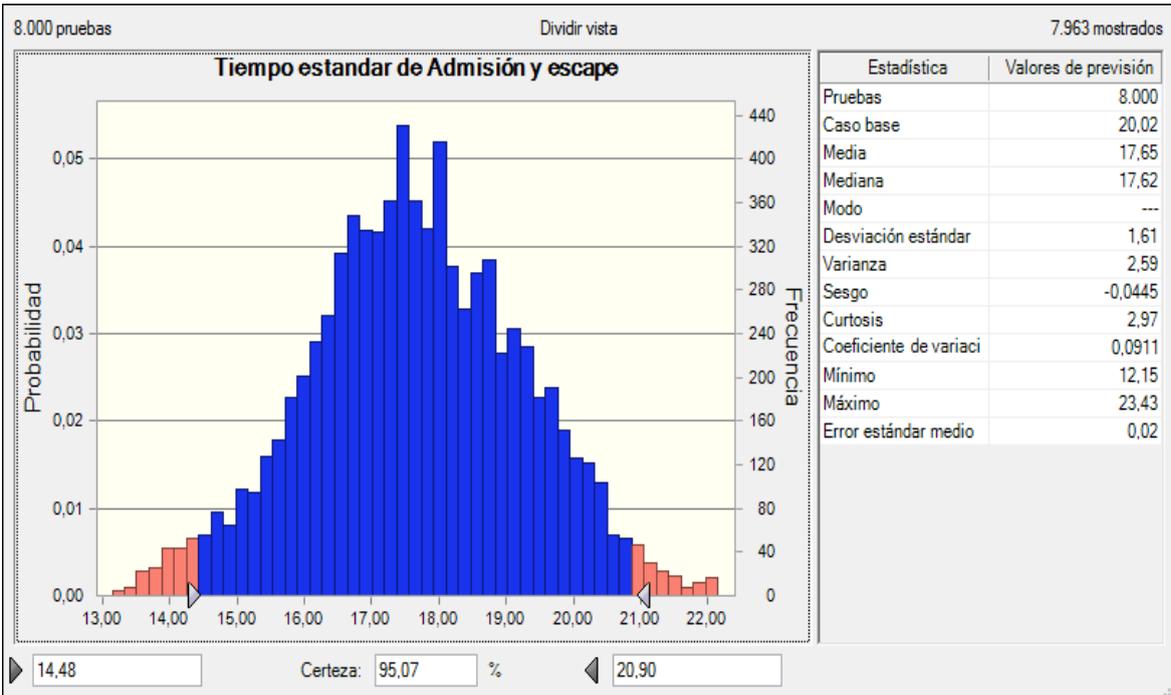
**Gráfico 45 Spider (Araña)**



Fuente: Crystal Ball

5. Finalmente, podemos afirmar que simulando 8000 veces los tiempos estándares de las seis actividades en la empresa P&M, Automotriz., encontramos un Tiempo estándar Post Test de 17.65 minutos y, además, concluir con un 95% de confianza que el tiempo simulado tiene un intervalo de 14.48 a 20.90 minutos.

**Figura 46 Histograma del tiempo estándar del sistema de Admisión y escape**



Fuente: Crystal Ball

La distribución de probabilidades que nos aporta el programa Crystal Ball, nos permite evaluar que cuando se realicen las operaciones correctivas especialmente en la actividad de revisión de entradas de contaminantes (4) lograremos alcanzar el tiempo estándar post test entre 14.48 y 20.90 minutos aproximadamente.

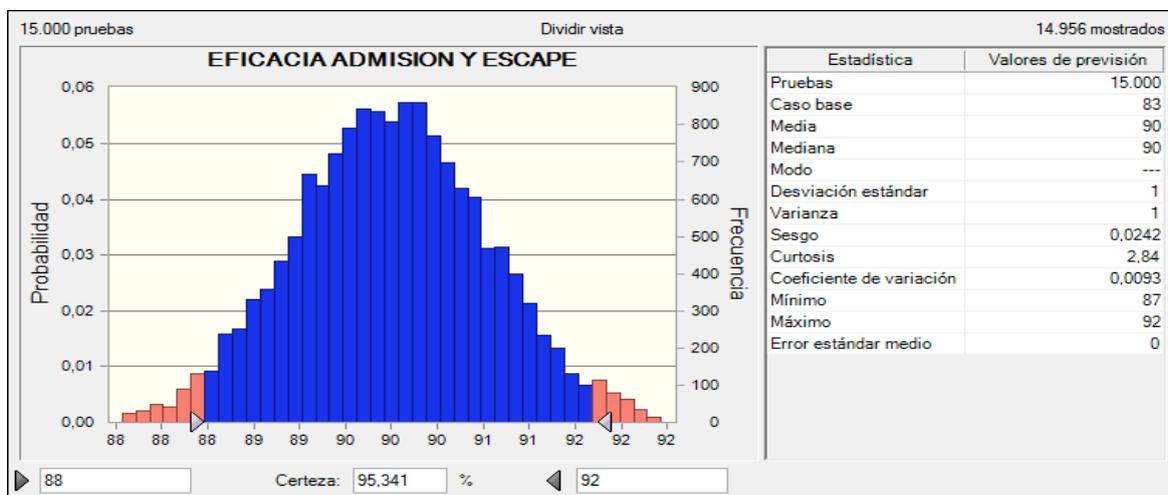
**Tabla 48 Productividad Pre test del proceso de Admisión y escape Simulación**

Proceso de simulación data Eficacia (Pre Test) Sistema de Admisión y escape							
Elaborado por:		Luna Solano Beder			Área	Mantenimiento	
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
						0	
1	480	364	20	18	76%	90%	68%
2	480	323	20	16	67%	80%	54%
3	480	303	20	15	63%	75%	47%
4	480	343	20	17	72%	85%	61%
5	480	364	20	18	76%	90%	68%
6	480	323	20	16	67%	80%	54%
7	480	303	20	15	63%	75%	47%
8	480	323	20	16	67%	80%	54%
9	480	343	20	17	72%	85%	61%
10	480	364	20	18	76%	90%	68%
11	480	343	20	17	72%	85%	61%
12	480	323	20	16	67%	80%	54%
13	480	343	20	17	72%	85%	61%
14	480	343	20	17	72%	85%	61%
15	480	384	20	19	80%	95%	76%
16	480	303	20	15	63%	75%	47%
17	480	343	20	17	72%	85%	61%
18	480	323	20	16	67%	80%	54%
19	480	303	20	15	63%	75%	47%
Total	9120	6363	380	315	70%	83%	58%

Fuente: Elaboración propia

Se inicia el proceso de simulación para así obtener los resultados de la eficacia Post Test del sistema de admisión y escape.

**Figura 47 Simulación histograma de Eficacia**



Fuente: Crystal Ball

Podemos observar en la figura 47, el promedio de los resultados después de 15.000 pruebas de simulación podremos decir que la eficacia es de 88% a 92% con una certeza de 95,341% de confianza.

**Figura 48 Estadística de la Eficacia**

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	15.000
Caso base	83
Media	90
Mediana	90
Modo	---
Desviación estándar	1
Varianza	1
Sesgo	0,0242
Curtosis	2,84
Coefficiente de variación	0,0093
Mínimo	87
Máximo	92
Error estándar medio	0

Fuente: Crystal Ball

posteriormente en la figura 48, después de 15.000 pruebas podremos decir que hubo una mejora de 83% a 90%, este resultado de POST TEST lo observamos en la media.

Calcular el tiempo estándar en cada proceso del mantenimiento preventivo del sistema de Combustible.

Se requiere calcular el tiempo estándar propuesto para poder determinar la capacidad de producción y a partir de allí calcular la eficiencia. En vista de ello se procedió a hacer los cálculos con el simulador. mediante (Mínimo, Valor más probable, máximo).

**Tabla 49 Valores a partir de la experiencia del operario**

ITEM	En base a la experiencia del técnico		
	Mínimos	Mas probable	Máximos
1	5	7	9
2	1.5	2.5	4
3	3	5	7
4	7	10	12
5	1.5	3	4.5
6	2	4	6
7	1.5	2	4
8	1	2	4
9	1	1.5	3

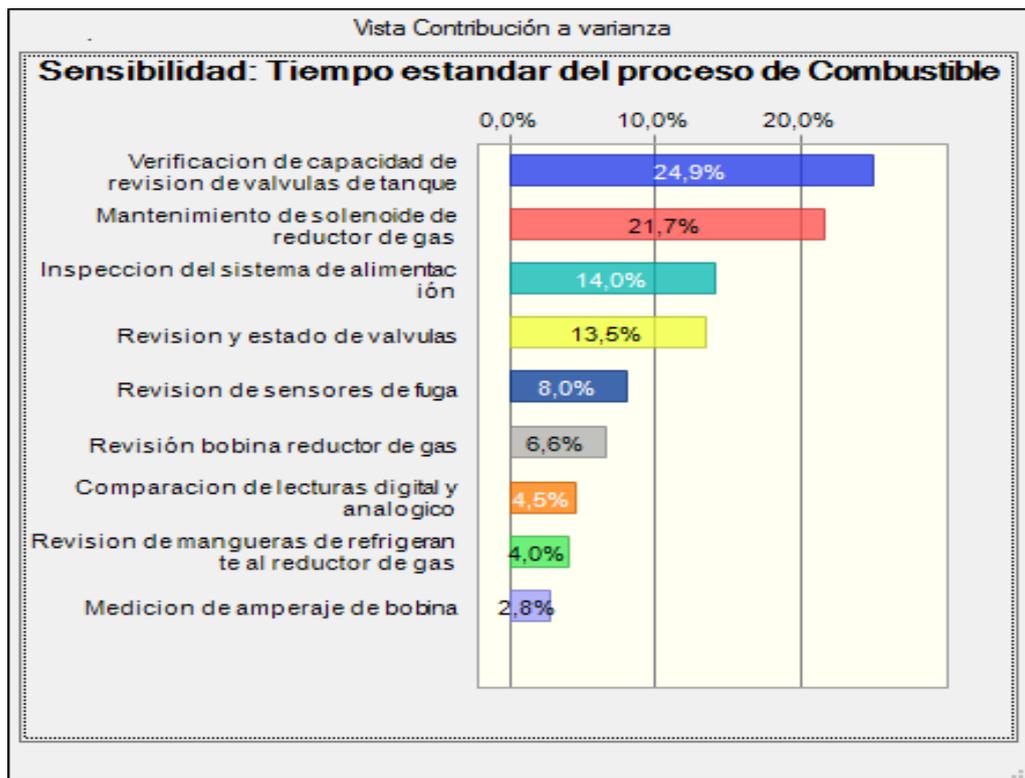
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla el técnico del proceso de Combustible lleva varios años en la empresa y está encargado de la especialidad y considera eso tiempos mínimos y máximos que puede terminar en las actividades de las pautas de mantenimiento y esto es a partir de la experiencia del Técnico mecánico.

### **Proceso de mantenimiento de Combustible**

1. En el análisis de sensibilidad, la actividad que contribuye (afecta) más al tiempo estándar de la operación que se trata de reducir o controlar es la actividad. verificación de capacidad de revisión de válvulas de tanque (actividad 4) es el cuello de botella en este estudio en el proceso del sistema de combustible.

**Figura 49 Análisis de sensibilidad del sistema de Combustible**



Fuente: Crystal Ball

2. Estadísticas de simulación del tiempo estándar post test en el proceso del sistema de admisión y escape.

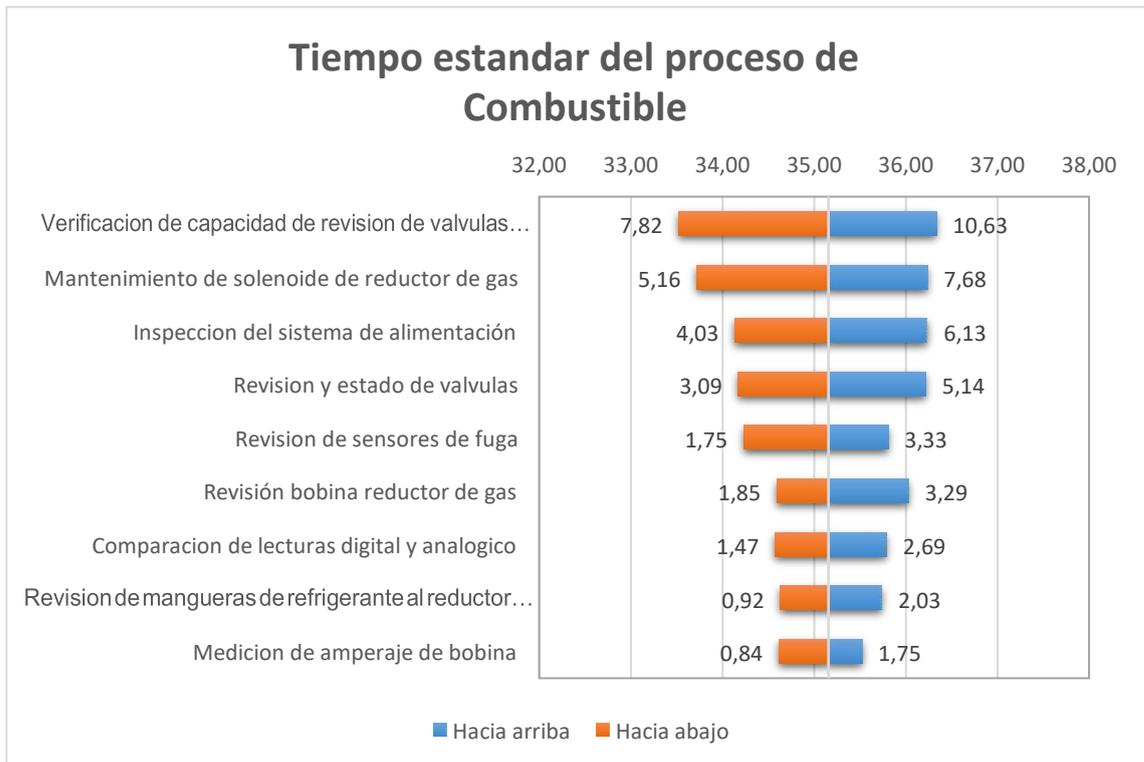
**Figura 50 Estadística de simulación del proceso de Combustible**

Editar Vista Previsión Preferencias Ayuda	
8.000 pruebas	
Estadística	Valores de previsión
▶ Pruebas	8.000
Caso base	39,40
Media	34,97
Mediana	35,00
Modo	---
Desviación estándar	2,09
Varianza	4,38
Sesgo	-0,1092
Curtosis	2,94
Coefficiente de variación	0,0598
Mínimo	27,37
Máximo	42,55
Error estándar medio	0,02

Fuente: Crystal Ball

3. En el análisis Tornado del Tiempo estándar de Operación. Se observa que es el tiempo estándar de la actividad 4 (verificación de capacidad de revisión de válvulas de tanque), es la que aporta en el tiempo estándar del proceso, por tanto, es el cuello de botella a mejorar el proceso del sistema de combustible.

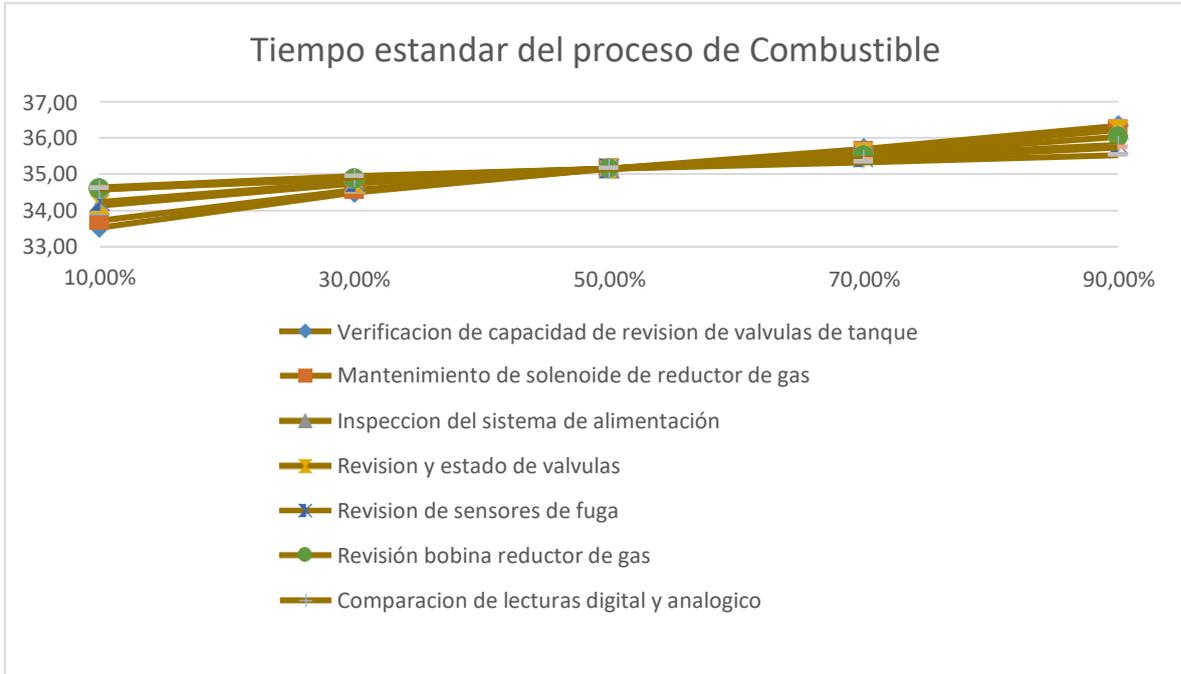
**Gráfico 51 Análisis de Tornado**



Fuente: Crystal Ball

4. Se puede observar aquellas actividades que contribuyen (con pendiente positiva) o negativamente en el objetivo de la simulaci3n (tiempo est3ndar de la Operaci3n en el 3rea de mantenimiento). Se observa lo que ya sab3amos, que el tiempo est3ndar de la operaci3n 4 es la que tiene pendiente positiva y contribuye a que el tiempo est3ndar de la operaci3n sea grande. Si el objetivo de la simulaci3n es modelar experimentalmente en la computadora, podemos concluir entonces que debemos concentrar esfuerzos especiales en la actividad que afecta mayormente en el tiempo est3ndar. El estudio Post Test con el simulador Crystal Ball nos ha permitido encontrar el mejor tiempo est3ndar y para nada hemos afectado los recursos en la empresa y podemos finalmente determinar el nuevo tiempo est3ndar post test.

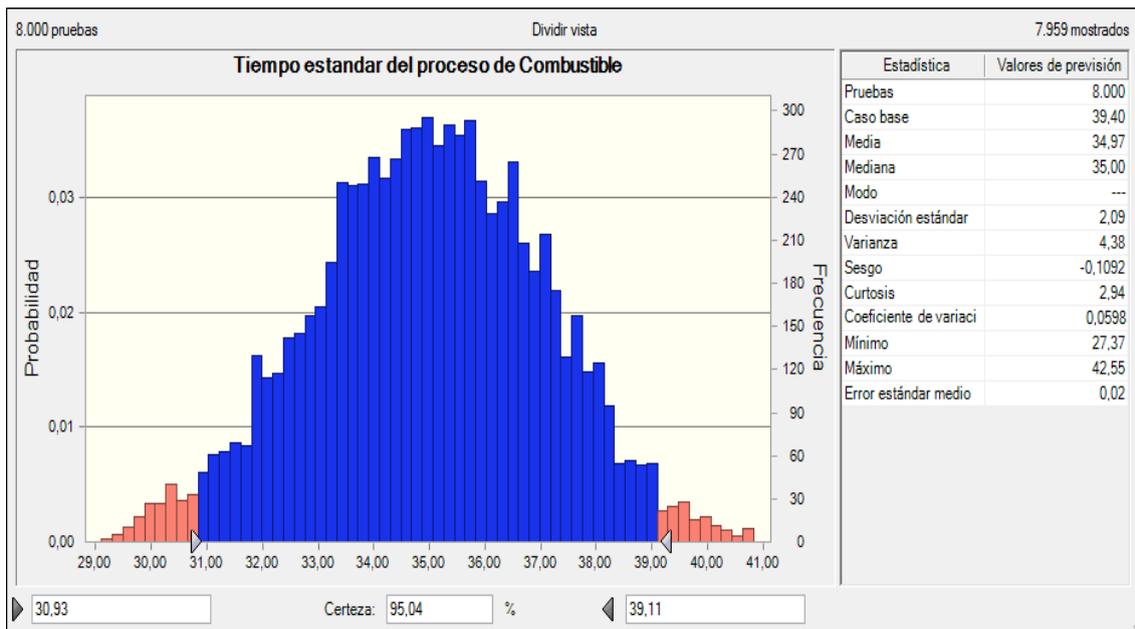
**Gráfico 52 Spider (Araña)**



Fuente: Crystal Ball

5. Finalmente, podemos afirmar que simulando 8000 veces los tiempos estándares de las nueve actividades en la empresa P&M, Automotriz, encontramos un Tiempo estándar Post Test de 34.97 minutos y, además, concluir con un 95% de confianza que el tiempo simulado tiene un intervalo de 30.93 a 39.11 minutos.

**Figura 53 Histograma del tiempo estándar del proceso de Combustible**



Fuente: Crystal Ball

La distribución de probabilidades que nos aporta el programa Crystal Ball, nos permite evaluar que cuando se realicen las operaciones correctivas especialmente en la actividad verificación de la capacidad de revisión de tanque (4) lograremos alcanzar el tiempo estándar post test entre 30.93 y 39.11 minutos aproximadamente.

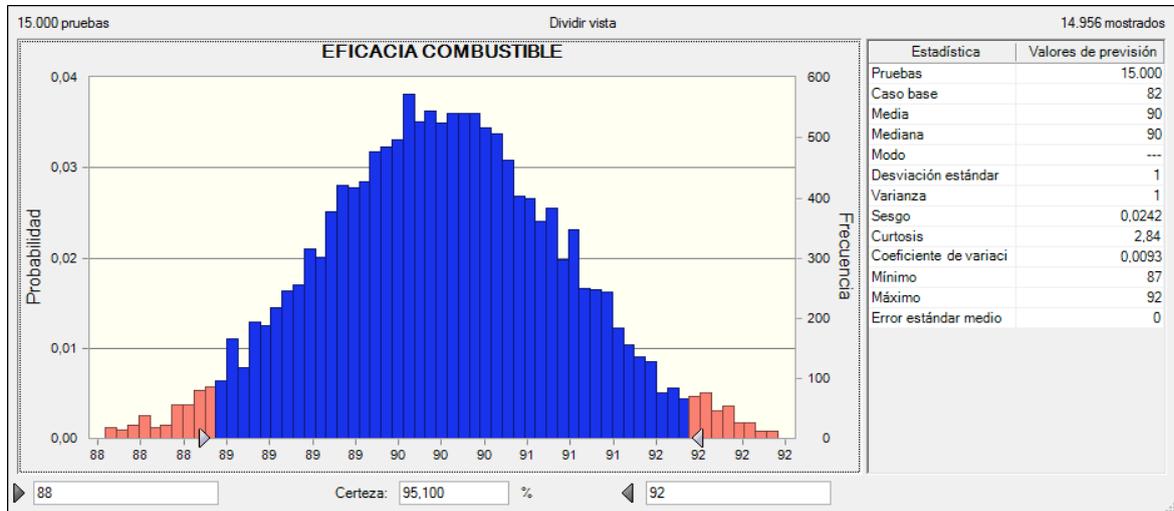
**Tabla 50 Productividad Pre test del proceso de Combustible Simulación**

Proceso de simulación data Eficacia (Pre Test) Sistema de Combustible							
Elaborado por:		Luna Solano Beder			Área	Mantenimiento	
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
						0	
1	480	355	10	9	74%	90%	67%
2	480	315	10	8	66%	80%	53%
3	480	355	10	9	74%	90%	67%
4	480	394	10	10	82%	100%	82%
5	480	276	10	7	58%	70%	40%
6	480	315	10	8	66%	80%	53%
7	480	276	10	7	58%	70%	40%
8	480	355	10	9	74%	90%	67%
9	480	276	10	7	58%	70%	40%
10	480	276	10	7	58%	70%	40%
11	480	315	10	8	66%	80%	53%
12	480	276	10	7	58%	70%	40%
13	480	355	10	9	74%	90%	67%
14	480	394	10	10	82%	100%	82%
15	480	315	10	8	66%	80%	53%
16	480	237	10	6	49%	60%	30%
17	480	394	10	10	82%	100%	82%
18	480	315	10	8	66%	80%	53%
19	480	355	10	9	74%	90%	67%
Total	9120	6151	190	156	67%	82%	56%

Fuente: Elaboración propia

Se inicia el proceso de simulación para así obtener los resultados de la eficacia Post Test del sistema de Combustible.

**Figura 54 Histograma de Eficacia**



Fuente: Crystal Ball

Podemos observar en la figura 58, el promedio de los resultados después de 15.000 pruebas de simulación podremos decir que la eficacia es de 88% a 92% con una certeza de 95,100% de confianza.

**Figura 55 Estadística de la Eficacia**

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	15.000
Caso base	82
Media	90
Mediana	90
Modo	---
Desviación estándar	1
Varianza	1
Sesgo	0,0242
Curtosis	2,84
Coefficiente de variación	0,0093
Mínimo	87
Máximo	92
Error estándar medio	0

Fuente: Crystal Ball

posteriormente en la figura 55, después de 15.000 pruebas podremos decir que hubo una mejora de 82% a 90 %, este resultado de POST TEST lo observamos en la media.

Calcular el tiempo estándar en cada proceso del mantenimiento preventivo del sistema de Suspensión.

Se requiere calcular el tiempo estándar propuesto para poder determinar la capacidad de producción y a partir de allí calcular la eficiencia. En vista de ello se procedió a hacer los cálculos con el simulador. mediante (Mínimo, Valor más probable, máximo).

**Tabla 51 Valores a partir de la experiencia del operario**

ITEM	En base a la experiencia del técnico		
	Mínimos	Mas probable	Máximos
1	2	4	6
2	2	3	5
3	3	5	7
4	2	4	6
5	2	4	6
6	3	6	9
7	4	6	8
8	2	4	6

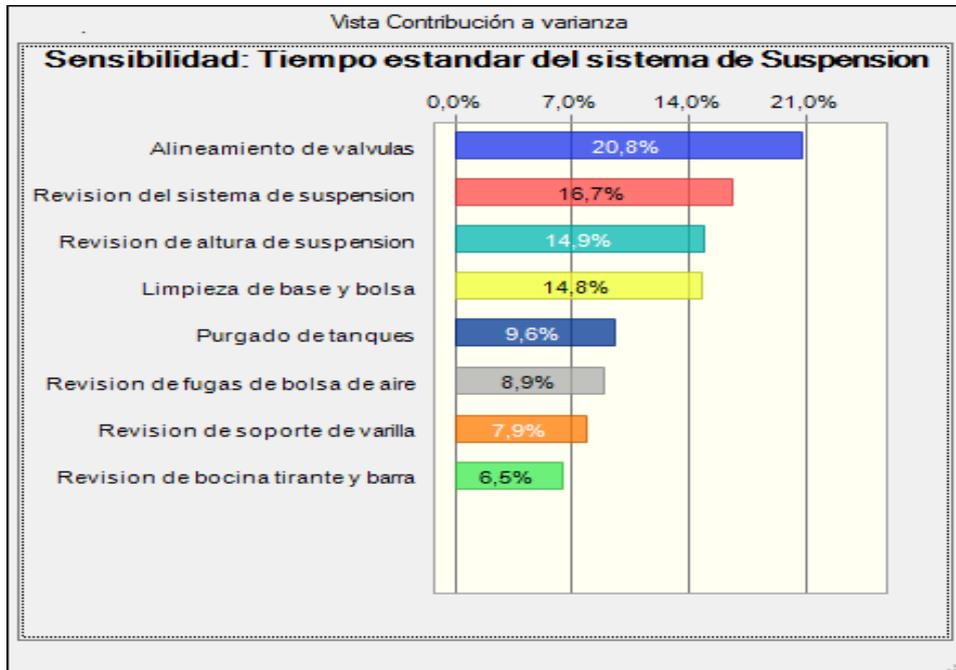
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla 51, el técnico del proceso de suspensión lleva varios años en la empresa y está encargado de la especialidad y considera eso tiempos mínimos y máximos que puede terminar en las actividades de las pautas de mantenimiento y esto es a partir de la experiencia del Técnico mecánico.

### **Proceso del sistema de Suspensión**

1. En el Análisis de sensibilidad, la actividad que contribuye (afecta) más al tiempo estándar de la Operación que se trata de reducir o controlar es la actividad. alineamiento de válvulas (actividad 3), es el cuello de botella en este estudio en el proceso del sistema de suspensión.

**Figura 56 Análisis de sensibilidad del sistema de Suspensión**



Fuente: Crystal Ball

2. Estadísticas de simulación del tiempo estándar Post Test en el proceso del sistema de suspensión.

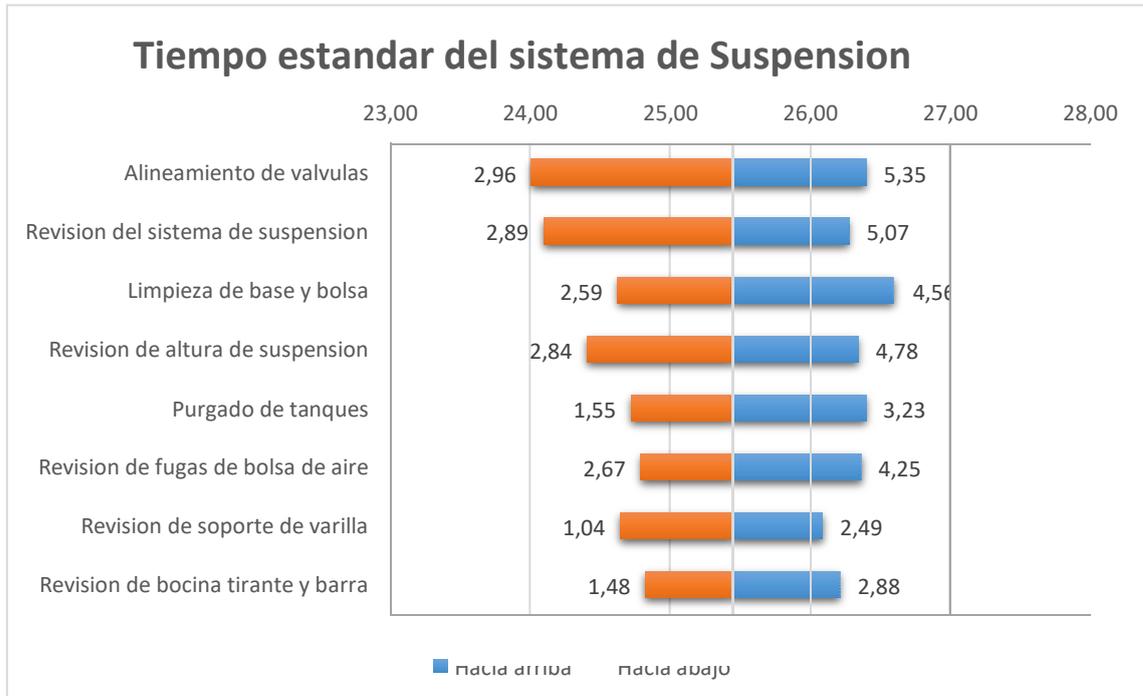
**Figuras 57 Estadística de simulación del proceso de Suspensión**

Editar Vista Previsión Preferencias Ayuda		
8.000 pruebas		
Estadística	Valores de previsión	
► Pruebas	8.000	
Caso base	30,14	
Media	25,38	
Mediana	25,40	
Modo	---	
Desviación estándar	1,97	
Varianza	3,86	
Sesgo	-0,0415	
Curtosis	2,93	
Coefficiente de variación	0,0774	
Mínimo	18,05	
Máximo	32,35	
Error estándar medio	0,02	

Fuente: Crystal Ball

3. En el análisis Tornado del Tiempo estándar de Operación. Se observa que es el tiempo estándar de la actividad 3 (alineamiento de válvulas), es la que aporta en el tiempo estándar del proceso, por tanto, es el cuello de botella a mejorar el proceso del sistema de suspensión.

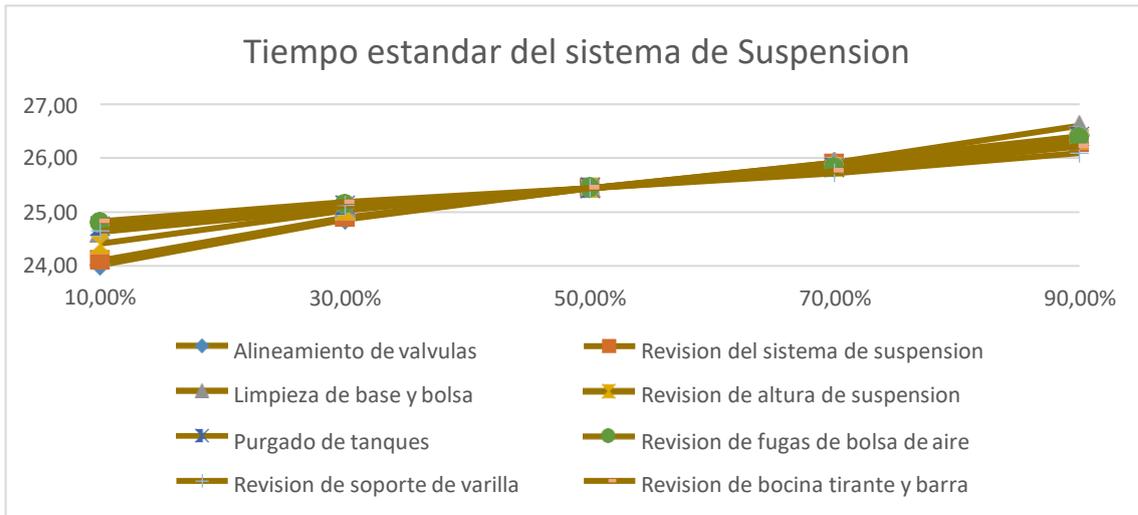
**Gráfico 58 Análisis de Tornado del sistema de Suspensión**



Fuente: Crystal Ball

4. Se puede observar aquellas actividades que contribuyen (con pendiente positiva) o negativamente en el objetivo de la simulación (tiempo estándar de la operación en el área de mantenimiento). Se observa lo que ya sabíamos, que el tiempo estándar de la operación 3 es la que tiene pendiente positiva y contribuye a que el tiempo estándar de la operación sea grande. Si el objetivo de la simulación es modelar experimentalmente en la computadora, podemos concluir entonces que debemos concentrar esfuerzos especiales en la actividad que afecta mayormente en el tiempo estándar. El estudio Post Test con el simulador Crystal Ball nos ha permitido encontrar el mejor tiempo estándar y para nada hemos afectado los recursos en la empresa y podemos finalmente determinar el nuevo tiempo estándar post test en el proceso de mantenimiento del sistema de Suspensión.

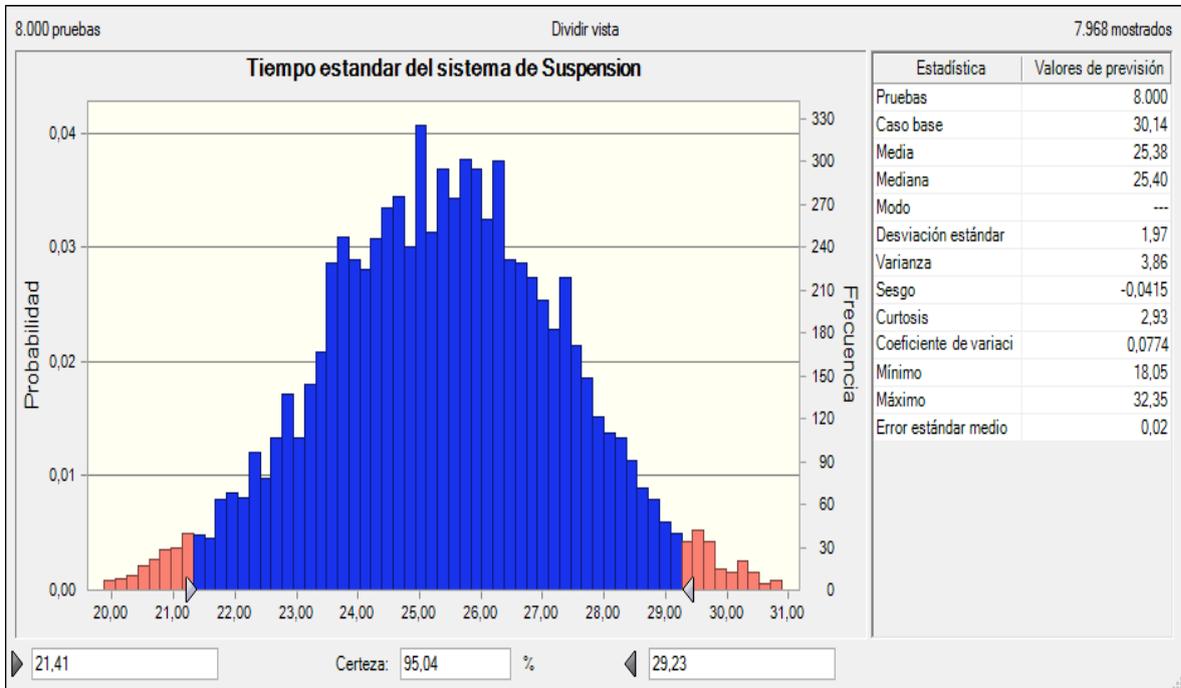
**Gráfico 59 Spider (Araña)**



Fuente: Crystal Ball

5. Finalmente, podemos afirmar que simulando 8000 veces los tiempos estándares de las ocho actividades en la empresa P&M, Automotriz, encontramos un Tiempo estándar Post Test de 25.38 minutos y, además, concluir con un 95% de confianza que el tiempo simulado tiene un intervalo de 21.41 a 29.23 minutos.

**Figura 60 Histograma del tiempo estándar del sistema de Suspensión**



Fuente: Crystal Ball

La distribución de probabilidades que nos aporta el programa Crystal Ball, nos permite evaluar que cuando se realicen las operaciones correctivas especialmente en la actividad alineamiento de válvulas (3) lograremos alcanzar el tiempo estándar post test entre 21.41 y 29.23 minutos aproximadamente.

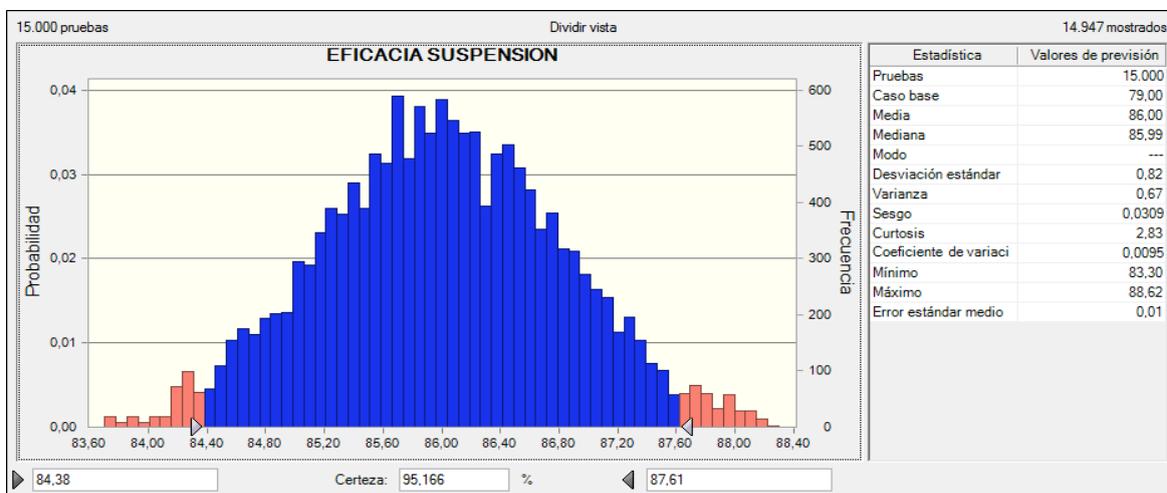
**Tabla 52 Productividad Pre test del proceso de Suspensión Simulación**

Proceso de simulación data Eficacia (Pre Test) Sistema de Suspensión							
Elaborado por:		Luna Solano Beder			Área	Mantenimiento	
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
						0	
1	480	338	14	12	71%	86%	60%
2	480	282	14	10	59%	71%	42%
3	480	338	14	12	71%	86%	60%
4	480	310	14	11	65%	79%	51%
5	480	282	14	10	59%	71%	42%
6	480	254	14	9	53%	64%	34%
7	480	282	14	10	59%	71%	42%
8	480	367	14	13	76%	93%	71%
9	480	310	14	11	65%	79%	51%
10	480	338	14	12	71%	86%	60%
11	480	282	14	10	59%	71%	42%
12	480	367	14	13	76%	93%	71%
13	480	310	14	11	65%	79%	51%
14	480	282	14	10	59%	71%	42%
15	480	338	14	12	71%	86%	60%
16	480	310	14	11	65%	79%	51%
17	480	282	14	10	59%	71%	42%
18	480	338	14	12	71%	86%	60%
19	480	282	14	10	59%	71%	42%
Total	9120	5894	266	209	65%	79%	51%

Fuente: Elaboración propia

Se inicia el proceso de simulación para así obtener los resultados de la eficacia Post Test del proceso de Suspensión.

**Figura 61 Simulación histograma de Eficacia**



Fuente: Crystal Ball

Podemos observar en la figura 61, el prodemdo los resultados después de 15.000 pruebas de simulación podremos decir que la eficacia es de 84.38% a 87.61% con una certeza de 95,166% de confianza.

**Figura 62 Estadística de la Eficacia**

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	15.000
Caso base	79,00
Media	86,00
Mediana	85,99
Modo	---
Desviación estándar	0,82
Varianza	0,67
Sesgo	0,0309
Curtosis	2,83
Coefficiente de variación	0,0095
Mínimo	83,30
Máximo	88,62
Error estándar medio	0,01

Fuente: Crystal Ball

posteriormente en la figura 62 después de 15.000 pruebas podremos decir que hubo una mejora de 79% a 86%, este resultado de POST TEST lo observamos en la media.

**Seguidamente se realizará el cálculo del tiempo estándar Post test del sistema de lubricación**

Una vez calculado el tiempo estándar post test, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de lubricación por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 53 Cálculo de la capacidad instalada lubricación (unidades) Post test**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	41.20	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 53, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 54 Cálculo de unidades programadas Post test lubricación**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
12	90%	11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 54, se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de lubricación, sería 11 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad post test para observar las condiciones de la empresa.

**Tabla 55 Productividad Post test del sistema de lubricación**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE LUBRICACION POST TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD FINAL
1	480	403	11	10	84%	89%	75%
2	480	403	11	10	84%	89%	75%
3	480	403	11	10	84%	89%	75%
4	480	403	11	10	84%	89%	75%
5	480	402	11	10	84%	89%	74%
6	480	403	11	10	84%	89%	75%
7	480	403	11	10	84%	89%	75%
8	480	403	11	10	84%	89%	74%
9	480	403	11	10	84%	89%	75%
10	480	403	11	10	84%	89%	75%
11	480	403	11	10	84%	89%	75%
12	480	403	11	10	84%	89%	75%
13	480	403	11	10	84%	89%	75%
14	480	403	11	10	84%	89%	75%
15	480	403	11	10	84%	89%	75%
16	480	403	11	10	84%	89%	74%
17	480	403	11	10	84%	89%	75%
18	480	403	11	10	84%	89%	75%
19	480	403	11	10	84%	89%	75%
<b>TOTAL</b>	9120	7654	209	135	84%	89%	75%

Fuente: Elaboración propi

Una vez calculado el tiempo estándar post test, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de admisión y escape por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 56 Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	17.6	27

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 57 Cálculo de unidades programadas Post test**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
27	90%	24

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57, se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de lubricación, sería 24 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad post test para observar las condiciones de la empresa.

**Tabla 58 Productividad Post test del sistema de Admisión y escape**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE POST TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD FINAL
1	480	380	24	22	79%	90%	71%
2	480	380	24	22	79%	90%	71%
3	480	380	24	22	79%	90%	71%
4	480	380	24	22	79%	90%	71%
5	480	380	24	22	79%	90%	71%
6	480	380	24	22	79%	90%	71%
7	480	380	24	22	79%	90%	71%
8	480	380	24	22	79%	90%	71%
9	480	380	24	22	79%	90%	71%
10	480	380	24	22	79%	90%	71%
11	480	380	24	22	79%	90%	71%
12	480	380	24	22	79%	90%	71%
13	480	380	24	22	79%	90%	71%
14	480	380	24	22	79%	90%	71%
15	480	380	24	22	79%	90%	71%
16	480	380	24	22	79%	90%	71%
17	480	380	24	22	79%	90%	71%
18	480	380	24	22	79%	90%	71%
19	480	380	24	22	79%	90%	71%
Total	9120	7223	456	315	79%	90%	71%

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado el tiempo estándar post test, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de combustible por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 59 Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	34.9	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 59, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 60 Cálculo de unidades programadas Post test**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
14	90%	13

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 60, se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de lubricación, sería 13 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad post test para observar las condiciones de la empresa.

**Tabla 61 Productividad Post test del sistema de Combustible**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE POST TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD FINAL
1	480	454	13	12	95%	90%	85%
2	480	454	13	12	95%	90%	85%
3	480	454	13	12	95%	90%	85%
4	480	454	13	12	95%	90%	85%
5	480	454	13	12	95%	90%	85%
6	480	454	13	12	95%	90%	85%
7	480	454	13	12	95%	90%	85%
8	480	454	13	12	95%	90%	85%
9	480	454	13	12	95%	90%	85%
10	480	454	13	12	95%	90%	85%
11	480	454	13	12	95%	90%	85%
12	480	454	13	12	95%	90%	85%
13	480	454	13	12	95%	90%	85%
14	480	454	13	12	95%	90%	85%
15	480	454	13	12	95%	90%	85%
16	480	454	13	12	95%	90%	85%
17	480	454	13	12	95%	90%	85%
18	480	454	13	12	95%	90%	85%
19	480	454	13	12	95%	90%	85%
<b>TOTAL</b>	9120	8620	247	222	95%	90%	85%

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado el tiempo estándar post test, realizamos el cálculo del mantenimiento programado del proceso del sistema de Suspensión por ello se calcula la capacidad instalada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{N. trabajadores} * \text{tiempo de labor cada trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

**Tabla 62 Cálculo de la capacidad instalada (unidades) Post test**

CALCULO DE LA CAPAICDAD INSTALADA			
NUMERO DE TRABAJADORES	TIEMPO DE LABOR DE CADA TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA
1	480	25.3	19

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 62, se muestra la capacidad teórica de la planta, por lo cual se procede a calcular las unidades planificadas por día.

$$\text{Unidades planificadas} = \text{Capacidad instalada} * \text{Factor de valoración}$$

**Tabla 63 Cálculo de unidades programadas Post test**

CANTIDAD DE BUSES PROGRAMADOS POR DIAS		
CAPACIDAD INSTALADA O TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
19	90%	17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 63, se determina las unidades planificadas diarias del mantenimiento de lubricación, sería 17 unidades por día.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede determinar el porcentaje de eficiencia, eficacia y productividad post test para observar las condiciones de la empresa.

**Tabla 64 Productividad Post test del sistema de Suspensión**

PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN POST TEST							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD FINAL
1	480	371	17	15	77%	86%	66%
2	480	371	17	15	77%	86%	66%
3	480	371	17	15	77%	86%	66%
4	480	371	17	15	77%	86%	66%
5	480	371	17	15	77%	86%	66%
6	480	371	17	15	77%	86%	66%
7	480	371	17	15	77%	86%	66%
8	480	371	17	15	77%	86%	66%
9	480	371	17	15	77%	86%	66%
10	480	371	17	15	77%	86%	66%
11	480	371	17	15	77%	86%	66%
12	480	371	17	15	77%	86%	66%
13	480	371	17	15	77%	86%	66%
14	480	371	17	15	77%	86%	66%
15	480	371	17	15	77%	86%	66%
16	480	371	17	15	77%	86%	66%
17	480	371	17	15	77%	86%	66%
18	480	371	17	15	77%	86%	66%
19	480	371	17	15	77%	86%	66%
<b>Total</b>	9120	7050	323	278	77%	86%	66%

Fuente: Elaboración propia

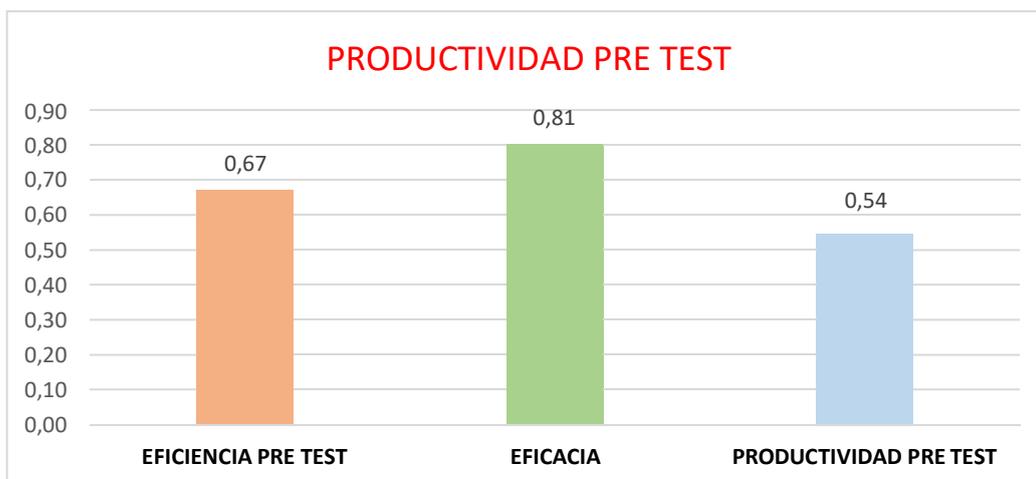
**Tabla 65 Resultados de la productividad de todos los procesos del área de mantenimiento**

PRE TEST				Post test			
DIAS	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD	DIAS	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	0,7400	0,8875	0,6568	1	0,8134	0,8875	0,7219
2	0,6450	0,7725	0,4983	2	0,8134	0,8875	0,7219
3	0,6850	0,8225	0,5634	3	0,8131	0,8872	0,7214
4	0,7125	0,8550	0,6092	4	0,8129	0,8869	0,7209
5	0,6225	0,7450	0,4638	5	0,8130	0,8871	0,7213
6	0,6525	0,7825	0,5106	6	0,8130	0,8871	0,7212
7	0,6150	0,7350	0,4520	7	0,8129	0,8869	0,7209
8	0,6600	0,7975	0,5264	8	0,8131	0,8872	0,7214
9	0,6275	0,7525	0,4722	9	0,8133	0,8874	0,7217
10	0,6775	0,8100	0,5488	10	0,8133	0,8874	0,7218
11	0,6800	0,8125	0,5525	11	0,8132	0,8873	0,7215
12	0,6675	0,8025	0,5357	12	0,8133	0,8874	0,7217
13	0,7400	0,8850	0,6549	13	0,8131	0,8872	0,7213
14	0,7200	0,8625	0,6210	14	0,8129	0,8870	0,7211
15	0,6825	0,8200	0,5597	15	0,8128	0,8868	0,7208
16	0,6075	0,7300	0,4435	16	0,8127	0,8868	0,7207
17	0,6975	0,8350	0,5824	17	0,8131	0,8872	0,7213
18	0,6975	0,8375	0,5842	18	0,8133	0,8875	0,7218
19	0,6550	0,7850	0,5142	19	0,8133	0,8874375	0,7218
TOTAL	0,6729	0,8068	0,5447	TOTAL	0,8131	0,8872	0,7214

Fuente: Elaboración propia

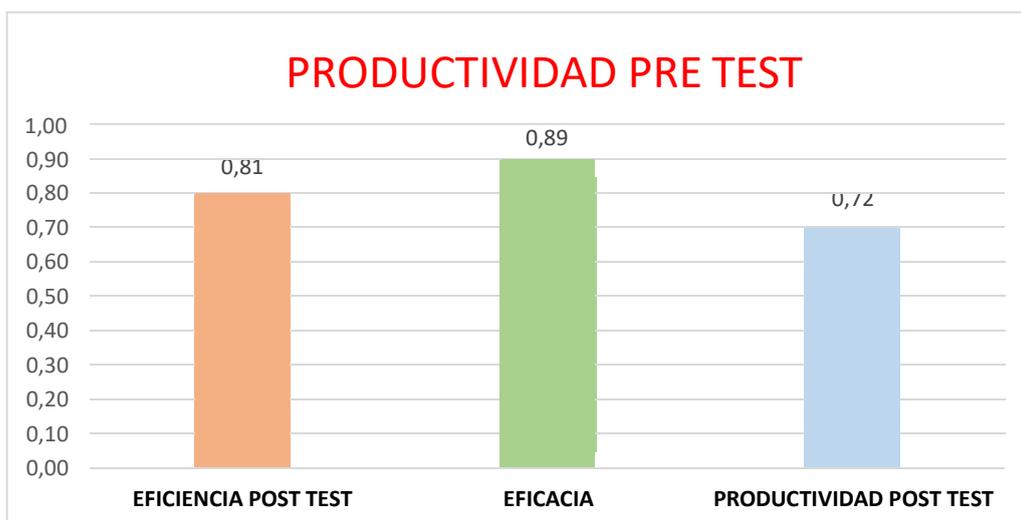
La productividad general de todos los procesos del pre test y de post test eficiencias y eficacias de todos los procesos del área de mantenimiento que son cuatro: Lubricación, Admisión y escape, combustible y suspensión, para tener una sola tabla global de las eficiencias y eficacias donde a cada tabla se le asignada un valor de 25%, haciendo la sumatoria de las 4 tablas dando como resultado el 100%. Sumando y siendo afectado por el 25%. se multiplicará eficiencia por eficacia para hallar la productividad post test.

**Gráfico 63 Productividad Pre test de los proceso de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 64 Productividad Pos test de los procesos de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia

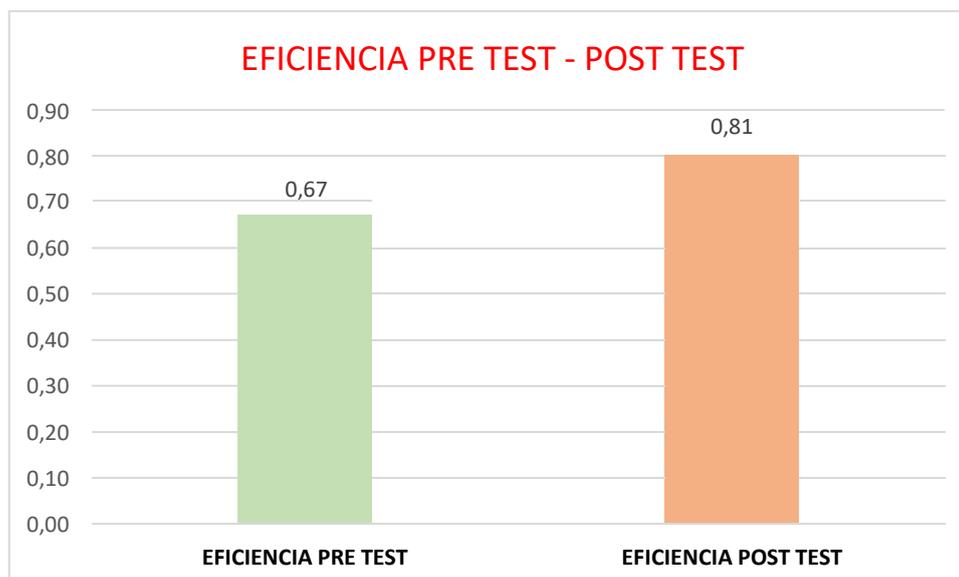
Seguidamente, podemos ver en la tabla 6, el cuadro comparativo de la eficiencia. Mediante los datos obtenidos del pre test y post test, Se mostrará el incremento que se logró después de los mínimo y máximos según el criterio del trabajador en las actividades de todos los procesos para la variable dependiente.

**Tabla 66 Cuadro comparativo de eficiencia antes y después**

<b>Eficiencia = (Eficiencia de Antes - Eficiencia Después) /Eficiencia Antes</b>	
<b>Eficiencia Antes</b>	<b>Eficiencia Después</b>
<b>67%</b>	<b>81%</b>
<b>20.8%</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 65 Promedio de eficiencia**



Fuente: Elaboración propia

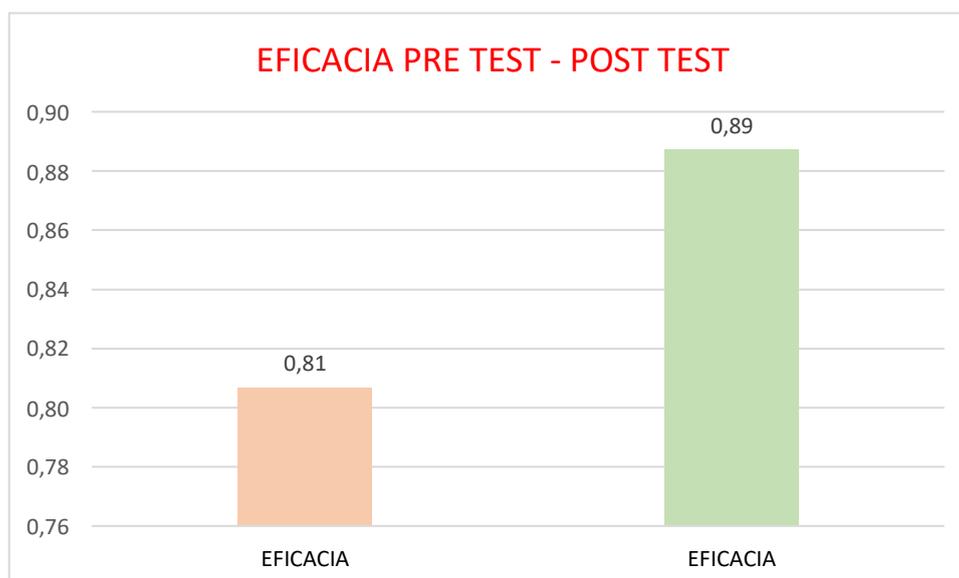
Podemos ver que la eficiencia inicial estaba en un 67%, y podemos la eficiencia post test en un 81%, tuvo un incremento de la eficiencia en un 20.8%.

**Tabla 67 Cuadro comparativo de eficacia antes y después**

<b>Eficacia = (Eficacia de Antes - Eficacia Después) / Eficacia Antes</b>	
<b>Eficacia Antes</b>	<b>Eficacia Después</b>
<b>81%</b>	<b>89%</b>
<b>10%</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 66 Promedio de eficacia**



Fuente: Elaboración propia

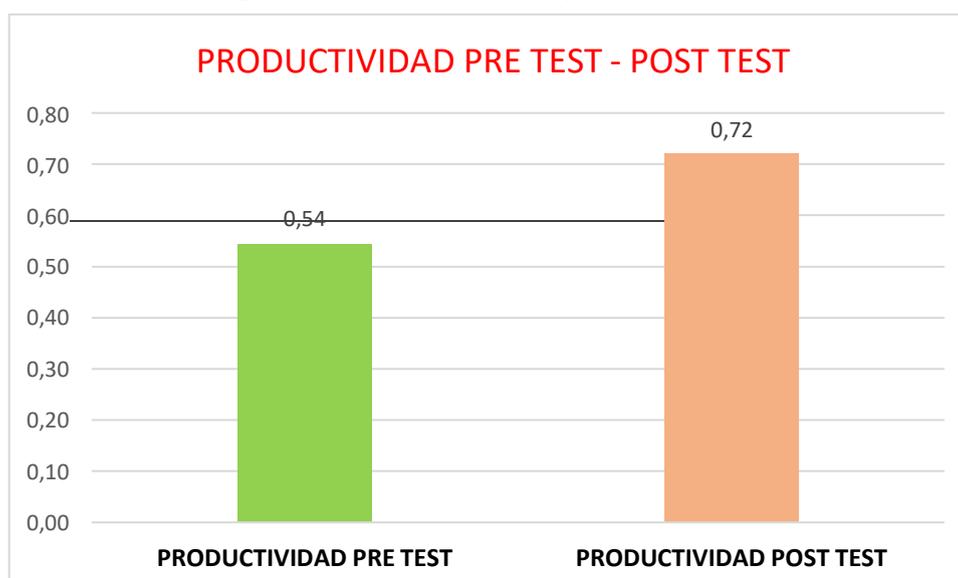
Podemos observar que tuvo un incremento de un 10 % en la realización de los servicios de mantenimiento en base a los datos obtenidos del pre test. Esto prueba que el estudio del trabajo mediante la simulación con Crystal Ball aumenta la productividad de la empresa P&M Automotriz.

**Tabla 68 Cuadro comparativo de la productividad antes y después**

<b>Productividad = (Productividad de Antes - Productividad Después) / Productividad Antes</b>	
Productividad Antes	Productividad Después
<b>54%</b>	<b>72%</b>
<b>33%</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 67 Promedio de productividad**



Fuente: Elaboración propia

Podemos ver en la figura 67, en cuanto incremento EN la productividad en el área de mantenimiento de la empresa P&M Automotriz Comas, 2020., después de haber realizado la simulación con Crystal Ball en tiempo estándar se obtuvo un incremento de un 33% en base a la productividad obtenida en el post test.

## Análisis económico financiero

**Tabla 69 Sueldo del personal**

Sueldo del Personal			
CARGO	MENSUAL	DIARIO	POR HORA
Técnico Mecánico	2800	93	11.6
Técnico Mecánico	2800	93	11.6
Técnico Mecánico	2800	93	11.6
Técnico Mecánico	2800	93	11.6

Fuente: Elaboración propia

En tabla 88, se presentó los sueldos de los técnicos de cada área que realizan sus labores en la empresa P&M Automotriz, es de S/. 11.200 nuevos soles. Es lo perciben mensualmente en cuanto a los trabajos que se programen por día. Por ende, cada proceso de mantenimiento tiene un costo con la cual ayudara a cumplir las metas de cada área.

**Tabla 70 Propuesta del flujo económico**

**Flujo de Caja económico de la Mejora**

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>Costos Pre</b>		222.375	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355	222.355
Materia prima		216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295	216.295
Merma		3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580
reprocesos		2.500	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480
<b>costos post</b>		217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520	217.520
Materia prima		215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350	215.350
reprocesos		1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650
merma		520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520
<b>Beneficio</b>		4.855	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835
Inversiones Tangibles	21.572												
accesorios	7.295												
costo de cuadrilla	11.200												
Papelería y útiles de oficina	3.077												
inversiones Intangible	8.345												
Servicio de agua y desagu	765												
Servicio de suministro de	1.080												
Viáticos y asignaciones													
Otros gastos	6.500												
Imprevistos (5%)	1.496												
<b>TOTALES NETOS</b>	-31.413	4.855	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835

Fuente: Elaboración propia

### Análisis beneficio – costo

**Tabla 71 Análisis beneficio costo**

Cálculo del VAN	21.344,64		Anual	
Costo de Oportunidad del capital (COK)	2%	Mes	19,56%	
Cálculo de la TIR	11,00%	mes	249,74%	anual
Cálculo de la ratio Beneficio / Costo	1,68			

Fuente: elaboración propia

$$\frac{B}{C} = \frac{52.757.4}{31.413}$$

$$\frac{B}{C} = 1.68 > 1$$

Para este proyecto se consideraría el costo de oportunidad del capital (COK), de un 2%, por ende, es la tasa base de rentabilidad mínima que se requiriera para obtener en la inversión del proyecto.

De tal manera, una vez presentado lo que sería la propuesta se realizaría el análisis de costo beneficio este es mayor a 1 lo cual delata que la utilidad lograda por la compañía será mayor a la inversión que se ha realizado. Por ende, esto muestra que por cada sol invertido por la empresa se lograría una ganancia de S/ 1.68 soles.

### Etapa 3: Análisis de información

La investigación se llevó a cabo teniendo en cuenta los indicadores de la variable independiente y variable dependiente que está ubicado en la matriz de operacionalización. Por ende, permite tener una información general de la situación actual de empresa P&M automotriz lograr la medición de la productividad.

### 3.6 Método de análisis de datos

Consta en procesar los datos donde emplean una secuencia de pasos, logrados de la población de estudio, mientras se realiza el informe de investigación durante el tiempo de la elaboración del trabajo en campo (Bernal, 2010). De tal manera podemos decir que el análisis de datos hace referencia que el investigador realiza el procesamiento de los datos con el objetivo de lograr resultados esperados del trabajo de investigación.

### **3.6.1 Estadísticas descriptivas**

El objetivo de cualquier trabajo de investigación es facilitar evidencia objetiva suficiente para ayudar a la hipótesis propuesta. La evidencia lograda mediante la recolección planeada y cuidadosa de una investigación tiene que traducirse en datos o cifras (Estadísticas Descriptivas, 2016). Es de suma importancia que el investigador tiene que tener la capacidad de resumir y mostrar datos ordenados, sencilla y clara, para que puedan ser analizados tanto por otros investigadores, otros lectores y personas que revisan los trabajos (Estadísticas Descriptivas, 2016). El presente trabajo de investigación se utilizó la estadística descriptiva, con la función de recolectar información y procesarla, mostrar la información y verificar la información de los datos obtenidos conforme a nuestros indicadores. Por ende, se realizará una comparación de la muestra la cual es materia de investigación, mediante uso de la media, mediana varianza, desviación estándar, asimetría, y la normalidad esto mediante el software SPSS versión 22.0

### **3.6.2. estadística Inferencial**

Según el autor la estadística inferencial es empleada para corroborar las hipótesis y estimar parámetros (Hernandez, 2014). En este proyecto se usó la estadística inferencial para confirmar los resultados y comprobar los datos obtenidos y verificar las hipótesis planteadas.

### **3.7 Aspectos éticos**

La universidad Cesar Vallejo hace mención en su resolución de consejo universitario N°016-2019/UCV que, para elaborar una investigación científica existen una cantidad de normas que regulan las buenas prácticas y aseguran la promoción de los principios éticos para garantizar el bienestar y la autonomía de los que participan en los estudios. De tal manera este proyecto de investigación

está elaborado con la norma ISO 690 la cual se utilizó para la redacción del proyecto. Por último, debido que la empresa hizo la disminución parcial del personal y los buses se encontraban paralizados no se siguió proporcionando la información y es por eso que no permite tomar el nombre de la empresa para seguir realizando la elaboración del presente trabajo de investigación. Por lo que se hace una propuesta llevando a una posible mejora de una empresa de este rubro mediante la simulación con Crystal Ball.

## **IV: RESULTADO**

### **4.1 Estadística Descriptiva**

La estadística descriptiva es una parte de la estadística que se encarga de realizar todo el conjunto de datos ya que se extraen las conclusiones y este análisis se basa en la recolección y representación de la información lograda (Cecilia, y otros, 2018).

#### **4.1.1. Variable Independiente: productividad**

Seguidamente, se presentará el análisis descriptivo de la variable independiente

#### **Primera dimensión: Eficiencia**

##### **Análisis descriptivo**

La utilización en el análisis descriptivo es de suma importancia el programa Spss Versión 24, con el apoyo de esta herramienta va permitir la obtención de datos. Así mismo por parte del investigador será más fácil estudiarlos de manera más oportuno.

**Tabla 72 Datos estadísticos de la eficiencia (Pre - Post Test)**

Descriptivos				
			Estadístico	Desv. Error
Eficiencia_Pre	Media		67,29	0,909
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	65,38	
		Límite superior	69,20	
	Media recortada al 5%		67,28	
	Mediana		67,75	
	Varianza		15,696	
	Desv. Desviación		3,962	
	Mínimo		61	
	Máximo		74	
	Rango		13	
	Rango intercuartil		5	
	Asimetría		,070	,524
	Curtosis		-,743	1,014
	Eficiencia_Post	Media		81,31
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	81,30	
		Límite superior	81,32	
Media recortada al 5%		81,31		
Mediana		81,31		
Varianza		,000		
Desv. Desviación		0,022		
Mínimo		81		
Máximo		81		
Rango		0		
Rango intercuartil		0%		
Asimetría		-,292	,524	
Curtosis		-,959	1,014	

Fuente: Spss Version 2

En la tabla 72 gracias a los datos recolectados se obtuvo que la media anterior es de 67.29 y luego de la mejora propuesta del estudio del trabajo, la media incrementará a 81.31. Mostrando además el rango de 13 reduciéndose a 00.00 por ello los resultados obtenidos presentaron que los datos son más estables en la empresa P&M, Automotriz.

## Análisis inferencial

La presente investigación precisó un contraste de hipótesis con ayuda de estadígrafos el cual permita realizar la respectiva comparación de las medias con el pre y post test. Así mismo se procedió a realizar la prueba de normalidad para determinar si se haría uso de Kolmogorov Smirnov o Shapiro Wilk.

### Análisis de la hipótesis general

**Ha:** El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

Para el estadístico de medias para esta investigación se utilizó Shapiro Wilk debido a que los datos recolectados son menores a 30, luego se procedió a establecer la regla de decisión:

#### Regla de decisión:

Si ( $p\text{valor} \leq 0.05$ ), los datos no provienen de una distribución normal (no paramétricos).

Si ( $p\text{valor} > 0.05$ ), los datos provienen de una distribución normal (paramétricos).

Tabla 37. Prueba de normalidad de hipótesis general (Productividad)

**Tabla 73 Pruebas de normalidad de la eficiencia**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia_Pre	,085	19	,200*	,969	19	,755
Eficiencia_Post	,158	19	,200*	,947	19	,346
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

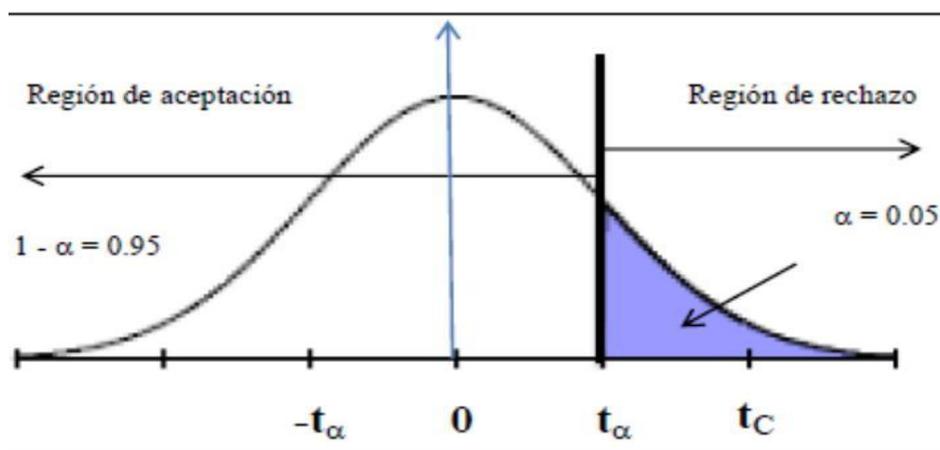
Fuente: Spss Versión 25

En la tabla 73 de prueba de normalidad se mostró que el nivel de significancia de la eficiencia del pre test es de 0,755, por lo tanto, es mayor 0.05, lo que quiere decir que la muestra proviene de una distribución normal no paramétrica. El nivel de significancia de la eficiencia del post test es de 0,346 lo cual indicó que es menor a 0.05, es decir proviene de una distribución normal no paramétrica.

## Regla de Decisión

Se va a verificar la regla de decisión lo cual nos va indicar si se va aceptar o rechazar la hipótesis alterna.

**Figura 68 Regla de decisión**



Fuente: Spss Versión 25

**Si  $p_v \leq 0.05$ , los datos de la muestra no provienen de una distribución normal.**

**Si  $p_v > 0.05$ , los datos de la muestra provienen de una distribución normal**

**Tabla 74 Estadígrafo de eficiencia**

Antes	después	Estadígrafo
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

## Contrastación de la hipótesis específica

Ho: El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball no mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

Ha: El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

## Regla de Decisión

$H_0: \mu_0 \geq \mu_1$

$H_a: \mu_0 < \mu_1$

**Tabla 75 Comparación de medias de la eficiencia**

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Eficiencia_Pre	19	61	74	67,29	3,962
Eficiencia_Post	19	81	81	81,31	0,022
N válido (por lista)	19				

Fuente: Spss Version 25

Podemos ver en la tabla 75, que la media incrementó relativamente en 67.29 para el Post-Test y esto nos da a entender que se cumple con la hipótesis alterna que nos indica que, el estudio del trabajo mediante el Crystal Ball mejora la productividad y se rechaza la hipótesis Nula.

Por ello, se verificará si es correcto, aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula, usando los resultados de la prueba

De tal manera, se va verificar si es correcto aceptar la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula según, los resultados de la prueba usando el estadígrafo de Wilcoxon.

**Tabla 76 Estadística de Prueba eficiencia**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Eficiencia_Post - Eficiencia_Pre
Z	-3,823 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos	

Fuente: Spss Version 24

## se rechaza la hipótesis nula

De acuerdo con la tabla 76, se pudo comprobar que el estadígrafo de Wilcoxon se obtuvo que la significancia de la eficiencia tanto como antes y como después sale como resultado 0,00 y esta quiere que es correcto aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula

## Segunda dimensión: Eficacia

### Análisis descriptivo:

**Tabla 77 Análisis descriptivo de eficacia**

Descriptivos				
		Estadístico	Desv. Error	
EFICACIAPRETE S	Media	,8068	,01087	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7840	
		Límite superior	,8297	
	Media recortada al 5%	,8066		
	Mediana	,8100		
	Varianza	,002		
	Desv. Desviación	,04739		
	Mínimo	,73		
	Máximo	,89		
	Rango	,16		
	Rango intercuartil	,07		
	Asimetría	,033	,524	
	Curtosis	-,756	1,014	
	EFICACIAPOST	Media	,8872	,00006
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	,8871	
		Límite superior	,8873	
Media recortada al 5%		,8872		
Mediana		,8872		
Varianza		,000		
Desv. Desviación		,00024		
Mínimo		,89		
Máximo		,89		
Rango		,00		
Rango intercuartil		,00		
Asimetría		-,308	,524	
Curtosis		-,969	1,014	

Fuente: Spss Version 25

En la tabla 77 gracias a los datos recolectados se obtuvo que la media anterior es de 80.68 y luego de la mejora propuesta del estudio del trabajo, la media incrementará a 88.72. Mostrando además el rango de 16 reduciéndose a 00.00 por ello los resultados obtenidos presentaron que los datos son más estables en la empresa P&M, Automotriz.

## Análisis inferencial

**Tabla 78 prueba de normalidad de eficacia**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia_Pre	,085	19	,200 <sup>*</sup>	,969	19	,755
Eficacia_Post	,154	19	,200 <sup>*</sup>	,945	19	,318

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Spss Version 25

En la tabla 78 de prueba de normalidad se mostró que el nivel de significancia de la eficacia del pre test es de 0,755, por lo tanto, es mayor 0.05, lo que quiere decir que la muestra proviene de una distribución normal no paramétrica. El nivel de significancia de la productividad del post test es de 0,318 lo cual indicó que es menor a 0.05, es decir proviene de una distribución normal no paramétrica.

Regla de Decisión.

Se va a verificar la regla de decisión lo cual nos va indicar si se va aceptar o rechazar la hipótesis alterna.

Si  $\rho_i \leq 0.05$ , los datos de la muestra no provienen de una distribución normal. Si

$\rho_i > 0.05$ , los datos de la muestra provienen de una distribución normal.

**Tabla 79 Estadígrafo eficacia**

Antes	después	Estadígrafo
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

### Contrastación de la segunda hipótesis específica

**Ho:** El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball no mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

**Ha:** El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

**Tabla 80 Comparación de medias en la eficacia**

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Eficacia_Pre	19	,73	,89	,8068	,04739
Eficacia_Post	19	,89	,89	,8872	,00024
N válido (por lista)	19				

Fuente: Spss versión 25

Podemos ver en la tabla 8, que la media incrementó relativamente en 0.4739 para el Post-Test y esto nos da a entender que se cumple con la hipótesis alterna que nos indica que, el estudio del trabajo mediante el Crystal Ball mejora la productividad y se rechaza la hipótesis Nula.

**Tabla 81 Estadística de prueba eficacia**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Eficacia_Post - Eficacia_Pre
Z	-3,823 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Fuente: Spss versión 25

Si  $p_v \leq 0.05$ ,

**Se rechaza la hipótesis nula**

Según la información dada, se pudo comprobar que del estadígrafo de Wilcoxon se obtuvo que la significancia de la eficacia tanto como antes y como después sale como resultado 0,000 y esto quiere que es correcto aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula.

**Variable independiente productividad (Análisis descriptivo)**

**Tabla 82 Estadística de prueba de productividad**

Descriptivos				
			Estadíst ico	Desv. Error
Productividad pre test	Media		,5447	,01467
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5139	
		Límite superior	,5755	
	Media recortada al 5%		,5441	
	Mediana		,5488	
	Varianza		,004	
	Desv. Desviación		,06395	
	Mínimo		,44	
	Máximo		,66	
	Rango		,21	
	Rango intercuartil		,09	
	Asimetría		,158	,524
	Curtosis		-,710	1,014
Productividad Post test	Media		,7214	,00009
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7212	
		Límite superior	,7216	
	Media recortada al 5%		,7214	
	Mediana		,7214	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,00039	
	Mínimo		,72	
	Máximo		,72	
	Rango		,00	
	Rango intercuartil		,00	
	Asimetría		-,300	,524
	Curtosis		-,965	1,014

Fuente: Spss versión 25

En la tabla 82 gracias a los datos recolectados se obtuvo que la media anterior es de 54.47 y luego de la mejora propuesta del estudio del trabajo, la media incrementará a 72.14. Mostrando además el rango de 21 reduciéndose a 00.00 por ello los resultados obtenidos presentaron que los datos son más estables en la empresa P&M, Automotriz.

## Análisis inferencial

**Tabla 83 Prueba de normalidad de productividad**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad Pre	,082	19	,200*	,968	19	,733
Productividad Post	,156	19	,200*	,946	19	,336
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Spss versión 25

De acuerdo a la tabla 83 se puede apreciar como nuestros datos son de Shapiro-Wilk, nuestra Sig en la productividad antes sale 0,733 y después de la situación calculada después de la mejora es de 0.336 y esto es menor al 0,005 y esto quiere decir que es no Paramétrica. Además, se puede analizar también la Productividad y es menor a 0,005 y vale decir que es no Paramétrica.

### Regla de Decisión.

Se va a verificar la regla de decisión lo cual nos va indicar si se va aceptar o rechazar la hipótesis alterna.

**Si  $p_v \leq 0.05$ , los datos de la muestra no provienen de una distribución normal.**

**Si  $p_v > 0.05$ , los datos de la muestra provienen de una distribución normal.**

**Tabla 84 Estadígrafo de Productividad**

Antes	después	Estadígrafo
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

### **Contrastación de la hipótesis general**

**Ho:** El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball no mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

**Ha:** El estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

**Tabla 85 comparación de medias de productividad**

<b>Estadísticos descriptivos</b>					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Productividad pre test	19	,44	,66	,5447	,06395
Productividad Post test	19	,72	,72	,7214	,00039
N válido (por lista)	19				

Fuente: Spss versión 25

Podemos ver en la tabla 85, que la media incrementó relativamente en la media 54.47 para el Post-Test es de 72.14 y esto nos da a entender que se cumple con la hipótesis alterna que nos indica que, el estudio del trabajo mediante el Crystal Ball mejora la productividad y se rechaza la hipótesis Nula.

La hipótesis nula según los resultados de la prueba usando el estadígrafo de Wilcoxon. Seguidamente se verificará si es correcto el aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula, usando los resultados de la prueba. Por lo tanto, se va

verificar si es correcto aceptar la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula según los resultados de la prueba usando el estadígrafo de Wilcoxon.

**Tabla 86 Estadística de prueba para la productividad**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	PRODUCTIVIDAD POS TEST - PRODUCTIVIDAD pre test
Z	-3,823 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Fuente: Spss versión 25

**Si  $p_v \leq 0.05$ ,**

**Se rechaza la hipótesis nula**

Según la información dada, se pudo comprobar que del estadígrafo de Wilcoxon se obtuvo que la significancia de la eficiencia tanto como antes y como después sale como resultado 0,000 y esto quiere que es correcto aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula.

## V. DISCUSIÓN

En este informe de investigación se llegó a contrastar las hipótesis planteadas, donde se puede afirmar que mediante. El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020. Mediante el simulador de software Crystal Ball se lograría incrementar la productividad. Así mismo se alcanzó los resultados beneficiosos de iguales similitudes que las investigaciones realizadas por los autores: Agurto (2019), Valentín (2018) y Bernabé (2017).

Así mismo, tenemos el trabajo de Agurto (2019). Quien en su investigación titulada Aplicación del estudio del trabajo para incrementar la productividad en la línea de producción de abrazadera de muelle en la empresa industria Mendoza. Los resultados anteriormente de la eficiencia antes de la mejora fueron de 71.11% y luego de la mejora incremento a un 83.74%, lo que tuvo una valoración porcentual de un 17.76%. el presente trabajo de investigación demuestra que mediante el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020. Lo que se muestra que la media de la eficiencia de la situación inicial Pre test es de 67%, mientras que la media de la mejora Post Test calculada es de 81%, Por ello se puede decir que mediante el simulador aumento la eficiencia y tuvo un incremento porcentual en un 20.8%. La eficiencia se define como, la capacidad desocupado de horas hombre y las horas maquinas, para alcanzar la productividad se alcanzan mediante jornadas que trabajan en el tiempo adecuado (Garcia, 2006). Así mismo, puede decir que una organización es eficiente, cuando se cumplen las metas trazadas, reduciendo los costos y ejecutando en el menor tiempo posible y optimizando los recursos sin minimizar el nivel de calidad (Ganga, 2014). La empresa P&M Automotriz, mejorara su eficiencia si realiza la ejecución de cada proceso planteado y también el compromiso de los trabajadores esto se vería reflejado en lo que sería la propuesta de implementacion.

Así mismo, tenemos el trabajo de Valentín (2018), Quien en su investigación titulada Aplicación del estudio del trabajo en la empresa Molinera para incrementar la productividad en el proceso envasado de harinas. Los resultados reflejaron que la eficacia antes era de la mejora estaba en un 82% y luego de la aplicación de la herramienta logro aumentar en un 94% y tuvo una variación porcentual de incremento de un 15%. Por ello, el presente trabajo de investigación el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020. Lo que se muestra que la media de la eficacia de la situación inicial Pre test es de 81%, mientras que la media de la mejora calculada Post Test es de 89%, Por ello se puede decir que mediante el simulador aumento la eficacia. Se define como el nivel de logro de metas y objetivos. La eficacia hace relación a la capacidad de obtener los resultados planteados, en los cuales fueron propuestos (Actualidad, 2013). Podemos decir que la eficacia es la capacidad de lograr los objetivos planteados en un menor tiempo requerido sin afectar el producto o servicio y su calidad. Así mismo, La eficacia del mantenimiento es, la inspección del mantenimiento, no es posible calcular los resultados conseguidos ni se puede tener un control de la operación por lo que se sugiere determinar si se está gastando más de lo normal o menos de lo necesario en el mantenimiento (kanawaty, 1996).

Posteriormente, tenemos el trabajo de Bernabé (2017). Quien en su investigación titulada Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad del área de cardado en la hilandería textil de la empresa Perú tintex. Los resultados reflejaron que la productividad antes era de una 52% y luego de la aplicación de la herramienta logro aumentar en un 67% y tuvo una variación porcentual de incremento de un 15%. El presente trabajo de investigación demuestra que mediante el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020. Lo que se muestra que la media de la productividad de la situación inicial Pre test es de 54%, mientras que la media de la mejora calculada Post Test es de 72%, Por ello se puede decir que mediante el simulador aumento la productividad. La productividad establece el nivel de aprovechamiento de los factores que determinan al momento de producir un producto, es fundamental el control de la productividad a mayor productividad

tenga la compañía, menos será los costos de fabricación (Cruelles, 2012). Por ello, la productividad en el mantenimiento preventivo, La productividad está influenciada por el volumen, la duración, variedad y la calidad y el tiempo que tiene el equipo o la maquina pueden influenciar en la medición de la productividad de la empresa (Prokopenko, 1989). Así mismo, La importancia de la productividad menciona que, los instrumentos primordiales que generan un incremento en la productividad implican los métodos, estudio de tiempos que se le conoce como medición y diseño del trabajo (Niebel, y otros, 2009). Por ello hace mención que, la productividad es la relación entre la producción lograda mediante un método de fabricación o servicios y los recursos empleados para conseguirla. Así mismo se define la productividad como la utilización de los recursos eficientes (Prokopenko, 1989). De tal manera se realizarían cronogramas de ejecución de trabajos de acuerdo a las áreas involucradas de trabajo según su complejidad se determinaron nuevos procesos de las actividades de trabajo.

## VI. CONCLUSIONES

**Primera:** El presente trabajo de investigación con respecto al objetivo general, el modelamiento de simulación del estudio del trabajo influiría en la productividad de la empresa P&M Automotriz De manera que puede apreciar la productividad inicial antes de la posible implementación tenía un valor de 54%, mientras que posterior a lo calculado en la supuesta mejora propuesta, se estima que el valor será de 72%, con lo que se obtiene un cálculo en la mejora propuesta de la productividad y tuvo un incremento porcentual de un 33%, donde el resultado calculado indica que existe una mejora al utilizar el software de simulación de Crystal Ball.

**Segunda:** El presente trabajo de investigación prueba en relación al primer objetivo específico cómo el modelamiento de simulación del estudio del trabajo influiría en la eficiencia de la empresa P&M Automotriz Comas, 2020; ya que la eficiencia inicial es de un 67%, luego de realizar la simulación con el software de simulación con Crystal Ball, vemos un aumento del 81%, por lo que hay una mejora en la eficiencia de un 20.8%, donde el resultado calculado indica que existe una mejora con el software de simulación de Crystal Ball, estableciendo un aumento en las horas de trabajo y reducir los tiempos muertos en los mantenimientos.

**Tercera:** El presente trabajo de investigación prueba en relación al segundo objetivo específico que el modelamiento de simulación del estudio del trabajo influiría en la eficacia de la empresa P&M Automotriz Comas, 2020; ya que la eficacia inicial es de un 81%, luego de realizar la simulación con el software Crystal Ball, vemos un aumento del 89%, por lo que hay una mejora de la eficacia de un 10%, donde el resultado calculado indica que existe una mejoraría con el software de simulación de Crystal Ball, estableciendo una mejora en la producción de la empresa.

## **VII: RECOMENDACIONES**

Se recomienda que, se aplique la herramienta de estudio del trabajo con el objetivo de tener mejores resultados en los procesos del área de mantenimiento. por lo que la metodología promueve a que la empresa alcance mejores beneficios y tenga un método de trabajo cumpliendo con los trabajos programados debido a que se logra aprovechar de mejor manera los tiempos establecidos de las actividades y esto genera un incremento en la producción del área de mantenimiento.

Seguidamente, se recomienda fijar una meta diaria de producción para cada trabajador de la especialidad y llevar un control de la misma. De tal manera todo el personal del área de mantenimiento contribuiría con la propuesta de mejora.

Por último, se recomienda tener ingresados los materiales o insumos que se necesitara para realizar los trabajos. Para que los técnicos trabajen cómodamente y no tendrán tiempos muertos en el llenado de la orden de trabajo, ya que esto no ocasionaría tiempos improductivos en la producción

## REFERENCIAS:

Actualidad, Empresa. 2013. Actualidad empresa. [En línea] S/P, 28 de 11 de 2013. [Citado el: 04 de 12 de 2020.] <http://actualidadempresa.com/eficacia-eficiencia-y-efectividad-en-el-desempeno-del-trabajo/>. S/N.

Agurto Mamani, Josselyn Evelyn. 2019. Repositorio universidad Cesar Vallejo. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de 18 de 2020.] [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40569/Agurto\\_MJE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40569/Agurto_MJE.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Bernabe Carrera, Fabiana. 2017. repositorio universidad Cesar vallejo. [En línea] 2017. [Citado el: 18 de 12 de 2020.] [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12293/Bernab%\*c3\*%a9\\_CFY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12293/Bernab%c3%a9_CFY.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Bernal, Augusto. 2010. *Metodología de la Investigación*. Tercera Edición. Bogota : s.n., 2010. pág. 320.

—. 2010. Metodología de la Investigación. [En línea] 2010. [Citado el: 08 de 06 de 2020.]

Bernal, Torres Cesar A. 2010, P. 192. 2010, P. 192. 978-958-699-128-5.

—. 2010. *Metodología de la investigación*. Colombia : s.n., 2010. 978-958-699-128-5.

Burgos Tejo, Luis Alejandro. 2016. Repositorio Universidad Católica de la Santísima Concepción . [En línea] 10 de 2016. [Citado el: 27 de 5 de 2020.]

Cecilia, Salazar y Santiago, Del Castillo. 2018. *Fundamentos basicos de la estadística*. 2018.

Chiavenato, Idalberto. 2001. Administración de recursos humanos. [En línea] 2001. [Citado el: 17 de junio de 2020.] <https://cucjonline.com/biblioteca/files/original/f37a438c7c5cd9b3e4cd837c3168cbc6.pdf>.

Chon Torres, Enrique Whazan. 2019. Repositorio Cybertesis UNMSM. [En línea] 2019. [Citado el: 27 de 5 de 2020.] <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10601>.

ComexPeru. 2017. COMEX - Sociedad de Comercio Exterior del Perú. *Cadenas de valor: la llave del sector automotriz peruano*. [En línea] 12 de 06 de 2017. [Citado el: 28 de 04 de 2020.] <https://www.comexperu.org.pe/articulo/cadenas-de-valor-la-llave-del-sector-automotriz-peruano>.

Cruelles, Agustín. 2012. productividad e incentivos como hacer que los tiempos de fabricacion se cumplan. [En línea] 2012. [Citado el: 22 de 5 de 2020.]

Del Carpio Gallegos, Javier y Eyzaguirre Tejada, Roberto. 2007. Análisis de riesgo en la evaluación de alternativas de inversion utilizando Crystal Ball. [En línea] 2007. [Citado el: 06 de 11 de 2020.] [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10\\_n1/a09.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a09.pdf).

Del Castillo Junco, Jordán Davis y Arias Pittman, José Augusto. 2019. Estudio de tiempos y el incremento de la productividad en el área de acondicionado . [En línea] 2019. [Citado el: 04 de 6 de 2020.] [https://www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing\\_indust\\_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num2-Articulo08.pdf](https://www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing_indust_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num2-Articulo08.pdf).

Díaz, Arturo. 2018. Digitalización impulsa 25% productividad automotriz: Siemens • Forbes México. *Forbes México*. [En línea] 26 de 07 de 2018. [Citado el: 28 de 04 de 2020.] <https://www.forbes.com.mx/digitalizacion-impulsa-25-productividad-automotriz-siemens/>.

El Peruano. 2018. Normas Legales. *Normas Legales*. 5 de 7 de 2018, pág. 80.

Estela, Rafael. 2020. Investigacion Propositiva. [En línea] 2020. [Citado el: 04 de 10 de 2020.] <https://es.calameo.com/read/006239239f8a941bec906>.

Fernández Hueso, Valme. 2011. Anexo I. Manual Crystal Ball. [En línea] 2011. [Citado el: 06 de 11 de 2020.] <https://jaimesotou.files.wordpress.com/2011/05/manual-crystalball-2.pdf>.

Garcia, roberto. 2006. *Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2006.

Gentry Barbara, Erick y David. 2006. Crystal Ball 7.2. [En línea] 2006. [Citado el: 06 de 11 de 2020.] [https://issuu.com/carlogarciasandoval6/docs/manual\\_crystal\\_ball\\_7.2](https://issuu.com/carlogarciasandoval6/docs/manual_crystal_ball_7.2).

Hernandez, Sampieri. 2014. metodología de la investigacion. [En línea] 2014. [Citado el: 08 de 06 de 2020.] <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

kanawaty, George. 1996. Introducción al estudio del trabajo. [En línea] 1996. [Citado el: 22 de 05 de 2020.] <https://higieneyseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2012/08/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>.

López, Bryan. 2019. estudio del trabajo ingeniería industrial online. [En línea] 18 de junio de 2019. [Citado el: 15 de 05 de 2020.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/estudio-del-trabajo/>.

Montero, Luis. 2018. Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones. [En línea] 10 de 05 de 2018. [Citado el: 04 de 6 de 2020.] [www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing\\_indust\\_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num1-Articulo06.pdf](http://www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing_indust_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num1-Articulo06.pdf).

—. 2018. Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones. [En línea] 10 de 05 de 2018. [Citado el: 04 de 6 de 2020.] [https://www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing\\_indust\\_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num1-Articulo06.pdf](https://www.unjfsc.edu.pe/facultades/ing_indust_sistema/Epigmalion/contenidos/Vol1Num1-Articulo06.pdf).

Niebel, Benjamin y Andris, Freivalds. 2009. Ingeniería Industrial Métodos Estándares y diseño de trabajo. [En línea] 2009. [Citado el: 11 de Junio de 2020.]

Niebel, benjamin y Andris, Frievalds. 2009. *ingenieria: Industrial Metodos estandares y diseño de trabajo*. 2009.

Peruano, El. 2018. Normas legales. [En línea] 05 de Julio de 2018. [Citado el: 11 de Junio de 2020.]

Prokopenko, Joseph. 1989. *La Gestión de la productividad*. 1989.

Ríos, Roger Ricardo. 2017. *metodologia para la investigacion y redaccion*. Malaga : servicios academicos intercontinentales S.L, 2017. 978-84-17211-23-3.

RIVERA VILLEGAS, ERICK WILFREDO. 2015. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR. [En línea] Noviembre de 2015. [Citado el: 03 de 07 de 2020.] <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2014/01/01/Rivera-Erick.pdf>.

Sampieri, Hernández y Baptista, Fernandez Y. 2014. *metodologia de la investigación*. mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.

Santa Palella, Stracuzzi y Feliberto Martins, Pestana. 2012. *Metodologia de la investigacion cuantitativa*. Caracas : Fedupel Pedagogica de Venezuela, 2012. 980-273-445-4.

Torres Almeida, Miguel y Villacreses Lozada, Gilly. 2018. Repositorio de Pontificia universidad Catolica del Ecuador. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de 5 de 2020.] <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2532>.

Valencia Valera, Maria Camila. 2017. Repositorio universidad bolivariana. [En línea] 2017. [Citado el: 27 de 5 de 2020.] <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3496>.

Valentin Manzanares, Juan Carlos. 2018. Repositorio Universidad Tecnologica del Perú. [En línea] 11 de 2018. [Citado el: 18 de 12 de 2020.] [http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1716/1/Juan%20Valentin\\_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional\\_Titulo%20Profesional\\_2018.pdf](http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1716/1/Juan%20Valentin_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2018.pdf).

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo, Luna Solano Beder Johon, con DNI N.º 47358124 alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado “Estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball para mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.” son:

1. De mi autoría
2. La tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente.
4. Los resultados presentados en la Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 13 de noviembre del 2020.

Apellidos y Nombres del Autor Luna Solano Beder Johon	
DNI: 47358124	Firma 

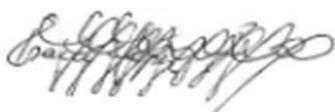
## Anexo 2

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, López Padilla Rosario Del Pilar docente de la Facultad de ingeniería industrial y Escuela Profesional de ingeniería de la Universidad César Vallejo filial lima norte revisora del informe de investigación titulada “Estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball para mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.” del estudiante Luna Solano Beder Johon, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha,

Apellidos y Nombres del Asesor: López Padilla Rosario del Pilar	
DNI: 08698815	Firma 
ORCID 0000-0003-2651-7190	

### Anexo 3

## Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo, Luna Solano Beder Johon identificada con DNI N° 47358124, egresado de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, autorizo () no autorizo () la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis:

“Estudio del trabajo mediante simulación por Crystal Ball para mejorar la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.”

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de **NO** autorización:

Contiene información importante que solo se maneja internamente en la empresa.

Lima 18 de Julio de 2020

Apellidos y Nombres del Autor Luna Solano Beder Johon	
DNI: 47358124	Firma 

Anexo N.º 4

Matriz de operacionalización de las variables					
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Estudio del trabajo	El estudio del trabajo es una evaluación sistemática de procedimientos empleados para realizar trabajos con el fin de utilizar los recursos eficientemente estableciendo normas con respecto a las tareas que se están ejecutando (Kanawaty, 1996).	Método empleado que nos permite mejorar el proceso del mantenimiento preventivo mediante el estudio de métodos y el Estudio de tiempos.	Estudio de métodos	$T \text{ Improductivo} \% = \frac{T \text{ TOTAL} - T \text{ PRO}}{T \text{ TOTAL}}$ T TOT = Tiempo total T PRO = Tiempo productivo T IMP = Tiempo improductivo	Razón
			Estudio de tiempos	$TS = TN (1 + \text{Suplementos})$ TS = Tiempo estándar TN= Tiempo normal S = Suplementos	Razón
Productividad	la productividad establece el nivel de aprovechamiento de los factores que determinan al momento de producir un producto, es fundamental el control de la productividad a mayor productividad tenga la compañía, menos será los costos de fabricación. (Cruelles, 2012).	Productividad es el indicador que permite medir el grado de eficiencia y eficacia en el proceso productivo del mantenimiento preventivo.	Eficiencia	$EFIC = \frac{H \text{ REALES DE LOS MANTTO}}{\sum H.H \text{ UTILIZADAS}}$ HRDM= horas reales de los mantenimientos HHU= hora hombres utilizadas	Razón
			Eficacia	$EFI = \frac{\text{MANTTO REALIZADO}}{\text{MANTTO PROG}}$ MANTTO REAL = Mantenimiento realizado MANTTO PROG=Mantenimiento programado	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo N.º 5

Formato de registro de tiempos

TOMA DE TIEMPOS INICIAL - ESTUDIO DE TIEMPOS																					
		Empresa:					P&M Automotriz					Área:			Mantenimiento						
		Método:					PRE - TEST					Proceso									
		Elaborado por:																			
ITEM	OPERACIÓN	TIEMPOS OBSERVADOS EN MINUTOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	promedio
		min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
	tiempo total (min).																				
	tiempo total (horas)																				

Fuente: Elaboración propia

### Instrumentos de recolección de datos

Ficha de registro de la productividad							
Días	H.H programadas	H. Reales Mantto	Mantto programados	Mantto realizados	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD INICIAL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
Total							

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO											
Diagrama No. Hoja No.		Tecnico <input checked="" type="checkbox"/> MATERIAL <input type="checkbox"/> EQUIPO <input type="checkbox"/>									
Objetivo:		Actividades	ACTUAL	Tiempo	Distancia (mts)						
		Operación									
Proceso analizado: Mantenimiento		Transporte									
		Espera									
Metodo: Actua <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Inspección									
		Almacenamiento									
Localización: Mantenimiento		Total									
Tecnico Mecanico:		Tiempo total de actividades									
Elaborado por:											
Aprobado por:											
SISTEMA DE	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	Tiem. producti	Tiem. Improd
				○	⇒	D	□	▽			
	Total										

Fuente: Elaboración propia

## Anexos N 6

### validación de Instrumentos



#### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficiencia</b>							
3	$EFIC = \frac{H \text{ REALES DE LOS MANTTO}}{\sum H.H \text{ UTILIZADAS}}$ HRDM= horas reales de los mantenimientos HHU= hora hombres utilizadas	x		x		x		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficacia</b>							
4	$EFI = \frac{\text{MANTTO REALIZADO}}{\text{MANTTO PROG}}$ MANTTO REAL = Mantenimiento realizado MANTTO PROG= Mantenimiento programado	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  Si hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [ x ]      **Aplicable después de corregir** [ ]      **No aplicable** [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Guido Trujillo Valdiviezo      DNI: 25570359

...

Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas y Especialista en Estadística e Investigación

16 de junio del 2020

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 Firma del Experto Informante.



#### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Estudio de Métodos</b>							
1	T Improductivo $\% = \frac{T \text{ TOTAL} - T \text{ PRO}}{T \text{ TOTAL}}$ T TOT = Tiempo total T PRO = Tiempo productivo T IMP = Tiempo improductivo	x		x		x		
	<b>DIMENSIÓN 2 Estudio de tiempos</b>							
2	$TS = TN (1 + S)$ TS = Tiempo estándar TN= Tiempo normal S = Suplementos	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [ x ]      **Aplicable después de corregir** [ ]      **No aplicable** [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Guido Trujillo Valdiviezo      DNI: 25570359

Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas y Especialista en Estadística e Investigación

16 de junio del 2020

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSION 1 Estudio de Métodos							
	T Improductivo $\% = \frac{T \text{ TOTAL} - T \text{ PRODUCTIVO}}{\text{TIEMPO Total}}$	✓		✓		✓		
2	DIMENSION 2 Medición del Trabajo	Si	No	Si	No	Si	No	
	TE = TN x (1 + S) TN= Tiempo normal TE= Tiempo estándar S= Suplementos	✓		✓		✓		

 Observaciones (precisar si hay suficiencia): HAY SUFICIENCIA

 Opinión de aplicabilidad:   Aplicable [ **X** ]   Aplicable después de corregir [ ]   No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./ Mg: José La Rosa Zeña Ramos   DNI: 17533125

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

09 de Junio del 2020

- <sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto técnico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específicos del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.



Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
3	DIMENSION 1 Eficiencia							
	EFIC= $\frac{H \text{ REALES DE LOS MANTTO}}{\sum H.H \text{ UTILIZADAS}}$	✓		✓		✓		
4	DIMENSION 2 Eficacia	Si	No	Si	No	Si	No	
	EFI= $\frac{\text{MANTTO REALIZADO}}{\text{MANTENIMIENTO PROGRAMADOS}}$	✓		✓		✓		

 Observaciones (precisar si hay suficiencia): HAY SUFICIENCIA

 Opinión de aplicabilidad:   Aplicable [ **X** ]   Aplicable después de corregir [ ]   No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./ Mg: José La Rosa Zeña Ramos   DNI: 17533125

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

09 de Junio del 2020

- <sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto técnico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específicos del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.



Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>DIMENSIÓN 1 Estudio de Métodos</b>							
	$T \text{ Improductivo} = \frac{(T \text{ TOTAL} - T \text{ PRO})}{T \text{ TOTAL}} \times 100\%$ T TOT = Tiempo total T PRO = Tiempo productivo T IMP = Tiempo improductivo	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2 Estudio de tiempos</b>							
2								
	TS = TN (1 + S) TS = Tiempo estándar TN = Tiempo normal S = Suplementos	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_ SUFICIENCIA \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [ X ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr.:    **Jorge Rafael Díaz Dumont**

DNI:    **08698815**

Especialidad del validador:    **Ingeniero Industrial**

**16 de junio del 2020**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont (PRO)  
 INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
 SANCYT - REGISTRO RESERVA 1987

-----  
**Firma del Experto Informante**



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficiencia</b>							
3	$\text{EFICIENCIA} = \frac{(H \text{ REALES DE LOS MANTTO})}{\sum H.H \text{ UTILIZADAS}} \times 100\%$ HRDM= horas reales de los mantenimientos HHU= hora hombres utilizadas	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficacia</b>							
4								
	$\text{EFICACIA} = \frac{\text{MANTTO REALIZADO}}{\text{MANTTO PROG}} \times 100\%$ MANTTO REAL = Mantenimiento realizado MANTTO PROG= Mantenimiento programado	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_ SUFICIENCIA \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [ X ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr.:    **Jorge Rafael Díaz Dumont**

DNI:    **08698815**

Especialidad del validador:    **Ingeniero Industrial**

**16 de junio del 2020**

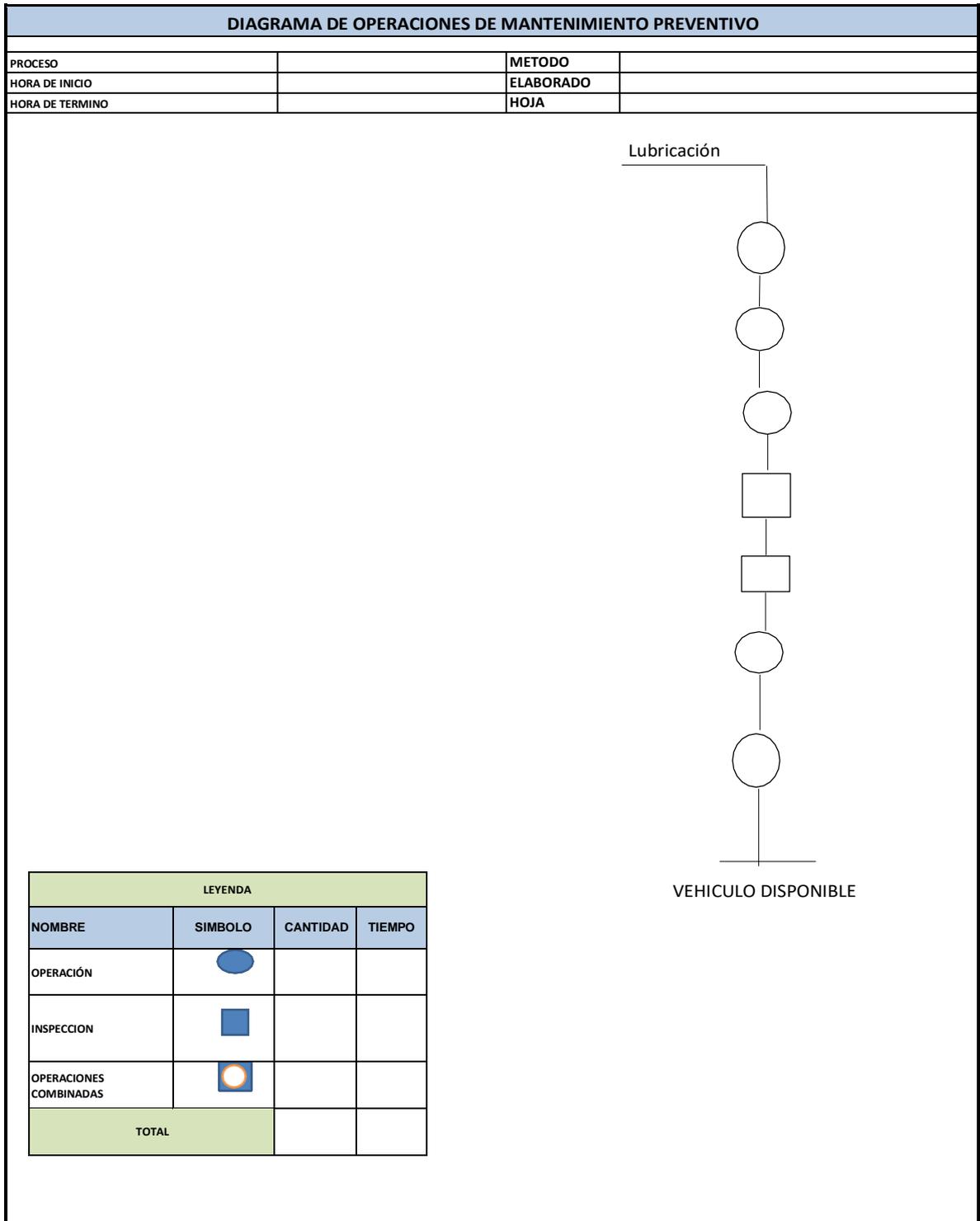
<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont (PRO)  
 INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
 SANCYT - REGISTRO RESERVA 1987

-----  
**Firma del Experto Informante**

## Anexo N 7



Fuente: Elaboración propia

## Hoja técnica del cronómetro

### Manual del usuario

**EXTECH**  
INSTRUMENTS

### Cronómetro resistente al agua Modelo 365515



#### Introducción

Agradecemos su compra del Cronómetro 365515 de Extech, resistente al agua, con división de tiempo, vigilancia de dos competidores, alarma y reloj. La precisión del reloj es  $\pm 3$  segundos por 24 horas. El uso cuidadoso de este cronómetro le proveerá muchos años de servicio confiable.

#### Operación

##### MODO NORMAL

1. En modo normal se muestran las Horas/Minutos/Segundos y el día de la semana.
2. Presione y sostenga el botón SPLIT/RESET para ver la hora de alarma.
3. Para encender o apagar la alarma, presione el botón START/STOP mientras que también presiona el botón SPLIT/RESET (en la esquina superior derecha de la pantalla se enciende el icono campana al activar la Alarma).
4. Presione y sostenga START/STOP para ver el calendario mensual y la fecha.

**MODO CRONÓMETRO** (Para activar, presione una vez el botón MODO a partir de modo normal)

Cuando selecciona por primera vez el modo cronómetro, centellean los iconos SU-FR-SA.

##### A. Cronómetro de tiempo transcurrido

1. Presione Start/Stop para iniciar (los iconos SU-SA destellarán)
2. Presione Start/Stop para detener (los iconos SU-SA destellarán)
3. Presione Start/Stop para reiniciar
4. Presione Start/Stop para parar
5. Presione Split/Reset para restablecer la pantalla. Presione MODE para regresar a modo normal.

##### B. División de tiempo

1. Presione Start/Stop para iniciar (los iconos SU-SA destellarán)
2. Presione Split/Reset para dividir (los iconos SU-TH-SA destellarán)
3. Presione Split/Reset para salir de División (los iconos SU-SA destellarán)
4. Presione Start/Stop para detener (los iconos SU-SA destellarán)
5. Presione Split/Reset para restablecer la pantalla. Presione MODE para regresar a modo normal.

modificación. Use el botón START/STOP para modificar el dígito que destella. Cuando fije las horas, minutos y segundos puede presionar START/STOP para restablecer los dígitos seleccionados a cero; presione y sostenga para navegar rápidamente. Los dígitos de la hora pasarán por A (para AM), P (para PM) y H (para reloj de 24 horas). Presione MODE para regresar a operación normal.

##### CONFIGURAR LA ALARMA presione MODE dos veces desde normal

1. Una vez que ha entrado en modo ALARM SET, destellarán los iconos indicadores de la hora y MO.
2. Presione STOP/START para cambiar la hora. Este paso activa además la alarma y muestra el icono indicador de la alarma (campana en la esquina superior derecha de la pantalla LCD).
3. Presione SPLIT/RESET para seleccionar minutos.
4. Presione STOP/START para adelantar los minutos.
5. Presione MODE para guardar y regresar a la hora en pantalla.
6. Para activar la Alarma, siga las instrucciones del paso 3 de sección MODO NORMAL. Note que la hora de la alarma reflejará el modo AM, PM o H programado anteriormente en la sección DE FECHA Y HORA.

##### TEMPORIZADOR Y SILENCIO DE LA ALARMA

Cuando la alarma suene, presione START/STOP. Empezará un período temporizado de 5 minutos. Para silenciar la alarma sin temporizador, presione SPLIT/RESET después de que suene la alarma.

##### REPICAR DE LA HORA (el cronómetro pita una vez cada hora en la hora)

Para activar repicar de la hora, presione y sostenga SPLIT/RESET luego presione MODE (mientras continua sosteniendo SPLIT/RESET) hasta que los días de la semana aparezcan en la parte superior de la LCD. Para desactivar el repicar de la hora, presione MODE (mientras sostiene SPLIT/RESET) hasta que se borren los días de la semana de la LCD.

##### RETROILUMINACIÓN

Presione el botón de luz para activar la retroiluminación. La retroiluminación permanecerá encendida durante 4 segundos y automáticamente se apagará.

##### Reemplazo de la batería

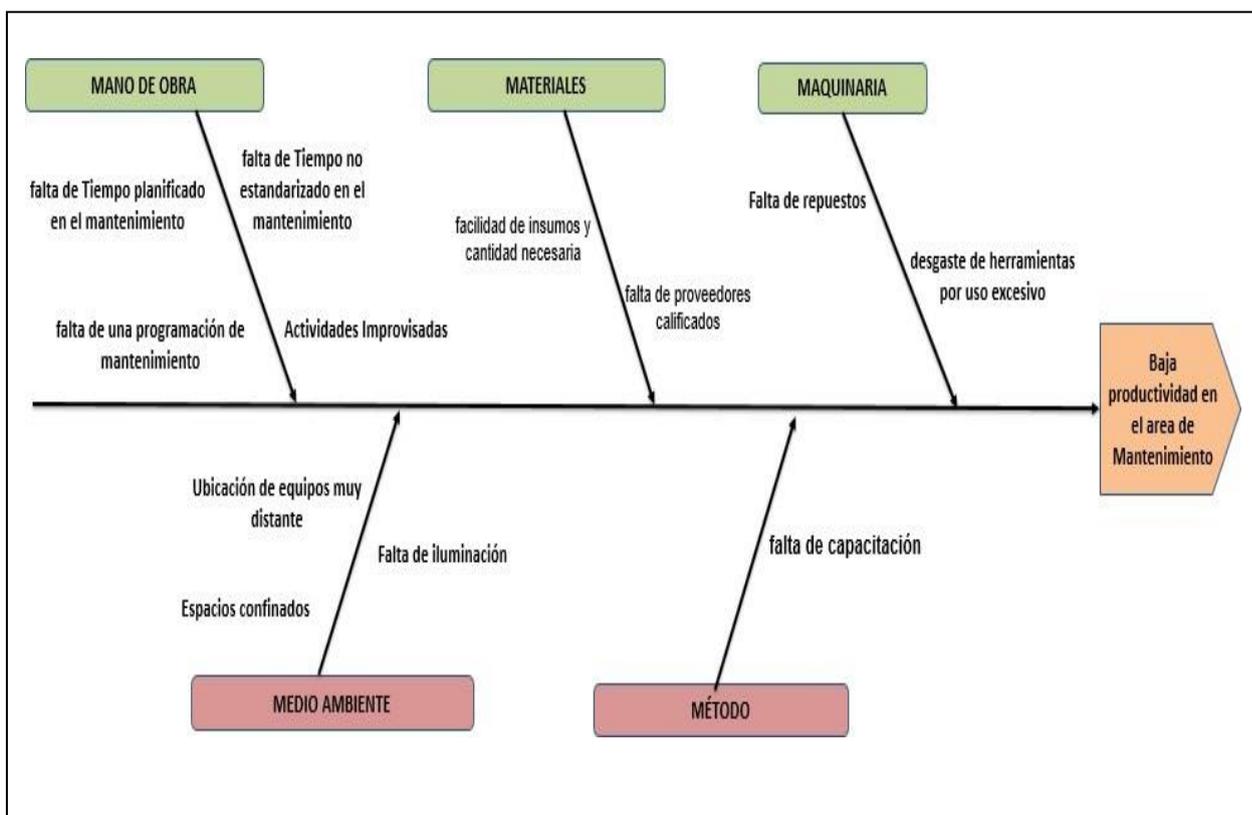
Este Cronómetro usa una batería botón LR-44 ó A-76 alcalina. Debe quitar los tornillos cabeza Phillips detrás del reloj para abrir y cambiar la batería. Se recomienda que un técnico calificado cambie la batería. La vida de la batería es típicamente un año.

Copyright © 2013-2017 FLIR Systems, Inc.

Reservados todos los derechos, incluyendo el derecho de reproducción total o parcial en cualquier medio.  
ISO-9001 Certified

[www.extech.com](http://www.extech.com)

## ANEXO 9 Diagrama de Ishikawa



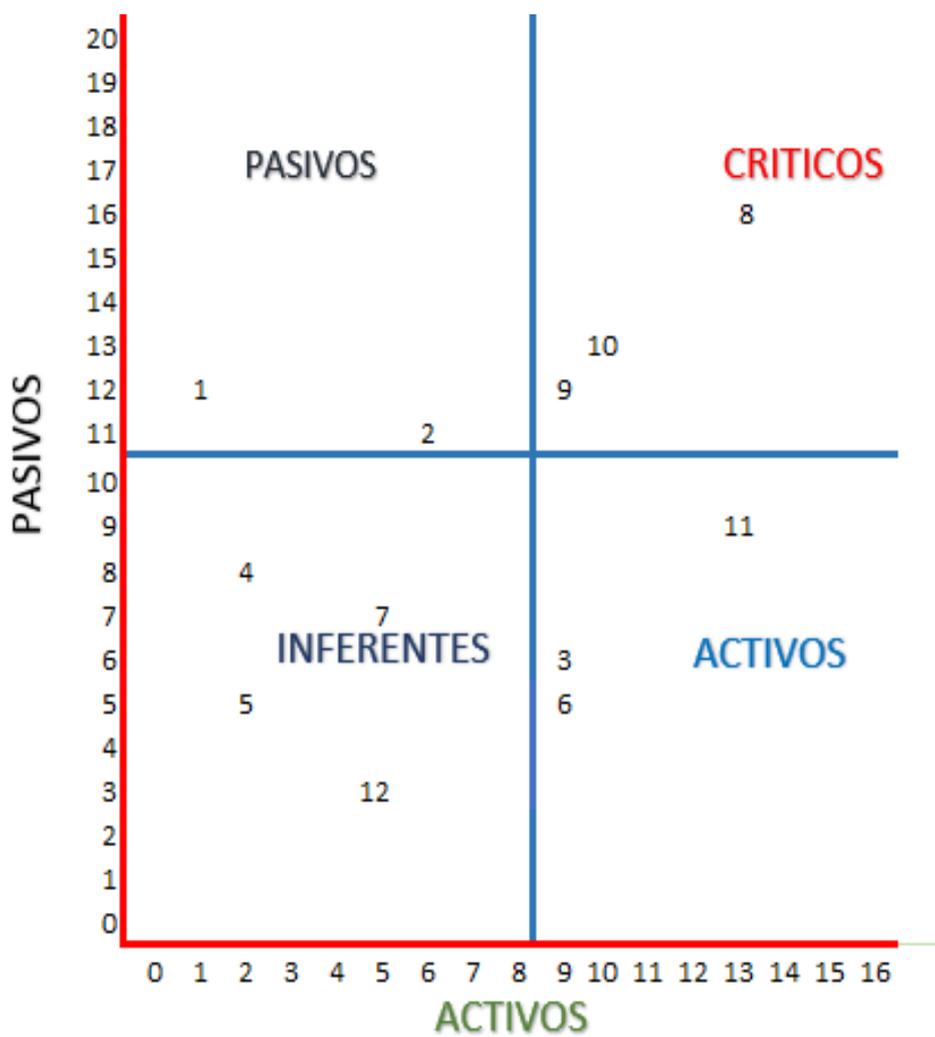
Elaboración: Fuente propia

Anexo 10 Matriz de Vester

	<b>Causas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>Activos</b>
1	Ubicación de equipos es muy distante	0	2	3	0	0	0	0	3	0	2	0	2	12
2	Falta de iluminación	0	0	0	0	0	2	3	1	0	2	0	3	11
3	facilidad de insumos	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	0	6
4	falta de proveedores calificados	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	8
5	Desgaste de herramientas por uso excesivo	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	5
6	falta de capacitación	1	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	5
7	Actividades improvisadas	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	2	0	7
8	falta de tiempo no estandarizado en el mantenimiento	0	2	3	1	0	2	0	0	3	3	1	1	16
9	Falta de una programación de mantenimiento	0	0	0	0	0	1	2	3	0	3	3	0	12
10	falta de Tiempo planificado en el mantenimiento	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	2	2	13
11	falta de repuestos	0	0	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	9
12	Espacios confinados	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
														107

Fuente: Elaboración propi

Anexo 11 Gráfico Vester



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 12 Estratificación por áreas

Causas del problema	Frecuencia	áreas
falta de Tiempo no estandarizado en el mantenimiento	16	Producción
falta de capacitación	5	Gestión
falta de tiempo no planificado	13	Producción
Actividades improvisadas	7	Producción
Espacios confinados	3	Producción
facilidad de los insumos	6	Gestión
Desgaste de herramientas por uso excesivo	5	Mantenimiento
Falta de repuestos	9	Gestión
falta de proveedores calificados	8	Gestión
falta de iluminación	11	Mantenimiento
Ubicación de equipos es muy distante	12	Producción
falta de una programación de mantenimiento	12	Gestión

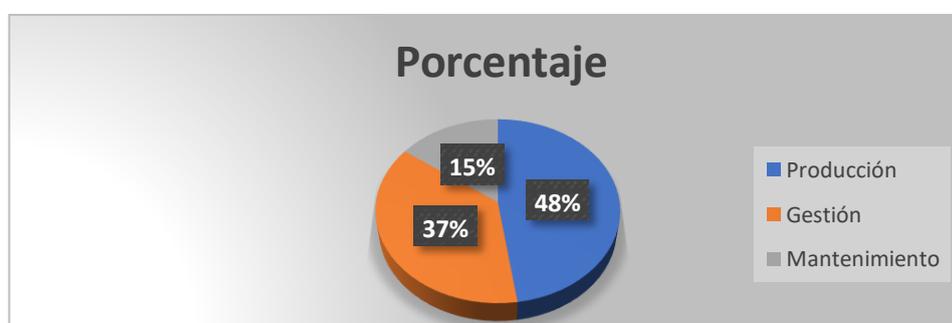
Fuente: Elaboración propia

Tabla N 1 Porcentaje de Frecuencia por área

Áreas	Frecuencia	Porcentaje
Producción	51	48%
Gestión	40	37%
Mantenimiento	16	15%
Total	107	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N 2 Porcentaje de causas por área



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 13 Matriz de alternativa de solución

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				Total
	costo	tiempo	complejidad	sostenibilidad	
MEJORA DE PROCESOS	1	1	1	1	4
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1	2	1	1	5
ESTUDIO DEL TRABAJO	2	2	0	2	6

No bueno (0), Bueno (1), Muy Bueno (2)

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 14 Matriz de Priorización

	consolidado	mano de obra	materiales	MATERIA PRIMA	Medio Ambiente	Medición	METODO	NIVEL DE CRITICIDAD	TOTAL DE PROBLEMAS	PROCENTAJE	IMPACTO	CALIFICACION	PRIORIDAD	PRIORIDAD
Gestión	0	5	3	0	2	3	Alto	13	39%	8	104	3	Gestion por procesos	
Mantenimiento	0	0	0	3	0	0	Medio	3	9%	5	15	2	Mantenimiento preventivo	
Producción	2	1	4	2	5	3	Alto	17	52%	6	102	1	Estudio del trabajo	
Total	2	6	7	5	7	6	0	33	100%	19	221	6		

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 15 Matriz de Coherencia

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>
<b>GENERALES</b>		
¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020?	Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.	El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la productividad de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.
<b>ESPECÍFICOS 1</b>		
¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020	Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.	El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficiencia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.
<b>ESPECÍFICOS 2</b>		
¿De qué manera el estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejorara la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020	Determinar como el estudio del trabajo con Crystall Ball mejora la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.	El estudio del trabajo con la simulación de Crystal Ball mejora la eficacia de una empresa P&M Automotriz, Comas, 2020.

Fuente: Elaboración propia.