



**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



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LOPEZ PADILLA ROSARIO DEL PILAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO DEL TRABAJO MEDIANTE SIMULACIÓN POR CRYSTAL BALL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA P&M AUTOMOTRIZ, COMAS, 2020", cuyo autor es LUNA SOLANO BEDER JOHON, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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.

LIMA, 02 de Enero del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LOPEZ PADILLA ROSARIO DEL PILAR <b>DNI:</b> 08163545 <b>ORCID</b> 0000-0003-2651-7190	Firmado digitalmente por: RPLOPEZP el 02-01-2021 22:21:39

Código documento Trilce: TRI - 0108034