

# FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

Carrera de Ingeniería Industrial

“Aplicación del mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para incrementar la disponibilidad de volquetes en la empresa Transervice Generales L&G, 2019”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Luis Alberto Ordinola Rugel

Asesor:

Ing. Ulises Abdon Piscocoya Silva

Lima - Perú

2020

## Tabla de Contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS .....	7
INDICE DE ECUACIONES .....	9
RESUMEN EJECUTIVO .....	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Antecedentes .....	11
1.2. Justificación .....	22
1.2.1. Justificación teórica.....	22
1.2.2. Justificación practica .....	22
1.2.3. Justificación económica .....	22
1.2.4. Justificación académica.....	23
1.3. Formulación del Problema.....	23
1.3.1. Problema general.....	23
1.3.2. Problema específico .....	23
1.4. Objetivos.....	24
1.4.1. Objetivo general .....	24
1.4.2. Objetivo específico.....	24
1.5. Hipótesis .....	25
1.5.1. Hipótesis general.....	25
1.5.2. Hipótesis específica.....	25
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	26
2.1. Antecedentes .....	26
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	26
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	30
2.2. Bases teóricas.....	36
2.2.1. Mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad.....	36
2.2.1.1. Metodología RCM .....	36
2.2.1.2. Procedimiento para la puesta en marcha.....	40

2.2.1.3. Fallas funcionales .....	44
2.2.1.4. Medidas preventivas para aumentar la disponibilidad.....	48
2.2.1.5. Disponibilidad.....	52
2.2.1.6. Tiempo promedio para reparar (MTTR).....	55
2.2.1.7. Tiempo promedio para fallar (MTBF).....	56
2.2.1.8. Diagrama de Pareto.....	56
2.2.1.9. Limitaciones que se presentaron en el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional. ....	58
2.3. Definición de términos básicos.....	59
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	62
3.1. Análisis de la situación inicial .....	64
3.2. Diagnóstico de los puntos críticos .....	74
3.3. Planificación de la implementación .....	76
3.4. Actividades para el plan de mejora.....	78
Desarrollo del AMEF.....	78
Formato para el registro de fallas .....	96
Capacitación del personal .....	100
Orden en el área de trabajo .....	103
CAPITULO IV: RESULTADOS .....	106
DISCUSIÓN.....	116
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	119
REFERENCIAS .....	122
ANEXOS .....	127

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Información de la empresa .....	11
Tabla 2 Equipos de la empresa .....	14
Tabla 3 Fortalezas y debilidades del RCM.....	38
Tabla 4 Pasos de AMEF .....	45
Tabla 5 Hoja de decisión RCM .....	51
Tabla 6 Evolución del tiempo medio entre fallas (MTBF) .....	65
Tabla 7 Evolución del tiempo medio para reparaciones (MTTR).....	67
Tabla 8 Puntuaciones de Pareto.....	72
Tabla 9 Diagrama de cumplimiento aplicado en mantenimiento centrado en confiabilidad .....	77
Tabla 10 Ocurrencia de fallos en los 5 volquetes inicial .....	79
Tabla 11 Ocurrencia de fallos en los 5 volquetes final.....	81
Tabla 12 Especificación para la detección del fallo inicial .....	83
Tabla 13 Detección de fallos en los 5 volquetes inicial .....	83
Tabla 14 Detección de fallos en los 5 volquetes .....	86
Tabla 15 Gravedad de fallos en los 5 volquetes inicial .....	88
Tabla 16 Gravedad de fallos en los 5 volquetes final.....	91
Tabla 17 RPN de fallos en los 5 volquetes inicial.....	93
Tabla 18 Prioridad de fallos en los 5 volquetes final .....	95
Tabla 19 Programa de capacitaciones .....	102
Tabla 20 Evolución del tiempo medio para reparaciones.....	106
Tabla 21 Evolución del tiempo medio entre fallas .....	108
Tabla 22 Evolución de la disponibilidad .....	110
Tabla 23 Gastos en repuestos .....	113
Tabla 24 Comparación de gastos en escenario (expresado en USD) .....	114

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa .....	11
Figura 2 Organigrama de la empresa.....	12
Figura 3 Volquetes de la empresa.....	14
Figura 4 Desarrollo de los trabajos de reparación de piezas .....	15
Figura 5 Desarrollo de los trabajos de mantenimiento preventivo .....	16
Figura 6 Almacén de abastecimientos de repuestos .....	17
Figura 7 Cantidad de vehículos en Lima y crecimiento del sector de mantenimiento ...	20
Figura 8 Fases del RCM .....	41
Figura 9 Elementos involucrados en la puesta en marcha.....	43
Figura 10 Objetivos y beneficios de AMEF.....	47
Figura 11 Fases RCM.....	49
Figura 12 Factores para la disponibilidad .....	53
Figura 13 Experiencia de campo .....	64
Figura 14 Evolución del tiempo medio entre fallas (MTBF) .....	66
Figura 15 Evolución del tiempo medio para reparaciones (MTTR) .....	67
Figura 16 Evolución de la disponibilidad.....	68
Figura 17 Diagrama de Ishikawa.....	70
Figura 18 Diagrama de Pareto .....	73
Figura 19 Ausencia de una metodología .....	74
Figura 20 Falta de formatos para el registro de fallas .....	76
Figura 21 Análisis de ocurrencia de fallos inicial .....	78
Figura 22 Análisis de Pareto para la ocurrencia de fallas inicial.....	80
Figura 23 Ocurrencia de fallas final .....	81
Figura 24 Análisis de Pareto para la ocurrencia de fallas final .....	82
Figura 25 Análisis de Pareto para la detección de fallas inicial .....	84
Figura 26 Análisis para la detección de fallas inicial .....	85
Figura 27 Análisis de Pareto para la detección de fallas final.....	86
Figura 28 Análisis de la detección de fallas final.....	87
Figura 29 Análisis de Pareto para la gravedad de fallas inicial.....	89
Figura 30 Análisis de la gravedad de fallas inicial .....	90
Figura 31 Análisis de Pareto para la gravedad de fallas.....	91

Figura 32	Análisis de la gravedad de fallas final.....	92
Figura 33	Análisis del índice de prioridad de fallo (RPN) inicial.....	93
Figura 34	Análisis de Pareto para el RPN de las fallas inicial.....	94
Figura 35	Análisis de Pareto para el RNP de las fallas final.....	95
Figura 36	Análisis del índice de prioridad de fallo (RPN) final.....	96
Figura 37	Formato para el registro de fallas (I).....	97
Figura 38	Trabajo en equipo para el llenado de formato para el registro de fallas.....	98
Figura 39	Formato para el registro de fallas (II).....	99
Figura 40	Registro de fallas.....	100
Figura 41	Instructivo para la capacitación del personal.....	101
Figura 42	Capacitación del personal.....	103
Figura 43	Check list para organización de área.....	104
Figura 44	Orden en el área de trabajo.....	104
Figura 45	Evolución del tiempo medio para reparaciones.....	107
Figura 46	Comparación del tiempo medio para reparaciones.....	108
Figura 47	Evolución del tiempo medio entre fallas (MTBF).....	109
Figura 48	Comparación del tiempo medio entre fallas (MTBF).....	110
Figura 49	Evolución de la disponibilidad.....	111
Figura 50	Comparación de la disponibilidad.....	112
Figura 51	Gastos en repuestos a lo largo de 12 meses.....	114
Figura 52	Comparación de gastos en escenario previo y posterior a la mejora.....	115

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Prioridad de riesgo AMEF .....	44
Ecuación 2 Programa de mantenimiento basado en el uso.....	43
Ecuación 3 Decisiones basadas en la confiabilidad.....	52
Ecuación 4 Disponibilidad .....	53
Ecuación 5 Tiempo medio entre reparaciones.....	55
Ecuación 6 Tiempo medio entre fallas .....	56

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de suficiencia profesional se efectúa la aplicación del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para lograr un incremento en la disponibilidad de volquetes en la empresa Transervice Generales L&G durante el año 2019, dicha empresa se dedica al transporte de carga por carretera, por lo que la disponibilidad de sus volquetes es de gran importancia para sus actividades. En este sentido, el objetivo general fue determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad de volquetes.

Para alcanzar esta finalidad fue necesario el desarrollo previo de objetivos específicos tales como establecer cuál fue la situación inicial de la disponibilidad, determinar cuáles fueron las fallas funcionales de los volquetes, conocer los procedimientos de puesta en marcha y establecer cuáles son las medidas preventivas para aumentar la disponibilidad de dichos vehículos; además, se calculó el beneficio económico de la aplicación de metodología. El levantamiento de información corresponde a un año, de dicha forma se puede evaluar los cambios de manera mucho más certera, ante ello en el escenario inicial se observa un MTTR de 3.9 y MTBF de 76.10 lo que indica un nivel de disponibilidad de 95.13%. A partir de ello, con el análisis AMEF se detalla que los factores más influyentes son las fallas en la caja de transmisión con 37%, el motor y combustible con 30% y el sistema hidráulico con 16.6%; ellos tres acumulan el 84% del problema total, por lo que es prioritario mejorarlos.

Luego de aplicar mejoras en el mantenimiento preventivo como la creación de formatos, capacitación del personal, orden en el área y el análisis AMEF, se obtuvieron solo 3 fallas de riesgo medio y 5 de riesgo bajo. Finalmente, se logra un incremento en la disponibilidad hasta el 98.8%, lo que se sustenta en un indicador MTTR de 2.25 y el MTBF de 179.5; por lo que se concluye que la aplicación de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad incrementa la disponibilidad de volquetes en la empresa Transervice Generales L&G en el año 2019.

## **NOTA DE ACCESO:**

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos  
confidenciales

## REFERENCIAS

- Afzali, P., Keynia, F., & Rashidinejad, M. (2019). A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders. *Energy Vol 171*, 701-709; <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.040>.
- Aguilera, A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Vértice.
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., . . . Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial N° 34*; , ISSN 1025-9929, 11-26.
- Alvarez, I. (2017). *Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Baena , G. (2016). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Barreda, S. (2015). *Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en la Edar de Nules*. Universitat Jaume.
- Barrera, E., & Estrada, Z. (2017). *Propuesta de mantenimiento preventivo para flotas de camiones Modelo Mack, en el plantel los cocos (Alcaldía de Managua)*. Managua, Nicaragua : Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bassiouny, A., Damcese, M., Mustafa, A., & Eliwa, M. (2016). Mixture of Exponentiated Generalized Weibull-Gompertz Distribution and its Applications in Reliability. *Journal of Statistics Applications & Probability Vol 5 N° 3*, 455-468.
- Berger, E., Yarin, A., Velásquez, C., Gambini, I., De la Cruz, L., Nuñez, L., . . . Gálvez, H. (2015). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera. *PESQUIMAT Vol 18 N° 2*, 5-18.
- Braglia, M., Castellano , D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 25 N° 4*, 612-634; <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>.

- Caballero, C., & Clavero, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Campos, I. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la Empresa de Transporte Sayvan E.I.R.L.* Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2018). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Revista Científica del Instituto Politécnico Nacional Vol 23 N° 1*, 2-16.
- Cárcel, F. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia, España: OmniaScience.
- Cárcel, F. (2016). Características del sistema TPM y RCM en la ingeniería de mantenimiento. *3C Tecnología Vol 5 N° 3*, 68-75.
- Claro, P. (2017). *Reducción del índice de riesgo y su efecto sobre el nivel de reclamos en la recarga de extintores*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Díaz, A., Villar, L., Cabrera, J., Gil, A., Mata, R., & Rodríguez, A. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. *Ingeniería Mecánica Vol 19 N° 3*, 137-142.
- Diestra, J., Esquiviel, L., & Guevara, R. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para optimizar la disponibilidad operacional de la maquina con mayor criticidad. *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación Vol 4 N° 1*, 1-10.
- Emovon, I., Norman, R., & Murphy, A. (2016). Elements of a maintenance system and tools for implementation within framework of Realiability Centred Maintenance - Review. *Journal of Mechanical Engineering and Technology Vol 8 N° 2*, 1-34.
- Garcia, I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- Gonzales, M. (2016). Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de Cobee. *Journal Boliviano de Ciencias Vol 11 N° 35*, 9-14; ISSN 2075-8936.
- González, F. (2015). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL.

- Gupta, P., & Sri, A. (2014). *Seis Sigma sin Estadística: Enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Porto, Portugal: Accelper Consulting.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hinojosa, J. (2017). *El arte de hacer una tesis*. Lima, Perú: José Adolfo Hinojosa Pérez. Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de Lima. (2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. *La Camara Vol 26*, 24-26.
- Lomte, R., Bhosle, S., Ambad, P., & Gaikwad, R. (2018). Reliability Improvement for TSR Machine of Banburry Mixer using Plant Optimization Process. *Procedia Manufacturing Vol 20*, 440-445.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Anuario Estadístico 2017*. Lima, Perú:  
[https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/anuarios/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2017.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/anuarios/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf).
- Montalban, E., Arenas, E., Talavera, M., & Magaña, R. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del modo y efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 230-240.
- Moreira, A., Silva, G., Correia, I., Pereira, T., Ferreira, P., & Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *rocedia Manufacturing Vol 17*, 623-630.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U.
- Pareja, C., Amado, J., & Gutiérrez, J. (2017). Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad de la flota de tractores del área de maquinarias en una empresa pecuaria. *INGnosis Vol 3 N° 1*, 169-182.
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). *Ingeniería del Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Madrid, España: Editorial Ingeman.
- Penabad, L., Iznaga, A., Rodríguez, P., & Cazañas, C. (2016). Disponibilidad y disponibilidad como indicadores para el transporte. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias Vol 25 N° 4*, 64-73; ISSN -1010-2760.

- Perú Construye. (2018). *Transporte de Máxima potencia*. Lima: Perú Construye.
- Plaza, A. (2009). *Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial*. Madrid, España: Lulu Editorial.
- Proaño, D., Gisbert, V., & Pérez, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *3C Empresa*, 50-56.
- Rachman, H., Kesya, A., & Mujayin, H. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri, Vol 18 N° 01*, 86-93; ISSN 1978-1431.
- Ramirez, M., & Yanac, Y. (2019). *Implementación del RCM para incrementar la productividad en una empresa convertidora de bolsas de papel, Lima, 2019*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Rey, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid, España: FC Editorial.
- Rojas, J. (2017). *Por Qué Cambiar La Forma De Hacer Minería En Chile: Una Oportunidad Para Reinventar Nuestra Oferta Profesional en la Industria*. Bloomington, Estados Unidos: Balboa Press.
- Romero, Y. (2019). *Elaboración de un plan de mantenimiento para incremento de disponibilidad de los equipos de flota en una empresa comunal*. Arequipa, Perú: Universidad Continental.
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y redacción de la tesis universitaria*. Lima, Perú: San Marcos .
- Sinha, R., & Mukhopadhyay, A. (2015). Reliability centered maintenance of cone crusher: a case study. *International Journal of System Assurance Engineering and Management Vol 6 N°1*; ISSN: 0975-6809, 32–35; <https://doi.org/10.1007/s13198-014-0240-7>.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: Marge Books.
- Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Barcelona: Marge Books.
- Soto, J. (2016). *Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes Faw en Gym S.A*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Tang, Y., Liu, Q., Jing, J., Yang, Y., & Zou, Z. (2017). A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance. *Energy Vol 118*, 1295-1303; <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>.
- Tudon, A., Zuñiga, M., Lerma, M., & Méndez, L. (2019). Implementation of the RCM methodology in pleating machine. *Journal of Quantitative and Statistical Analysis Vol 6 N°8*, 13-16.
- Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Vallencillos, M. (2017). *UF1216 - Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo otto*. Madrid, España: Editorial ELEARNING S.L.
- Vega, L. (2018). *Implementación de la metodología RCM para aumentar la disponibilidad mecánica del volquete Volvo FM1364R en la empresa Vickers Ingenieros EIRL*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Wakiru, J., Pintelon, L., Muchiri, P., & Chemweno, P. (2018). Maintenance optimization: Application of remanufacturing and repair strategies. *Procedia CIRP Vol 69*, 899 - 904 .
- Ypanaqué, S., Chucuya, R., & Esquivel, L. (2017). Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas . *INGnosis Vol 3 N° 2*, 309-322.
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo Vol 19 N° 1*, 25-37; : <http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>.