



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“Propuesta de Implementación de la Metodología del Mantenimiento Autónomo en una Subestación Eléctrica para Aumentar la Disponibilidad de la Línea de Transmisión L-123A en el año 2016”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Arias Cieza Luis Alberto
Carballido Centeno Cynthia Keren

Asesor:

Mg. Ing. Hans Vidal

Lima – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	16
1.1.1. Situación de concesionarias de transmisión eléctrica en el Perú	16
1.1.2. Responsabilidades como concesionario	17
1.1.3. Flujograma de procesos	18
1.1.4. Organigrama de empresa concesionaria	19
1.1.5. Flujograma de respuesta frente a una falla	20
1.2. Situación de la empresa en el año 2015.....	21
1.3. Formulación del problema.....	27
1.3.1. Problema General.....	27
1.3.2. Problemas Específicos	27
1.3.2.1. Problema Específico 01	27
1.3.2.2. Problema Específico 02	27
1.3.2.3. Problema Específico 03	28
1.3.2.4. Problema Específico 04	28
1.3.2.5. Problema Específico 05	28
1.3.2.6. Problema Específico 06	28
1.3.2.7. Problema Específico 07	28
1.4. Justificación.....	28
1.5. Limitaciones	29
1.6. Objetivo	29
1.6.1. Objetivo general.....	29
1.6.2. Objetivo específico	30
1.6.2.1. Objetivo específico 01	30
1.6.2.2. Objetivo específico 02	30
1.6.2.3. Objetivo específico 03	30
1.6.2.4. Objetivo específico 04	30
1.6.2.5. Objetivo específico 05	30
1.6.2.6. Objetivo específico 06	30
1.6.2.7. Objetivo específico 07	30

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	31
2.1. Indicadores de Performance OSINERGMIN.....	31
2.2. Mantenimiento Productivo Total.....	34
2.3. Mantenimiento Autónomo	41
2.4. Definición de términos básicos	48
CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....	57
3.1. Preparación.....	57
3.2. Propuesta de Implementación de la Metodología del Mantenimiento Autónomo.....	58
3.2.1. <i>Capacitación del Personal - Operador</i>	<i>59</i>
3.2.2. <i>7 Pasos del Mantenimiento Autónomo.....</i>	<i>59</i>
3.2.2.1 <i>Etapas 1 y 2: Limpieza inicial y eliminación de fuentes de contaminación</i>	<i>59</i>
3.2.2.2. <i>Etapas 3 y 4: Establecimiento de estándares e inspección general</i>	<i>68</i>
3.2.2.2.1. <i>Solución del Objetivo específico 01</i>	<i>69</i>
3.2.2.2.2. <i>Solución del Objetivo específico 02</i>	<i>70</i>
3.2.2.2.3. <i>Solución del Objetivo específico 03.....</i>	<i>71</i>
3.2.2.2.4. <i>Solución del Objetivo específico 04.....</i>	<i>72</i>
3.2.2.2.5. <i>Solución del Objetivo específico 05.....</i>	<i>74</i>
3.2.2.2.6. <i>Solución del Objetivo específico 06.....</i>	<i>75</i>
3.2.2.3. <i>Etapas 5: Inspección autónoma</i>	<i>77</i>
3.2.2.4. <i>Etapas 6: Organización y Orden</i>	<i>79</i>
3.2.2.5. <i>Etapas 7: Gestión autónoma completa</i>	<i>79</i>
CAPÍTULO 4. RESULTADOS ESPERADOS	81
4.1. Resultados de disponibilidad esperados usando los Indicadores de Performance.....	81
4.2. Presupuesto	83
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	85
5.1. Conclusiones.....	89
5.2. Recomendaciones	90
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS	95
Anexo n°. 1. Evaluación de operador.....	95
Anexo n°. 2. Monitoreo de subestación al ingreso a subestación.....	96
Anexo n°. 3. Inspección de Servicios Auxiliares	97
Anexo n°. 4. Informe Técnico Complementario.....	98
Anexo n°. 5. Planilla de Identificación de Anomalías de Operaciones.....	99
Anexo n°. 6. Indicadores de Performance Resolución OSINERGMIN N° 175-2012-OS/CD	100
Anexo n°. 7. Plan de Capacitación de la metodología del mantenimiento autónomo.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n°. 1. Empresas concesionarias en el Perú	17
Tabla n°. 2. Resumen de indisponibilidades ocurridas en el año 2015	22
Tabla n°. 3. Horas de disponibilidad e indisponibilidad (Indicadores de Performance)	22
Tabla n°. 4. Tiempo de indisponibilidad	23
Tabla n°. 5. Numero de fallas	23
Tabla n°. 6. Resumen de gastos por mantenimientos realizados en el año 2015	25
Tabla n°. 7. Indicadores de Performance	31
Tabla n°. 8. Tolerancia de Indicadores de Performance	33
Tabla n°. 9. Pasos para implantación de Mantenimiento Autónomo	41
Tabla n°. 10. Criticidad de Anomalías	79
Tabla n°. 11. Guía para uso de valores de criticidad	80
Tabla n°. 12. Valoración para asignación de criticidad	80
Tabla n°. 13. Resultado de disponibilidad con Indicadores de Performance 2016.....	82
Tabla n°. 14. Presupuesto estimado para implementación de metodología.....	84
Tabla n°. 15. Comparativo de costos de mantenimiento 2015-2016	87
Tabla n°. 16. Resumen 2015-2016	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°. 1. Sistema Eléctrico Interconectado Nacional	13
Figura n°. 2. Evolución de la máxima demanda y energía producida 2001-2015.....	14
Figura n°. 3. Interrelación entre entidades	16
Figura n°. 4. Flujograma de procesos	18
Figura n°. 5. Organigrama de empresa concesionaria	19
Figura n°. 6. Flujograma de respuesta frente a una falla en línea de transmisión año 2015.....	20
Figura n°. 7. Número de indisponibilidades en el año 2015	21
Figura n°. 8. Tendencia con Indicadores de Performance 2015.....	23
Figura n°. 9. Comparativo con Indicadores de Performance año 2015	24
Figura n°. 10. Diagrama de Causa – Efecto	24
Figura n°. 11. Diagrama unifilar de línea L-123A	25
Figura n°. 12. Patio de llaves.....	50
Figura n°. 13. Transformador de potencia.....	51
Figura n°. 14. Interruptor de potencia.....	52
Figura n°. 15. Seccionador de potencia	53
Figura n°. 16. Pararrayos	54
Figura n°. 17. Transformadores de medida.....	55
Figura n°. 18. Tableros de control, medición y protección	56
Figura n°. 19. Tableros de servicios auxiliares.....	56
Figura n°. 20. Cronograma de actividades para implementación de Mantenimiento Autónomo	58
Figura n°. 21. Layout de subestación.....	60
Figura n°. 22. Tablero frontal de cambiador de taps	61
Figura n°. 23. Caja de bornes de cambiador de taps.....	62
Figura n°. 24. Contenedor de deshumedecedor	62
Figura n°. 25. Caja de bornes de interruptor de potencia	63
Figura n°. 26. Manodensostato	64
Figura n°. 27. Caja de bornes de seccionador de potencia	65
Figura n°. 28. Contador de pararrayos.....	66
Figura n°. 29. Caja de bornes de transformador de medida	67
Figura n°. 30. Procedimiento para tableros de patio de llaves.....	69
Figura n°. 31. Procedimiento para verificar contadores de maniobra	70
Figura n°. 32. Procedimiento para monitoreo de presión SF6	71
Figura n°. 33. Procedimiento para verificación de contador de maniobras de interruptores	72
Figura n°. 34. Formato para monitoreo de subestación	73
Figura n°. 35. Procedimiento para verificación de deshumedecedor.....	74
Figura n°. 36. Procedimiento para verificación de rectificadores	75
Figura n°. 37. Formato de inspección de servicios auxiliares	76

Figura n°. 38. Formato de informe técnico complementario	78
Figura n°. 39. Flujograma de respuesta frente a una falla en línea de transmisión 2016 en adelante	81
Figura n°. 40. Tendencia de disponibilidad año 2016	83
Figura n°. 41. Comparativo de disponibilidad antes y después de la implementación	86

RESUMEN

El presente proyecto se elaboró con el fin de encontrar los mecanismos que permitan a la empresa de estudio cumplir con los contratos pactados; por ser una empresa novel en la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos carece de herramientas metodológicas originando que su proceso sea llevado de forma inadecuada, sin usar herramientas de gestión donde las fallas se contabilizan pero no se toman medidas para un control futuro. Por lo cual, se caen en incumplimientos y es alto riesgo de que apliquen penalizaciones a la empresa. Por ello se brindará una visión general de las concesionarias que operan en Perú, las responsabilidades que tienen frente al Estado, así también, un modelo de cómo está organizada y qué procesos cumple.

Las empresas concesionarias de transmisión eléctrica están regidas bajo normas estatales. El encargado de emitir esta normativa y fiscalizar su funcionamiento es OSINERGMIN. En el desarrollo del trabajo se muestra el indicador principal de esta entidad, que fiscaliza la calidad de transmisión eléctrica, reflejado en los Indicadores de Performance, que nos servirán para medir la disponibilidad de una línea de transmisión.

Posterior a lo mencionado se propone implementar el pilar más importante del Mantenimiento Productivo Total, que es el Mantenimiento Autónomo, sugiriendo la aplicación de las siete etapas de implementación, y de esta manera, mejorar considerablemente la disponibilidad de una línea de transmisión.

Con la propuesta de la Implementación del Mantenimiento Autónomo se busca cambiar el pensamiento de los operadores, pues actualmente al encontrar un problema ellos indican: “Yo opero, tú reparas” y los problemas son trasladados al área de mantenimiento.

Asimismo, con esta propuesta se busca que el operador cambie su pensamiento a: “Yo soy responsable de mis equipos”.

ABSTRACT

The present project was elaborated with the purpose of to find the mechanisms that allow the study company to comply with the agreed contracts, being a new company in the operation and maintenance of electrical systems, it lacks methodological tools, causing its process to be carried out in a way inadequate, without using management tools; where failures are accounted for but no measures are taken for future control, in that sense, they fall into defaults and therefore, high risk of applying penalties to the company. This will provide an overview of the concessionaires operating in Peru, the responsibilities they have with the state, as well as a model of how it is organized and which processes it fulfills.

The concession companies of electric transmission are governed by state regulations. OSINERGMIN is responsible for issuing these regulations and supervising their operation. In the development of the work the main indicator of this entity, which controls the quality of electrical transmission, reflected in the Performance Indicators, is shown, which will be used to measure the availability of a transmission line.

Subsequent to the above, it is proposed to implement the most important pillar of Total Productive Maintenance, which is the Autonomous Maintenance, suggesting the implementation of the seven stages of implementation, and thus the availability of a transmission line can be greatly improved.

With the proposal of the Implementation of Autonomous Maintenance, the intention is to change the thinking of the operators, because currently when finding a problem they indicate: "I operate, you repair" and the problems are transferred to the maintenance area.

Also, this proposal seeks to change the operator's thinking to: "I am responsible for my machines".

Nota de acceso:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Al Radhil, Mehdi (1997). *Moderne Instandhaltung TPM*. Ed. Hanser. 1ª. Edición. Alemania.
- Alberto Muñante (2010). *Regulación eléctrica peruana* Recuperado de:
<http://es.slideshare.net/ReddeEnergiaDelPeru/regulacin-elctrica-peruana>
- Alvarez Laverde, Humberto (2003). *Pasos Iniciales en el Desarrollo del TPM*. España
- Atlas Mudjacking LLC (2012). TTR Time to Recover. Recuperado de:
<http://atlasudjacking.com/blog/2012/06/milwaukee-sidewalk-mudjacking-repair/>
- Barriga Jara, Juan (2013). *Mantenimiento Productivo Total "TPM"*. Universidad Tecnológica de Chile. Instituto Profesional. Centro de Formación Técnica. Chile.
- CDI Consultoría (2012). Mantenimiento Productivo Total – TPM. Recuperado de:
<http://www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia>
- Chacen, Roberto (2008). Guía de autoformación y evaluación por competencias. Recuperado de:
<http://www.oitsimapro.org/uploads/3/1/9/0/31906627/gaec6.pdf>
- Chávez, Pepe (2013). Los 8 pilares del Mantenimiento Productivo Total. Recuperado de:
<https://prezi.com/ibscsvryun/los-8-pilares-del-mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Clavijo Ríos, Luz Myriam y Rodríguez Escobar (2003). *Propuesta Mantenimiento Autónomo TPM e implementación de "Limpieza e Inspección en Línea N °3 Meals de Colombia S.A.* Colombia.
- Comité de Operación Económica del Sistema (2015). Memoria Anual 2015. Recuperado de:
<http://www.coes.org.pe/Portal/Publicaciones/Memorias/>
- Cruz Reséndiz, José Manuel (2011). *Diseño de rutinas de Mantenimiento Autónomo para una línea de Inyección de Plástico. (Tesis de Ingeniería en Mantenimiento Industrial)*. Universidad Tecnológica de Querétaro. México.
- Cuatrecasas, L. (2003). *Total Productive Maintenance*. Barcelona
- Decreto Supremo N° 020-97-EM – MINEM. *Norma Técnica de los Servicios Eléctricos* (octubre 09, 1997).
- Estuardo Rivera, Luis (2013). *Implementación de la Metodología de Mantenimiento Autónomo en el área de Máquinas Envasadoras de la Planta Maisa. (Tesis de Ingeniería Mecánica)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- García Arenalde, Juan Carlos (2014). *Capacitación e Implementación de Mantenimiento Autónomo en una Máquina de Inyección*. (Tesis Ingeniería Mecánica). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- García Garrido, Santiago (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos. España.
- González Fernández, Francisco Javier (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. FC Editorial. España.
- Hernández Matías, Juan Carlos (2013). *Lean Manufacturing "Conceptos, técnicas e implantación"*. Editorial Fundación EOI. Madrid. España.
- Jiménez Ruiz, Yeini (2012). *Propuestas de Mejora Bajo la Filosofía TPM para la Empresa Cummins de los Andes S. A.* (Tesis de Ingeniería Industrial). Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingenierías - Ingeniería Industrial. Caldas. Colombia.
- Lean Manufacturing 10 (2016). TPM. Recuperado de: <http://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>
- Ley 25844 – MINEM. *Ley de Concesiones Eléctricas* (noviembre 19, 1992).
- Linton, Jonathan (2006). Preventive and Predictive Maintenance Tools, pp. 14-16. *Circuits Assembly* vol.17, No.10 (Consulta: 22 de mayo). (<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=17&hid=7&sid=3178cc66-f94e-4153-94d8-12dfda0c08e0%40sessionmgr14>).
- López Arias, Ernesto Andrés (2009). *El Mantenimiento Productivo Total TPM y la Importancia del Recurso Humano para su Exitosa Implementación*. (Tesis Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá. Colombia.
- López Rey, Susana (2012). *Implantación de un sistema de calidad y los diferentes sistemas de calidad existentes en la organización*. España.
- Mansilla del Valle, Natalia Leandra (2011). *Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la Estandarización de Procesos y Reducción de Pérdidas en la Fabricación de Goma de Mascar en una Industria Nacional*. (Tesis de Ingeniería de Alimentos). Universidad de Chile. Chile
- Martínez Sánchez, Ignacio (2009). *Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios*. (Tesis de Ingeniería de Sistemas) Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- Mejía Villegas (2003). *Subestaciones de Alta y Extra Alta tensión*. Colombia: HMV.

- Mendoza, A. (2007). *Mantenimiento Productivo Total en máquinas de impacto en una empresa galletera de la región - TPM Mantenimiento Productivo Total*. México.
- Misumi (2010). *Mean Time Between Failures of Molds (MTBF)*. Recuperado de: <http://www.misumi-techcentral.com/tt/en/mold/2010/11/060-mean-time-between-failures-of-molds-mtbf.html>
- Morales Flores, Juan Carlos (2014). *Implantación De Un Programa De Mantenimiento Productivo Total (TPM) al taller automotriz del I. Municipio de Riobamba (IMR)*. (Tesis de Ingeniería Automotriz). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Navarro López, Carlos Alberto (2015). *Implementación del Mantenimiento Autónomo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. (Tesis de Ingeniería de Mantenimiento). Universidad Tecnológica TULA-TEPEJI. México.
- Ounce Villanueva, Enrique (1998). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Ed. Cecs. 4ª. Edición. México.
- Pérez Romero, Manuel (2010). *Mejora de la eficiencia operacional de una máquina de envasado mediante TPM*. (Tesis de Ingeniería). Universidad de Sevilla. España.
- Ray Sacristán, Francisco (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM) - Proceso de Implementación y Desarrollo*. FC Editorial. España.
- Resolución N° 091-2006-OS/CD – OSINERGMIN. *Procedimiento para la Supervisión y Fiscalización del performance de los sistemas de transmisión* (Agosto 16, 2012).
- Rey Sacristán, Francisco (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. España.
- Rodríguez Gallego, Rafael y Roncallo Ramirez, César (2013). *Diseño de un plan maestro para la implantación del Total Productive Maintenance (TPM) en los procesos productivos de la empresa XAR Ltda*". Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Salvatierra Combina, Rolando (2009). *Los Contratos de Concesión en el Sector Eléctrico*. PUCP, Perú
- Seiichi Nakajima (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance - Productivity Press*. Japón.
- Socconini, Luis (2008). *Lean Manufacturing; paso a paso*. Tlalnepantla: Norma Ediciones. México.
- SPC Consulting Group (2016). TPM. Recuperado de: <http://spcgroup.com.mx/la-importancia-del-tpm/>
- Tajari, Fumio Gotoh, Tajari (1992). *TPM Implementation*. Ed. Mac Graw Hill. 1ª. Edición. U.S.A.

- Ted T. Kalal y Mark A. Levin (2003). Libro: Improving Product Reliability Strategies and Implementation. Publisher: Wiley; 1 edition (May 7, 2003). Language: English.
- Torrel, Wendy y Avelar, Víctor (2004). *Libro Tiempo medio entre fallas: explicación y estándares*. Editorial American Power Conversion. Rev 2004-0. Argentina.
- Torrents Arévalo, Juan Antonio (2006). Eficacia Empresarial, pp.1-5. (Programa de Doctorado de Administración de Empresas de la Universidad Politécnica de Catalunya) (Consulta: 10 de octubre). España.
- Trujillo Ramírez, José (2012). *Mantenimiento Productivo Total "TPM". (Gestión de Mantenimiento)*. Universidad Tecnológica de Tabasco. México.
- Tuárez Medranda César (2013). *Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM". (Maestría en la Gestión de Productividad)*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador,
- Valle (2011). Mantenimiento Autónomo. Recuperado de:
<http://www.mantenimientoplanificado.com/j/%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20AUT%C3%93NOMO.pdf>
- Resolución de consejo directivo N° 023-2015-OEFA/CD. *Tipifican infracciones administrativas y establecen escala de sanciones aplicable a las actividades desarrolladas por los administrados del Subsector Electricidad que se encuentran bajo el ámbito de competencia del OEFA* (Mayo 19, 2015).
- Vargas Monroy, Lisseth Camila (2016). Implementación del Pilar Mantenimiento Autónomo en el Centro de Proceso Vibrado de la Empresa FINART S.A.S. (Tesis de Ingeniería de Producción). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.