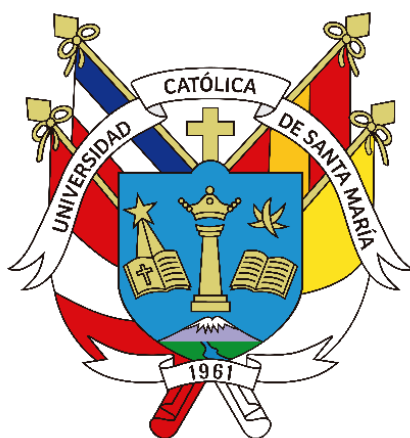


Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica



DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, PARA LA CONFIABILIDAD OPERATIVA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA - REPARTICIÓN, AREQUIPA 2023

Tesis presentada por el bachiller:

Aguirre Quispe Cristhian José

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Dr. Rivera Acosta Víctor Gonzalo

**Arequipa - Perú
2024**

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 17 de Octubre del 2023

Dictamen: 010110-C-EPIMMEM-2023

Visto el borrador del expediente 010110, presentado por:

2011190241 - AGUIRRE QUISPE CRISTHIAN JOSE

Titulado:

**DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO, PARA LA CONFIABILIDAD
OPERATIVA DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE 20 MVA- REPARTICION, AREQUIPA 2023**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

40102882 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA
DICTAMINADOR



29277716 - CUADROS MACHUCA JUAN CARLOS
DICTAMINADOR



29460348 - AREVALO DAZA JORGE LUIS
DICTAMINADOR



Diseño del sistema de gestión de mantenimiento, para la confiabilidad operativa de la subestación eléctrica de 20 MVA - repartición, Arequipa 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

6 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.ibm.com

Fuente de Internet

2 %

2

revistas.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2 %

3

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

4

Submitted to Tecsup

Trabajo del estudiante

1 %

5

repository.libertadores.edu.co

Fuente de Internet

1 %

6

de.slideshare.net

Fuente de Internet

1 %

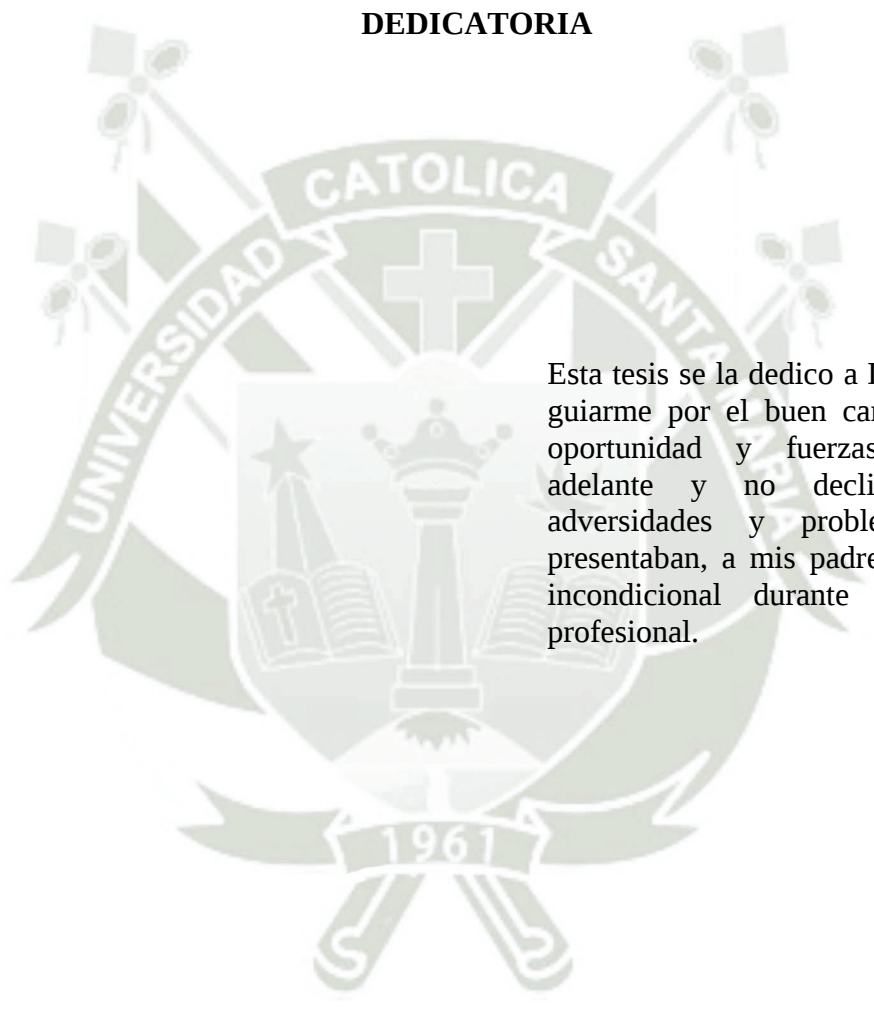
7

repositorio.uptc.edu.co

Fuente de Internet

1 %

DEDICATORIA



Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme la oportunidad y fuerzas para seguir adelante y no declinar ante las adversidades y problemas que se presentaban, a mis padres por el apoyo incondicional durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por guiarme en este camino y darme la fuerza para iniciar el camino hacia el éxito.

A los docentes, quienes compartieron sus conocimientos y guiarnos por el camino correcto, ofreciendo consejos para lograr nuestras metas

Mis más sinceros agradecimientos a el Dr. Arévalo Daza Jorge Luis quien me orientó en este camino y compartido sus conocimientos, experiencias.

Finalmente, quiero agradecer a mi esposa e hijos, que son la base de todo, en especial a mis padres, cuyos consejos me dieron y son mi constante motivación

RESUMEN

El actual desarrollo del país y el crecimiento del mismo, exige el incremento de la demanda de energía eléctrica, insumo necesario con el cual se permite poner en actividad los procesos productivos, dando el valor agregado necesarios en los productos, como también en el desarrollo de mejores condiciones de vida.

Desde un punto de vista industrial y por ende de mejoras competitivas y comparativas, las empresas manufactureras en general, para poder obtener un mejor valor en sus productos, se ven obligadas a mejorar la eficiencia de sus procesos y a exigir niveles de confiabilidad de sus suministros tanto energéticos, como de sus equipos y maquinarias que intervienen en sus procesos; es por esto también, de la importancia de un suministro constante de energía, considerando los niveles de calidad exigidos bajo normas y a través de la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento de los sistemas eléctricos, con los que permiten el suministro, y en específico de la confiabilidad y operatividad de los sistemas de transformación de las condiciones eléctricas, siendo para estas los equipos constituyentes en las subestaciones de transformación eléctrica, las mismas que requieren de esta gestión de mantenimiento, para garantizar dicho suministro que a la vez permiten conservar el buen funcionamiento y estabilidad de dicho insumo o suministro en el ámbito industrial, residencial domésticos y empresarial.

Dicho esto, me permito tomar en consideración, de que la gestión de mantenimiento, es aquel conjunto de acciones, consideraciones, técnicas e ingeniería que debe ser tomada con el objetivo de gestionar, aplicar y evaluar para preservar confiablemente las condiciones operativas de un equipo o maquinaria, a fin de impedir, evitar un desenlace de falla con la consecuente parada operacional, daño o error en sus operaciones, logrando que el equipo o

maquinaria opere a las condiciones iguales o superiores, desde el tipo de mejora para las que fue diseñado, fabricado y puesto en operación.

Las tareas de mantenimiento a ser ejecutadas, en un principio se limitaban al aspecto reactivo, correctivo, las cuales eran dirigidas a corregir fallas y cambiar piezas dañadas de los equipos importantes, resultados de los mismos daban pérdidas en tiempo, desesperación y altos costos de mantenimiento, no solo por las pérdidas en la producción, sino también por penalidades debidas a las fallas que ocasionaban desperfectos en los equipos y en la misma producción de los clientes que contrataban dichos suministros, los que eran afectados por las paradas intempestivas.

Estas actividades de reparaciones, ordenadas muchas veces por jefes inexpertos o con las condiciones carentes en las gestiones de mantenimiento, las realizaban los mismos operadores o trabajadores, los que no contaban con un conocimiento especializado en las mismas y solo se basaban en su experiencia, más aún sin hacer ningún tipo de gestión del mantenimiento, con el cual deben coordinar tanto con los usuarios, como con los proveedores para dicho servicio. Es en este sentido, y tomando en referencia lo indicado, es que presento este trabajo de tesis profesional, en la cual propongo el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para la confiabilidad operativa de una subestación eléctrica, tomando como objeto de estudio la subestación de 20 MVA de potencia, 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, evidenciando en el alcance, los objetivos con los cuales permita la confiabilidad operativa de la misma.

Palabras Clave: Sistema de Gestión de Mantenimiento, Confiabilidad, Subestación Eléctrica, eficiencia, productividad.

ABSTRACT

The current development of the country and its growth, requires an increase in the demand for electrical energy, a necessary input with which it is possible to put into activity the productive processes, giving the necessary added value in the products, as well as in the development of better living conditions.

From an industrial point of view and therefore of competitive and comparative improvements, manufacturing companies in general, in order to obtain a better value for their products, are forced to improve the efficiency of their processes and demand reliability levels of their supplies both energy, as well as its equipment and machinery involved in its processes; This is also why the importance of a constant supply of energy, considering the quality levels required under standards and through the application of a maintenance management system for electrical systems, with which they allow the supply, and specifically of the reliability and operability of the systems of transformation of the electrical conditions, being for these the constituent equipment in the substations of electrical transformation, the same ones that require this maintenance management, to guarantee said supply that at the same time allow to preserve the good operation and stability of said input or supply in the industrial, residential, domestic and business fields.

Having said this, I allow myself to take into consideration that maintenance management is that set of actions, considerations, techniques and engineering that must be taken in order to manage, apply and evaluate to reliably preserve the operating conditions of a piece of equipment or equipment. machinery, in order to prevent, avoid a failure outcome with the consequent operational stoppage, damage or error in its operations, making the equipment or

machinery operate at the same or higher conditions, from the type of improvement for which it was designed, manufactured and put into operation.

The maintenance tasks to be carried out, at first were limited to the reactive, corrective aspect, which were aimed at correcting faults and changing damaged pieces of important equipment, the results of which gave losses in time, despair and high maintenance costs. , not only due to production losses, but also due to penalties due to failures that caused damage to the equipment and the production of the customers who contracted said supplies, who were affected by the untimely stoppages.

These repair activities, often ordered by inexperienced bosses or with conditions lacking in maintenance efforts, were carried out by the operators or workers themselves, who did not have specialized knowledge in them and were only based on their experience, plus even without doing any type of maintenance management, with which they must coordinate both with the users and with the providers for said service.

It is in this sense, and taking into account what has been indicated, that I present this professional thesis work, in which I propose the design of a maintenance management system for the operational reliability of an electrical substation, taking the substation as the object of study. of 20 MVA of power, 138 kV, from the Repartición Solar Power Plant, located in the city of Arequipa, evidencing in the scope, the objectives with which it allows its operational reliability.

Keywords: Maintenance Management System, Reliability, Electrical Substation, efficiency, productivity.

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

“CONFIABILIDAD: Es la posibilidad de un equipo realice una función bajo circunstancias específicas en un momento específico.

DISPONIBILIDAD: Es la posibilidad de un equipo opere satisfactoriamente dentro de un tiempo requerido después de que comienza a operar.

FALLA: Una maquina o sistema pierde la capacidad de funcionar según las especificaciones de su estructura con las que fue construido

GAMA: Procesos fundados en las actividades de mantenimiento

INSPECCIÓN: Tarea sistemática de inspección periódica de estructuras, equipos, etc, encaminado a detectar condiciones que puedan conducir a interrupciones o desperfecto indebido del servicio. Al realizar tareas de mantenimiento de rutina, como lubricación, ajustes, limpieza, reemplazo de piezas pequeñas y pintura, podemos asegurar que los equipos permanezcan en óptimas condiciones de operación y evitar daños más extensos y costosos.

MANTENIBILIDAD: La posibilidad de que un dispositivo sea restaurado a un determinado estado utilizando ciertos recursos dentro de periodo de tiempo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Este mantenimiento de igual manera es conocido como "mantenimiento reactivo", esto ocurre después de que ocurre un error o falla, solo se evidencia cuando se revela en error en el sistema.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Este mantenimiento también es conocido como "mantenimiento planificado", esto se hace antes de que se produzca un avería o falla. Se realiza con base a la experiencia del personal a cargo, los cuales son los responsables a precisar el momento óptimo para llevar a cabo dicho proceso, los fabricantes también pueden especificar tiempos adecuados a través de sus manuales.

MANTENIMIENTO: Es un conjunto de operaciones practicas encaminadas a reparar o reponer un dispositivo a un estado en el pueda realizar sus funciones.

MODIFICACIÓN: Es el cambio en la disposición o diseño original de un equipo o estructura cambio de materiales con el fin de reducir costos y elevar la efectividad.

MODO DE FALLA: Es una causa probable de que un dispositivo entre a una condición de avería.

PLAN DE MANTENIMIENTO: Conjunto de actividades y trabajos de mantenimiento destinadas a proteger la capacidad de un activo, planteando un tiempo de ejecución y el personal asignado a realizarlo.

PLAN ESTRATÉGICO: Es un plan de gestión gerencial que consolida instalaciones y dispositivos que serán sometidos a reparaciones a gran escala dentro de un periodo de tiempo y determina el nivel de financiación y suministros necesarios para su ejecución.

PLAN OPERATIVO: Plan con el cual se precisa y plantean todas las condiciones para la realización de la actividad. Se trata de establecer metas específicas que sean medibles y alcanzables para departamentos, divisiones, equipos de trabajo y empleados dentro de una sociedad los cuales deben alcanzar en general a corto plazo y de manera concreta.

PRODUCTIVIDAD: Es la conexión entre el resultado logrado por un procedimiento de elaboración o actividades y las herramientas utilizados para adquirirlo.

REPARACION: Restitución o sustitución de las piezas defectuosas o desgastadas, descubiertas mediante verificaciones o por fallas de la operación, para devolverlas a una buena capacidad de operatividad.

SUSTITUCIÓN: El montaje de nuevos equipos en lugar de los existentes los cuales se han vuelto obsoletos, se han vuelto ineficientes o antieconómicos debido al uso excesivo, han incurrido en altos costos de mantenimiento debido a su mal desempeño.

WEIBULL: Procedimiento de suministro que permite la aplicación de tres zonas de la taza de fallas”. (Mendoza y Velásquez, 2011)

ÍNDICE

RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE	xii
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	6
1.PLANTEAMIENTO TEORICO	6
1.1 Título de la tesis.....	6
1.2 Descripción	6
1.2.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2.2 Realidad Problemática	7
1.2.3 Formulación del Problema.....	10
1.2.4 Hipótesis	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Justificación	11
CAPITULO 2	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 Subestación Eléctrica de transformación:.....	18
2.1.1 El Transformador:.....	19
2.1.2 Interruptor de potencia:.....	20
2.1.3 Restaurador:	20
2.1.4 Cuchillas Fusibles:	20
2.1.5 Apartarrayos:.....	20
2.1.6 Transformadores de Instrumentos:	20
2.1.7 Barras o buses:	21
2.1.8 Sistemas:	21
2.2 Taxonomía para un Sistema de Gestión de Mantenimiento	22
2.3 Sistema se Gestión de Mantenimiento:.....	23
2.4 Historial de Mantenimiento	28
2.5 La Orden de Trabajos.....	29
2.6 Criticidad de equipos	30
2.7 Logística de Repuestos	32
2.8 Confiabilidad Operativa:.....	33
2.8.1 La confiabilidad	33
2.8.2 La Mantenibilidad:.....	35
2.9 Tipos de mantenimiento:.....	35
2.9.1 Mantenimiento Correctivo	35
2.9.2 Mantenimiento Preventivo	38
2.9.3 Mantenimiento Predictivo.....	41
2.9.4 Mantenimiento Cero Horas	42
2.10 Técnicas de mantenimiento predictivo aplicadas en evaluaciones de sub estaciones de transformación eléctricas.	43
2.10.1 Análisis por Ultrasonidos:.....	43

2.10.2	Análisis de aceite dieléctrico:	45
2.10.3	Cromatografía de gases.....	46
2.10.3.1	Análisis Físico-Químicos.....	46
2.10.3.2	Análisis de PCB	46
2.10.3.3	Cromatografía de Furanos.....	46
2.10.4	Análisis a través de la boroscopia:	47
2.10.5	Análisis por termografía:	47
2.10.6	Normativa Aplicada al mantenimiento en Subestaciones Eléctricas:	48
CAPITULO 3	.....	49
METODOLOGÍA	.....	49
3.1	Diseño de Investigación.....	49
3.2	Variables de la Investigación	49
3.2.1	Variable Independiente	49
3.2.2	Variable Dependiente.....	49
3.3	Población y muestra	50
3.3.1	Población.....	50
3.3.2	Muestra	50
3.3.3	Muestreo	50
3.3.4	Criterios Inclusión.....	50
3.3.5	Criterios Exclusión.....	51
3.4	Operacionalización de las variables.....	51
3.5	Técnicas de Recolección de datos para la investigación	51
3.6	Método de Análisis de datos	52
3.7	Aspectos Éticos	54
CAPITULO 4	.....	55
ANALISIS SITUACIONAL	.....	55
4.1	Impuntualidad de los equipos de trabajos por parte del contratista:	55
4.2	Carente información:	56
4.3	Incumplimiento a las normativas de HSEQ – SOLARIG:	56
4.4	Inadecuada documentación de HSEQ (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad): 56	
4.5	Carencia de herramientas especializadas:	57
4.6	Personal no capacitado:.....	57
4.7	Falta de Planificación:.....	58
4.8	Homologación del personal:	58
4.9	Incumplimiento de trabajos según los programados:.....	58
4.10	Liderazgo:	58
4.11	Informes adecuados referidos a los trabajos ejecutados:	59
CAPITULO 5	.....	87
RESULTADOS	.....	87
5.1	Plan de Mantenimiento	88
CONCLUSIONES	.....	92
RECOMENDACIONES	.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	99
ANEXOS	.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Esquema de conexión de la S.E. de 20 MVA; 138 KV.	14
Figura N° 2 Partes de una Subestación Eléctrica de transformación.	19
Figura N° 3 Taxonomía para un sistema de Gestión de Mantenimiento Industrial.....	22
Figura N° 4 Plan de la Gestión del Mantenimiento Industrial.....	27
Figura N° 5 Índice de medición de la Gestión de Mantenimiento.....	61
Figura N° 6 Gráfico con los resultados aplicados bajo el instrumento de Gestión de un sistema de Mantenimiento.	86
Figura N° 7 Aspectos importantes	91
Figura N° 8 Beneficios de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	92
Figura N° 9 Diseño de Gestión de Mantenimiento para Garantizar la Confiabilidad Operativa	94

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Correctivo.....	37
Tabla N° 2 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Preventivo	40
Tabla N° 3 Esquematización del diseño de investigación.....	49
Tabla N° 4 Análisis de Datos	53
Tabla N° 5 Criterios Evaluados.....	73
Tabla N° 6 Calificación de Variables en Términos Unitarios.....	85

INDICE DE ANEXOS

Anexo I Datos de los equipos de la Subestación de transformación 20 MVA	104
Anexo II Flow sheet – Trabajos de Mantenimiento a la Unidad de Transformación Eléctrica 105	
Anexo III Pruebas del transformador – lado baja tensión	107
Anexo IV Flow sheet – Programa de Pruebas eléctricas al Sistema de Puesta Tierra	108
Anexo V Modelo de orden de trabajo para la ejecución de trabajos de Mantenimiento en la subestación de transformación de 20 MVA.....	109
Anexo VI Tipos de fallas Generales Presentadas en Subestaciones Eléctricas de Potencia 110	
Anexo VII Modelo de RCM, aplicado al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para una Subestación de Transformación Eléctrica.....	111
Anexo VIII Modelo de Historial o Servicio de Mantenimiento a Equipo – Maquinaria en la Subestación de Transformación de 20 MVA.....	111
Anexo IX Relación de Equipos y herramientas especializadas, necesarias para la ejecución de un correcto trabajo de mantenimiento en la Subestación Transformación de 20 MVA. ..	112
Anexo X Características del Personal Técnico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.....	116

Anexo XI Características del Supervisor Electricista o Electromecánico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.	117
Anexo XII Características del Supervisor de Seguridad Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.	118
Anexo XIII Características del Personal Técnico de Pruebas Predictivas para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.	119
Anexo XIV Características del Oficial Eléctrico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.	120
Anexo XV Formato y Registro de Gastos de mantenimiento de la Subestación Eléctrica de 20 MVA, 138 KV.	121
Anexo XVI Situaciones de Riesgo en la Ejecución de Mantenimiento en equipos de Subestaciones Eléctricas de Potencia.	122
Anexo XVII Ensayos Recomendaciones por la IEEE, para la determinación del estado del aceite dieléctrico en transformadores de potencia.	122
Anexo XVIII Modelo de Tabla de registro para valores permitidos y tolerante de gases en el aceite dieléctrico de un transformador de potencia.	123
Anexo XIX Fotografías de los equipos de la Subestación de 20 MVA; 138 KV.	124
Transformador de potencia	124
Anexo XX Fotografías de los equipos de prueba para la Subestación de 20 MVA; 138 KV.	125
Anexo XXI Fotografías de los equipos de la Subestación de 20 MVA; 138 KV.	126
Transformador de potencia y limpieza de TC.	126
Anexo XXII. Pruebas eléctricas al transformador de la Subestación de 20 MVA; 138 KV.	127

INTRODUCCION

Antecedentes

En referencia a los antecedentes que dan origen y motivación a este tema de tema de investigación y trabajo de tesis profesional, se recurrió a los informes técnicos de mantenimiento ejecutados en trabajos anteriores efectuados a esta por la empresa Renova encargada de hacer servicios eléctricos renovables, recursos bibliográficos de las bibliotecas virtuales de diferentes universidades internacionales, nacionales y locales; en tal sentido y para este, también los siguientes trabajos de tesis, que servirán como antecedentes, además como marco referencial para reconocer nuestras variables y para la discusión de los resultados.

Asimismo, y en consideración a los antecedentes operativos referidos éstos trabajos de mantenimiento de ésta subestación eléctrica de potencia de 20 MVA y de 138 kV, es que al no haber o tener establecido un Sistema Gestión de un plan de mantenimiento, es que los trabajos que se vienen realizando éstos desde hace varios años, obedecen solo a los informes proporcionados solo por personal operativo de la subestación, tomando en cuenta y referencia un plan de mantenimiento preventivo, periódico, que se puede denominar de costumbre, sin considerar las recomendaciones y las evaluaciones de un adecuado Sistema de Gestión de mantenimiento, establecido y basado en los principios de mantenimiento sintomático, predictivo, haciendo el adecuado uso de los recursos y técnicas de última generación, tales como instrumentos de tecnología vigente y del conocimiento científico.

En este sentido, y en consideración a los trabajos efectuados en diversos recursos de investigación, es que a continuación se detalla y describe trabajos de tesis de trabajos profesionales para optar el título profesional de ingeniero, efectuadas y relacionadas con la gestión del mantenimiento.

En el ámbito Internacional:

En el trabajo de tesis de García (2014) el mismo que presentó en la Universidad Militar Nueva Granada, Implementación del software MP versión 9, en el cual que está relacionado en la gestión de mantenimiento para control de inventarios y la planificación del mantenimiento en SaExploration, para su maestría en gerencia en logística integral tuvo como objetivo general implementación software MP: versión 9. Para lo cual elaboró un Sistema de Gestión de mantenimiento y dentro de este, un plan de gestión utilizando dicho software de gestión para el control de inventarios, concluyendo que este programa es factible su acceso y buen manejo de los colaboradores involucrados en la gestión de Mantenimiento de Activos, lo que favorece su aplicación, operación y gestión, sirve como herramienta efectiva para resolver problemas de gestión actuales dentro de una organización en un área específica de mantenimiento y gestión de inventarios.

En el trabajo de tesis profesional de maestría de Lozano y Rodríguez (2015) con el título de “Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión del metro de la ciudad de México”, trabajo presentado para optar por el grado de Maestro de Ingeniería Industrial, tuvo como objetivo general Diseñar un modelo de plan de mantenimiento que garantice el aumento de la calidad en el servicio de alta tensión del metro de México, el mismo que para este, le fue necesario realizar un estudio de los métodos de calidad que deberían adecuarse al modelo de plan de mantenimiento planificado; posteriormente en su trabajo realizó una metodología a seguir, a fin de finalizar con una evaluación en cuanto a la mejora de la fiabilidad y confiabilidad con respecto a cómo antes se aplicaba el modelo de gestión.

En el ámbito nacional:

Asimismo, en la tesis presentada por los tesistas Costta y Guevara (2012) en su trabajo de titulación “Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima, basado en la metodología Ishikawa – Pareto”, presentada para optar por su título de ingeniero industrial, tuvo como objetivo Aplicar las técnicas de gestión empresarial de Ishikawa (diagrama de Pez) y del diagrama de Pareto (80/20) para la determinación de las causas y razones por las cuales es necesario la ejecución y uso de una Gestión de mantenimiento, que en caso de no contar con esta, sería una gestión inadecuada en las empresas de servicio en la ciudad de Lima. En esta, obtuvo los datos relacionados con las causas que intervienen en las fallas o desperfectos y por ende las que afecta a la gestión del mantenimiento industrial y de los de servicios preventivos y correctivos; enfatizan que la Gestión del Mantenimiento, debiera comenzar por una solicitud o necesidad del servicio, comúnmente denominada orden de servicio (OT), para luego de la toma de datos y de la revisión de su historial de servicios, evaluados estas, se continua con el proceso de planificación, tanto de recursos materiales, humanos y financieros, necesarios para la ejecución programada de los trabajos que el servicio lo requiere; posteriormente a todo esto, se ejecuta el servicio de mantenimiento previamente planificado y programado, realizando pruebas de evaluación y puesta en marcha del equipo o maquinaria, lo cual conllevará a la realización, revisión y presentación posterior de un informe técnico, referido a los trabajos de mantenimiento realizados, en el cual se especifique los trabajos y actividades desarrolladas en dichos trabajos de mantenimiento, producto de una gestión adecuada, finalmente, presentando dicho informe junto con los documentos de facturación al cliente por el monto del servicio acordado anteriormente junto a la entrega formal del equipo.

Asimismo, los graduandos, Huarcaya y Chávez (2016) en su trabajo de tesis profesional titulada “Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad”, presentada para optar su título profesional de ingeniero mecánico, tuvo como uno de sus objetivos específicos, el uso de un Software para la Gestión de Mantenimiento especializado, en el mismo producto de una planificación y programación, estima y considera todos los parámetros relacionados con cada uno de los modos de falla críticos en dicha flota, los mismos que a partir de donde se estima valores de confiabilidad para determinados periodos de tiempo; posteriormente se calcula los indicadores relacionados para la evaluación del mantenimiento como el MTBF (Tiempo Medio entre Fallas), MTTR (Tiempo Media para reparar) y la Disponibilidad, con los que le permite observar el estado actual de la flota. Culminado su trabajo de tesis, concluyo que dentro de un modelo de gestión de mantenimiento, se permite determinar y calcular la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de la flota de cosechadoras permite mejorar el rendimiento de su producción”.

Del mismo modo, Medina (2013) en su tesis de grado profesional “Propuesta de un Plan de Mantenimiento para incrementar la Confiabilidad de la flota de camiones mineros de gran capacidad de la marca Komatsu 730E Bayóvar 2013”, en la cual tuvo como propósito general especificar la relación que existe entre el programa de mantenimiento a través de una gestión de mantenimiento y el incremento de la confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730E en Bayóvar 2013. En el desarrollo de su trabajo de tesis, realizó y ejecutó una evaluación y análisis de la situación actual y previa de la confiabilidad de la flota de camiones KOMATSU 730E, en este se pudo determinar que el número de paradas tanto programadas como no programadas presentaba un incremento, debido a la carencia de una buena gestión en el área

de mantenimiento, la misma que dentro de esta, la falta de planeación con lo cual conllevaba a no estar llevando un adecuado historial de las actividades efectuadas de equipos referidos a las actuaciones efectuadas en estos. Es por esto que mediante la implantación de un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento, puedo influir de forma adecuada y en beneficio para la empresa, permitiendo analizar de la data e la información recopilada, la misma que la aplico a través del instrumento del diagrama de Pareto, con la finalidad de identificar los principales sistemas que causan mayores interrupciones operativas en los equipos; es decir que determino el 80/20 de estas.

De igual manera, el tesista Palacios (2013) en su trabajo de tesis profesional para optar el título profesional de ingeniero mecánico “Propuesta de un Programa de Mantenimiento para incrementar la Confiabilidad en las Excavadoras Hidráulicas Komatsu PC4000-6 Bayóvar – 2013”, tuvo como objetivo general, definir la relación intrínseca que existe entre el plan de mantenimiento y la confiabilidad de las excavadoras hidráulicas Komatsu PC4000-6 en Bayóvar 2013; para lo que tuvo que realizar un estudio situacional en un escenario inicial y final, a fin de evaluar de qué manera se manejaba los trabajos de mantenimiento desde los organigramas institucionales, para luego realizar un programa o sistema de gestión de mantenimiento en el cual le permitió indicar las actividades o pautas semanales programáticas que se realizaron en las excavadoras; asimismo, le fue necesario hacer una análisis exhaustivo de un flujograma, considerando a su vez la gestión de repuestos en almacén como tema de gestión logística en donde determinó la cantidad de repuestos y accesorios que requerían los trabajos de mantenimiento, identificando los repuestos necesarios dependiendo de su criticidad, previo análisis de esta.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1. PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1 Título de la tesis

“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO, PARA LA CONFIABILIDAD OPERATIVA DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE 20 MVA-REPARTICION, AREQUIPA 2023”.

1.2 Descripción

1.2.1 Planteamiento del problema

Muchos de los trabajos efectuados con o sin programas de mantenimiento empleados en la industria de la generación, distribución y transformación de energía eléctrica debido a las nuevas tecnologías en mantenimiento centrado en la confiabilidad han quedado caducos a lo largo de los últimos tiempos; por tal razón, resulta indispensable, contar con un Sistema de Gestión de Mantenimiento, con el cual se permita efectuar labores adecuadas, oportunas y eficientes con el menor costo posible, ofreciendo confiabilidad en los sistemas de una subestación eléctrica de transformación, cumpliendo con los estándares de mantenimiento y de calidad hacia los clientes, bajo normas establecidas.

Debido a la que la mayoría de las subestaciones eléctricas y dentro de estas los transformadores tienen varias décadas de funcionamiento, el solo hecho de variar su pintura para conservar el recubrimiento de la corrosión es una actividad muy esencial, permitiendo prever un mayor daño y extendiendo su vida útil.

Es por esto que en el presente trabajo de tesis se pretende diseñar un sistema de gestión de mantenimiento que sea la base o referencia para la ejecución de dichos trabajos con el objetivo de efectuar los mismos de manera organizada, coordinada responsable, cumpliendo con los estándares, reglamentaciones y normas vigentes.

1.2.2 Realidad Problemática

Actualmente la mayor parte de los países del mundo, cuando se acude a diversos establecimientos en los cuales se presta diversos tipos de servicios de salud, bienestar, comercialización y de manufactura, se espera que los productos y servicios sean de calidad y acorde a las normativas establecidas, tal es el caso por ejemplo en el sector salud, en la que en estos “puedan facilitar atenciones médicas, oportunas y sobre todo que se tenga equipos de alta tecnología que sean confiables y que garanticen” (Garcia & Pessah, 2015) que el tratamiento a la enfermedad que uno se va a tratar, va a ayudar en la mejoría; sin embargo, y tal lo mencionado anteriormente como en este ejemplo, no ocurre tal y como se espera o con la confiabilidad esperada, ya que por lo general en los diversos tipos de establecimientos prestadores de servicios, se presentan muchas veces consecuencias graves, con presencia de fallas, interrupciones, a causa de fallas en el suministro de energía eléctrica, debido estos a fallas suscitadas en los equipos, instrumentos, maquinarias con los cuales se presta el servicio y que para los cuales, la disponibilidad de energía eléctrica necesaria, es imprescindible para el funcionamiento de los equipos que son necesarios en la prestación de servicios e incluso como insumo en los procesos manufactureros.

Estas fallas muchas veces son a causa de las condiciones incorrectas en la elaboración y ejecución de las buenas gestiones de mantenimiento, con las que al no ser adecuadas, no

pueden garantizar la fiabilidad y a la vez la confiabilidad de una operación adecuada de los equipos, y esto muchas veces por falta de conocimiento, “de gestión por el manejo de mantenimiento que se le puede asignar en estos de manera adecuada y controlada de los equipos, aspecto que de todas maneras afectan el desempeño de un buen servicio y calidad de un producto final”. (Chavez, 2014)

Es en este sentido, que considero importante indicar que, la situación actual en nuestro país y en todos los sectores, están vulnerables a interrupciones por cortes de energía eléctrica, y en especial en los servicios de prestación del sector salud y dentro de los hospitales, “no evade a lo ocurrido en gran parte de países de Latinoamérica, por el contrario, es muy parecido respecto a la calidad de energía eléctrica y merece indicar en este sector” (NEWBROUG, 2011), ya que los equipos utilizados en beneficio de la salud, son de alta tecnología que requieren de una adecuada calidad de energía y están vulnerables muchas veces a los cortes intempestivos de alimentación eléctrica a causa de fallas en los equipos eléctricos que la suministran.

La disponibilidad y confiabilidad de un suministro seguro y constante de energía eléctrica, acorde a los lineamiento de calidad, se hacen cada vez más necesarios y exigentes, considerando que la energía eléctrica es uno de los insumos importantes en el desarrollo de múltiples procesos en beneficio de la humanidad, tanto en el sector salud, manufacturero, industrial, etc.; en tal sentido, con el fin de “mantener en buena condición útil todos las partes que integran” (Mendoza y Velásquez, 2011) los equipos de una subestación eléctrica; es por esto que, se hace imprescindible contar con un Sistema de Gestión de Mantenimiento, el cual incluya todos los aspectos de mantenimiento correctivo y este en todas sus modalidades,

preventivo y predictivo y al mismo tiempo que consista en la revisión física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas de los equipos, sin dejar de lado los instrumentos de gestión tales como los historiales, la planificación, la programación y reporte.

Asimismo, es importante considerar que las subestaciones eléctricas transforman energía de miles de voltios a niveles que son necesarios en los sistemas de utilización, los cuales una vez que ocurre un cambio, la electricidad puede ser canalizada de forma segura a los diferentes usuarios domiciliarios, comerciales e industriales; para poder suministrar el voltaje adecuado; toda instalación, necesita alcanzar una interacción perfecta con todos sus componentes, sobre todo con sus transformadores, interruptores de circuito, relés de protección, sistemas de medidas, etc.; en tal sentido, tener en perfectas condiciones de funcionamiento de todos estos componentes, es un procedimiento esencial para garantizar un buen desempeño y la garantía de un perfecto y adecuado suministro de potencia y energía.

Un sistema de gestión de mantenimiento de subestaciones eléctricas, persigue y soporta que el servicio se interrumpa lo menos probable, y este de manera programada, coordinada y segura, siendo su propósito fundamental es que únicamente dejen de operar de forma planeada para implementar, ejecutar un plan de mantenimiento preventivo y limpieza, dentro de una gestión adecuada de mantenimiento; de no realizarlo, los paros no programados, tienen como consecuencia costosas reparaciones y tareas no contempladas por parte del personal, las que comenzarán a afectar negativamente en los estados financieros y actividades de una compañía, además en los pagos de penalizaciones por incompetencias operativas, además por la carencia de calidad en el suministro

Una variedad de problemas por no contar con un Sistema de gestión de Mantenimiento, puede afectar el rendimiento y confiabilidad de una subestación eléctrica, ya que, lo importante es localizar fallas potenciales que puede mitigar el costo y la complejidad de las reparaciones, lo que se tiene que efectuar con un sistema adecuadamente diseñado y aplicado en la gestión de mantenimiento.

1.2.3 Formulación del Problema

¿La aplicación de un modelo referido al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento, permitirá la confiabilidad operativa de la subestación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de la Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa 2023?

1.2.4 Hipótesis

Hi: La aplicación del modelo de Sistema de gestión de mantenimiento para la subestación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de la central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, permite la confiabilidad operativa de la misma.

Hn: La aplicación del modelo de Sistema de gestión de mantenimiento para la subestación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de la central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, no permite la confiabilidad operativa de la misma.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para garantizar la confiabilidad operativa de la subestación eléctrica repartición de 20 MVA; 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Establecer la situación presente, respecto de la dirección de mantenimiento aplicada para la sub estación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, previa a los trabajos de mantenimiento a ejecutarse.
2. Desarrollar una herramienta de medición que permita analizar la Gestión del Mantenimiento.
3. Diseñar el sistema de gestión de mantenimiento, con el que se pueda garantizar la confiabilidad operativa de la subestación la subestación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.
4. Analizar y evaluar el sistema de gestión de mantenimiento respecto a la magnitud de confiabilidad definitiva de los equipos de la subestación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

1.4 Justificación

Tomando en cuenta que, a lo largo de la historia y en particular de los procesos productivos industriales, los cuales han existido desde términos del siglo XIX, la aplicación mantenimiento ha recorrido diferentes etapas. Al comienzo de la revolución industrial, los

propios operadores eran responsables de las reparaciones inesperadas e intempestivas de los equipos. A medida que las máquinas se volvieron más complejas, aumento el compromiso con el mantenimiento y empezaron a surgir los primeros departamentos de mantenimiento, cuyas actividades diferían de las de los operadores de producción. Las actividades en estos dos periodos eran esencialmente correctivas, reactivas, brindando todo su empeño a solucionar los problemas de manera inmediata y a cualquier costo. Modo tal que la reparación de las fallas que se producían en los equipos, tenía que ser eliminadas, sin tener ningún análisis de las causas ni registro de las operaciones, ya que las áreas encargadas del mantenimiento, se subordinaban y existían a cargo del área productiva, dejando a las actividades de la gestión de mantenimiento en una posición secundaria y dependiente.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y especialmente en la Segunda, Guerra Mundial, aparece la idea de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento examinan no sólo resolver las fallas intempestivas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, nace la idea de anticipar, actuar oportunamente para que no se originen. Esto constituye formar una nueva etapa en los departamentos de mantenimiento, permitiendo que el grupo de trabajo se especialice y que cuya función sea estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas catastróficas que originan paradas intempestivas en las maquinarias y en los procesos de producción con consecuencias perjudiciales en la economía empresarial; asimismo, con esto impedir que el personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumente, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitando las pérdidas por averías y sus costes asociados; en este escenario aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el

Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM), este último como un estilo de la propia gestión de mantenimiento, el cual se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección; es decir que podríamos indicar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica, el cual está contemplado en un Sistema de gestión de Mantenimiento.

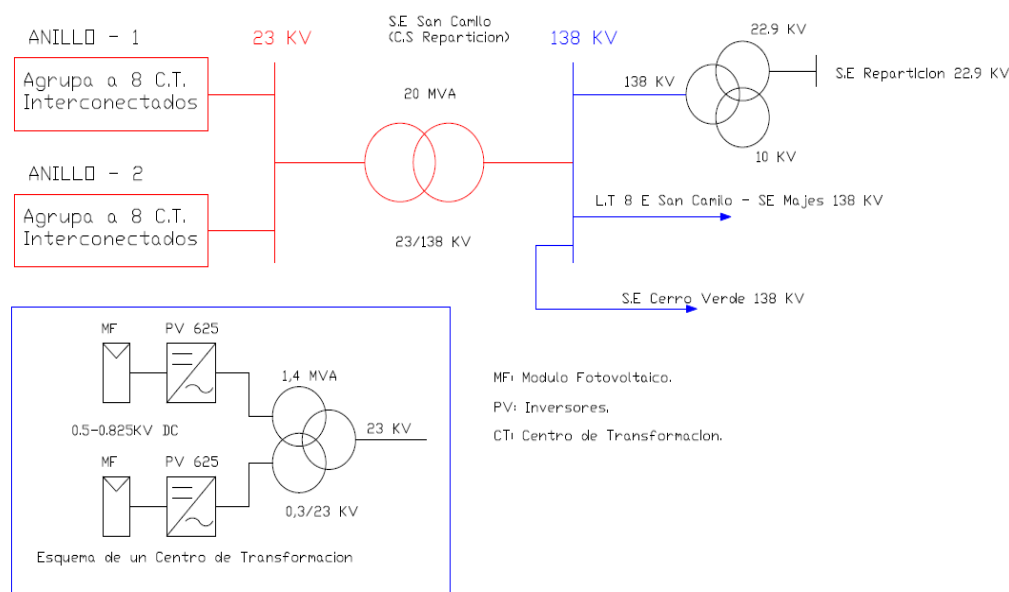
Paralelamente a todo esto, sobre todo en la década de los años 80, empieza a incluirse la idea de que consigue ser beneficioso regresar de nuevo al modelo original: que los operarios de fabricación se ocupen del mantenimiento de los equipos, para lo cual se mejora el TPM (Mantenimiento Productivo Total), en el que algunas de las tareas normalmente efectuadas por el personal de mantenimiento, ahora deben ser ejecutadas por los mismos operarios de producción o del sector productivo, siendo estas tareas las referidas y transferidas a trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones, con lo cual se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir Cero Averías.

El TPM y RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos, todo esto de manera planificada y dentro de un sistema de gestión de mantenimiento; posteriormente, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM; en otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

En tal sentido, el presente estudio de investigación, que es un trabajo de tesis profesional, se justifica de manera práctica ya que el diseño del sistema de gestión de mantenimiento, beneficiara directamente a las operaciones confiables de una subestación eléctrica de potencia de 20 MVA de 138 kV, en la Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, la cual es un proceso de transformación de tensión que es considerada como critica.

Se justifica desde el punto de vista social, ya que a través de estas se alimenta a la S.E. Repartición en 22.90 kV, S.E. San Camilo, S.E. Majes en 138 kV y S.E. Cerro en 138 kV de la ciudad de Arequipa, tal como se puede ver en la siguiente figura N° 1.

Figura N° 1 Esquema de conexión de la S.E. de 20 MVA; 138 KV.



Nota: Reporte RENOVA, Servicios Eléctricos y Renovables, 2023

En consideración de que dicha subestación de transformación eléctrica, es de condición crítica, será necesario e imprescindible efectuar un análisis detallado de criticidad de todos sus componentes, permitiendo con esto definir de manera disgregada a un más la criticidad, obligando a tener un sistema de gestión debidamente definido de mantenimiento y todo esto para evitar o disminuir las posibles fallas que originen la parada o el corte imprevisto de suministro eléctrico en perjuicio de sus usuarios, como también a optimizar el gasto y costos en la realización del mantenimiento o remplazo oportuno de sus componentes, dando y garantizando con esto una mayor confiabilidad, fiabilidad y mantenibilidad a dicha subestación eléctrica, con el consecuente beneficio de utilizar estos dentro de su ciclo de vida de cada uno de sus equipos.

Asimismo, con este sistema, se beneficia a las empresas y las personas usuarias que son atendidas con el suministro de energía en las localidades antes señaladas.

Se justifica dicho estudio desde el punto de vista económico, ya que al tener un Sistema de gestión de mantenimiento, disminuirá los costos económicos tanto para la ejecución del mantenimiento, como los relacionados al riesgo, y más aún, cuando estos equipos se encuentren en funcionamiento, los cuales “no tengan fallas y por lo cual tengan que detenerse intempestivamente, siendo ésta la forma se contribuirá en la elaboración de investigaciones próximas en cuanto al progreso del mantenimiento que reducirá las fallas de los equipos en un futuro”. (Arevalo, 2016)

Este trabajo de investigación también se justifica desde el punto de vista técnico, ya que la gestión del plan estratégico de mantenimiento, la planificación y programación de recursos,

las tácticas de mantenimiento, reducirán los stocks, aumentando el mejor desempeño de sus equipos, permitiendo la fiabilidad y con esto la confiabilidad de los equipos.

En consideración a que uno de los principales objetivos de las empresas usuarias de la energía eléctrica y en especial de distribución de energía eléctrica, es mantener la calidad de energía eléctrica que oferta a sus clientes finales o intermedios, es necesario que la confiabilidad de sus equipos sea tal que, garantice de principio un alto grado de confiabilidad operativa y con éste de disponibilidad con lo que a través de esto, estaría garantizando y cumpliendo con las reglamentaciones de garantía en el suministro de potencia y energía a la red o a los clientes finales.

Hoy en día las consideraciones de calidad vienen siendo controladas por organismos estatales, tales como Osinergmin, los cuales exigen y determinan los parámetros de calidad con que un distribuidor debe ofrecer y cumplir con sus clientes finales.

Para todo esto existen y se utilizan equipos con mediciones complejas de larga duración se utilizan para identificar la causa de las perturbaciones en la red; así también, con diversos equipos de mantenimiento predictivo, con los que determinan las predicciones de las condiciones funcionales de los equipos a través de su análisis de data; con estos que son de tecnología de avanzada se puede establecer las condiciones sintomáticas de los equipos de una subestación eléctrica, dando resultados predictivos que permitan de una u otra manera establecer gestiones de mantenimiento preventivo.

Tomando en consideración lo antes indicado, es que, en algunos casos, las mediciones o las variaciones de estas, considerados en el Sistema de Gestión de Mantenimiento, pueden recomendar a tomar con las correctas consideraciones técnicas en la construcción de nuevas

subestaciones para garantizar un suministro eléctrico de calidad y de confiabilidad; sin embargo, se debe tener cuidado con darles la debida gestión de mantenimiento, con la cual lograrían aspectos importantes controlando:

- Aumentos de las pérdidas
- Problemas de calidad de la tensión en el suministro
- Problemas de calidad de la energía
- Poca fiabilidad
- Disponibilidad
- Mantenibilidad
- Confiabilidad

En tal sentido, es justificable la realización del presente trabajo de investigación y trabajo de tesis profesional, considerada como una propuesta referida al diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento, con el que se permita asegurar la confiabilidad operativa de una sub estación eléctrica de potencia de 20 MVA, de 138 kV, en la Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

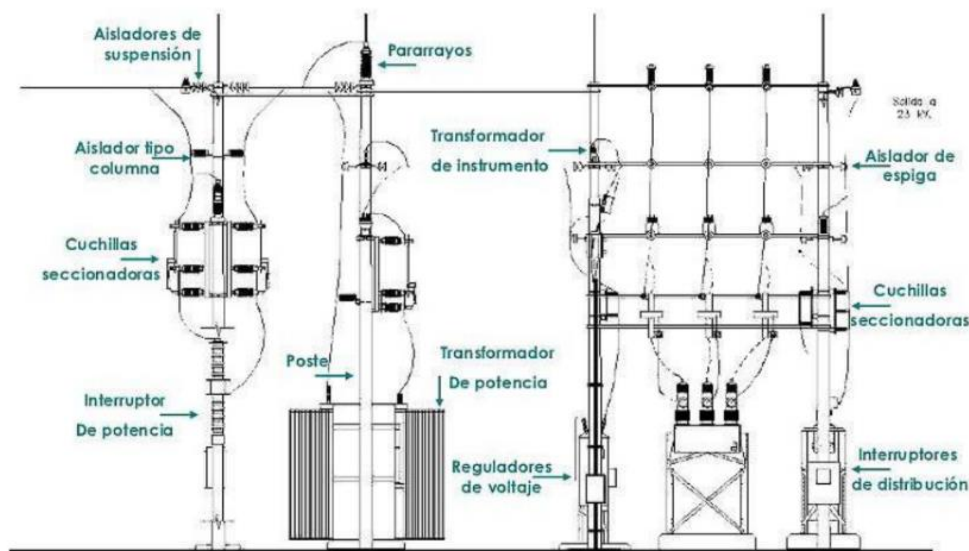
2.1 Subestación Eléctrica de transformación:

Tomando en cuenta que para que la energía eléctrica en condiciones de utilización y acorde a los requerimientos de los usuarios intermedios o finales de consumo, atraviesa un extenso camino que comienza en las centrales generadoras. Las subestaciones son uno de los subsistemas que constituyen el sistema eléctrico, su función operativa, es variar los parámetros de la energía para hacer probable su transmisión y distribución.

Las subestaciones eléctricas son sistemas que participan en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. “Dichos sistemas están compuestos por diversos dispositivos capaces de cambiar los parámetros de la potencia eléctrica especialmente de tensión y corriente además que son un mecanismo de interconexión y despacho entre las distintas líneas de un sistema eléctrico” (Harper, 2008).

Los parámetros eléctricos que se deben tener en cuenta para definir el tipo de construcción y los equipos y aparatos de las subestaciones son: la tensión que requiere la instalación, el nivel de aislamiento aceptable en los aparatos, la corriente máxima y la corriente de corto circuito. En la figura N° 2 se muestra las partes de una subestación.

Figura N° 2 Partes de una Subestación Eléctrica de transformación.



Nota: Enríquez Harper, 2008

Los elementos principales y característicos de una subestación eléctrica son:

2.1.1 El Transformador:

Máquina eléctrica que en algunos casos es considerada como estática; sin embargo, por el flujo magnético que va en movimiento no es del todo estática, la cual transfiere energía eléctrica magnéticamente de un circuito a otro conservando la frecuencia constante; opera bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos que están enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente (Harper, 2008)

2.1.2 Interruptor de potencia:

Instrumento de potencia que interrumpe y restablece la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción se debe efectuar con carga o corriente de corto circuito (Harper, 2008).

2.1.3 Restaurador:

Se trata de un interruptor de aceite de bajo poder de corte con tres contactos colocados en el mismo depósito. Estos dispositivos están diseñados para funcionar con tres reinicios y cuatro intervalos de arranque. Esto indica que el error es permanente y deberá cerrarlo manualmente la última vez que lo abra, en caso de existir ésta.

2.1.4 Cuchillas Fusibles:

Elementos para conectar y desconectar circuitos eléctricos, los mismos que tienen dos roles: una como cuchilla “desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y otra como elemento de resguardo; el elemento de resguardo lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra en el interior del cartucho de conexión y desconexión”. (Harper, 2008)

2.1.5 Apartarrayos:

Dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, la cual puede ser una descarga atmosférica; “su funcionamiento se basa en la conformación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se obtiene el valor para el cual esta calibrado o medido; este es un dispositivo de protección.” (Harper, 2008)

2.1.6 Transformadores de Instrumentos:

Necesarios para efectuar las mediciones de suministro o de consumo; existen dos tipos: transformadores de corriente (TC), cuya obligación esencial es modificar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario; y transformadores de potencial (TP), cuya obligación fundamental es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. “Estos valores o registros, funcionan como lecturas en tiempo real para instrumentos de medición, control o resguardo que necesiten señales de corriente o voltaje” (Harper, 2008).

2.1.7 Barras o buses:

Necesarios para las terminales de conexión por fase.

2.1.8 Sistemas:

- Dentro de los más utilizados se tiene:
- Sistema de protección contra sobre voltaje y sobre corriente
- Sistema de medición y control Sistema de barras colectoras o buses
- Sistemas auxiliares: sistema de enfriamiento, filtrado de aceite, presión etc.
- Los niveles de tensión del sistema eléctrico nacional, según lo obtenido por CNE son:
- Para transmisión: 161, 230 y 400 kV.
- Para subtransmisión: 69, 85, 115 y 138 kV.
- La red de distribución está conformada por las líneas de subtransmisión con los niveles mencionados con anterioridad son de 69, 85, 115 y 138 kV; así como las de distribución en niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV y baja tensión.
- Para distribución en plantas industriales: 34.5 kV, 23 kV, 13.8 kV, 4.16 kV, 440 V, 220/127 V.

2.2 Taxonomía para un Sistema de Gestión de Mantenimiento

La norma ISO 14224 define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, etc.), la taxonomía es representada en forma de pirámide como se observa en siguiente figura y representa la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. Para realizar el RCM (Sistema de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), se puede utilizar como insumo la taxonomía, el diagrama de límites de equipo y la subdivisión de equipo que recomienda esta norma. En la figura N° 3 se observa la taxonomía de acuerdo a la norma ISO 14224

Figura N° 3 Taxonomía para un sistema de Gestión de Mantenimiento Industrial



Nota: CITE, Energía, Norma ISO 14224, 2023

2.3 Sistema de Gestión de Mantenimiento:

La gestión del mantenimiento está relacionada a la administración y organización de diferentes recursos para supervisar la disponibilidad y el rendimiento de la unidad industrial a un nivel determinado. A su vez, apoya a las empresas a costear sus recursos al tiempo que verifican el tiempo y los costes para asegurar la máxima eficiencia del proceso de fabricación y las instalaciones relacionadas. A la postre, es un instrumento que ayuda a garantizar una característica fiable y satisfactoria de la producción, la seguridad de los empleados y la custodia del medio ambiente. Un ejecutivo, jefe o gerente de mantenimiento debe disponer de un profundo conocimiento de los procedimientos de la empresa y necesita saber qué operaciones son las más fundamentales para el éxito de la empresa. Ese conocimiento ayudará al encargado de mantenimiento a planificar tareas como las reparaciones en orden de prioridad, y otorgar los recursos en primera instancia a las actividades de mantenimiento más significativas. “Las actividades de mantenimiento están asociadas con la reparación, reemplazo y mantenimiento de componentes o de algún grupo identificable de pieza en una planta de fabricación, de modo que pueda seguir funcionando con una «disponibilidad» específica durante un período determinado” (Mora, 2003)

La Gestión del Mantenimiento, esta dada por el conjunto de operaciones efectuadas con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa de un equipo, maquinarias o sistema productivo, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos, alcanzada con esto una mayor confiabilidad y disponibilidad por ende de dicha operación.

Un sistema de gestión de mantenimiento o denominado por sus siglas un CMMS, es un panel de control o software que reúne la información de mantenimiento y ayuda los procesos de las operaciones de mantenimiento. Asimismo, ayuda a mejorar la aplicación y la

disponibilidad de equipos físicos como vehículos, equipos, maquinaria, comunicaciones, infraestructuras de planta y otros activos. Los sistemas CMMS, también conocidos como CMMIS o sistema de información de dirección de mantenimiento computarizado, se encuentran en la fabricación, en todos los procesos de fabricación y manufacturas, la producción de petróleo y gas, la formación de energía, la construcción, el transporte y otros sectores en los cuales la infraestructura física es fundamental.

El núcleo de un CMMS es su data o base de datos, con los que se puede efectuar un control, análisis para la toma de decisiones, además cuenta con un modelo de datos que organiza la información sobre los activos que una organización de mantenimiento se encarga de mantener, así como el equipo, los materiales y otros recursos para hacerlo.

La información que reside en una base de datos dentro de un CMMS, da soporte a varias funciones del sistema, lo que habilita las siguientes prestaciones, tales como:

Gestión de recursos y mano de obra: el cual consiste en realizar un seguimiento de la data de cada uno de los trabajadores con las certificaciones de empleados y equipos disponibles, también para la asignación de tareas específicas y los trabajos para la ejecución del montaje e instalación como de los trabajos de mantenimiento a ejecutar en los equipos, planificar turnos de labor y coordinar tarifas de pago.

Registro de activos: Necesarios para reunir, acceder y compartir información de cada uno de los activos con que cuenta una organización o empresa, tales como:

Data del fabricante o proveedor del equipo y de sus repuestos

Modelo, número de serie y clase y tipo de equipo o maquinaria en cuestión

Costes y códigos asociados

Ubicación y posición del equipo en el desplazamiento de la empresa y este en las diversas ubicaciones en las plantas de la misma.

Estadísticas de rendimiento y tiempo de inactividad, a través de los indicadores de mantenimiento.

Documentación, grabaciones e imágenes asociadas, como manuales de reparación, procedimientos de seguridad y garantías.

Disponibilidad de medidores, sensores e instrumentación del Internet de las cosas.

Gestión de órdenes de trabajo: importante documentación y relevante para el historial de las actividades de reparaciones e intervenciones de mantenimiento que normalmente ésta es considerada la función principal de CMMS, la gestión de órdenes de trabajo incluye información como:

Número de orden de trabajo, correlatividad.

Descripción y prioridad.

Tipo de orden de trabajo para su ejecución (reparación, sustitución, planificada).

Códigos de las causas y solución como un tema de las consecuencias.

Personal asignado y materiales utilizados en cada una de las intervenciones de reparación o mantenimiento.

La gestión de órdenes de trabajo también adjunta prestaciones necesarias para:

Automatizar y de manera correlativa la creación de órdenes de trabajo.

Reservar, mantener y gestionar de manera ordenada y oportuna los materiales y equipos.

Planificar y asignar recursos específicos y especializados, tales como empleados, técnicos especialistas, equipos y turnos.

Revisar el estado y realizar un seguimiento del tiempo de inactividad de los equipos y maquinarias.

Registrar costes reales y planificados, discriminando los costos fijos, variables, directos e indirectos, con los cuales se estimará los costos de actividad e inactividad de un activo sea este maquinaria o equipo.

Incluir documentación, elementos de seguridad y reparación asociados, de los cuales se pueda utilizar como medios probatorios y de evidencia en dichos trabajos e intervenciones de mantenimiento.

Tipos de Mantenimiento: en el mismo que se incluye automatizar la iniciación de órdenes de trabajo en función del tiempo, la tendencia o sucesos desencadenantes, siendo necesario para estos el aplicar el mantenimiento preventivo a fin de planificar y reunir activos en diversas órdenes, así como secuenciar y programar las órdenes de trabajo preventivas, el registro de órdenes de trabajo por mantenimientos correctivos y también las ordenes preventivas para el mantenimiento preventivo y proactivo.

Gestión de materiales e inventarios: necesaria para la correcta o precisa elaboración de inventarios, distribución y reclamación de equipos y materiales de operaciones de mantenimiento y reparación (MRO) en áreas de almacenamiento, centros de distribución e instalaciones; también engloba la gestión de proveedores, el seguimiento de los costes de inventario y la automatización del reabastecimiento, tomando en cuenta y como base las técnicas de la rotación de activos.

Creación de informes, análisis y auditoría: luego de efectuar un análisis de los informes de las diversas categorías de mantenimiento efectuados, tales como disponibilidad de activos, uso de materiales, costes de mano de obra y materiales, tipos de costeo referidas a las actividades realizadas, evaluaciones de proveedores de repuestos, equipos, personal especializado y otros, también incluye revisar la información para entender la disponibilidad de los activos, las tendencias de rendimiento, la optimización de inventario de MRO y otra información para dar apoyo a las decisiones de negocio, y reunir y organizar la información para evaluaciones tanto internas como externas, como también para las certificaciones de calidad. En la siguiente figura N° 4 observamos el plan de la gestión de mantenimiento industrial.

Figura N° 4 Plan de la Gestión del Mantenimiento Industrial



Nota: Centro de información Técnica para la Industria, revisado 2023

2.4 Historial de Mantenimiento

El historial de mantenimiento de un equipo, maquinaria o sistema, es un registro o documento ya sea en papel o digital, en donde se registran todas las actividades de mantenimiento que se realizan sobre un activo.

El historial de mantenimiento permite monitorizar y controlar los procesos y tareas de mantenimiento efectuadas por los técnicos internos o externos que las realizan.

Según el tipo de organización del departamento o área de mantenimiento el cual organiza el historial, se puede obtener una visión específica a partir de los datos registrados, para lo cual se tiene diversos tipos de historiales de los equipos en mantenimiento, a saber:

Historial de planes de mantenimiento, con el cual se permite la visión global de todas las tareas de mantenimiento que han tenido lugar en la organización a lo largo del tiempo, para lo cual es importante el registro de las ordenes de trabajo ejecutadas.

Proyectos de mantenimiento, en los cuales se efectúa la agrupación de los históricos por proyectos de mantenimiento (mantenimientos legales, revisiones anuales, paradas programadas, etc.)

Por Equipos, contienen la información de las tareas de mantenimiento por equipos concretos o por agrupaciones de equipos similares, evidenciando los correlativos correspondientes a las órdenes de trabajo

Historiales referidos al personal, no sólo por personas concretas, también por especialidades o conocimientos técnicos para realizar el mantenimiento, tomando en consideración el tipo, especialidad o categorización de experto.

2.5 La Orden de Trabajos

Documento que puede ser físico o digital con el cual se formaliza la realización de los trabajos por parte del equipo de mantenimiento, en el que se realiza una solicitud previa de verificación o inspección de alguna parte o total de un componente o equipo, al cual se le ejecutará una actividad de mantenimiento.

En la orden de trabajo se registra información al detalle respecto de o de las tareas que se van a ejecutar, haciendo saber la relación de los materiales, insumos, herramientas, responsables de la ejecución, equipos que se utilizarán para realizar el trabajo de manera adecuada, tomando en cuenta a su vez las especificaciones de los expertos con los que se realizarán estos trabajos.

Una Orden de Trabajo en el área de mantenimiento, se considera como una guía indispensable para el buen funcionamiento del sector de mantenimiento, así como un registro histórico de ocurrencias, por lo que es importante que su diligenciamiento sea correcto, ya que es parte indispensable para poder efectuar de manera adecuada la estimación de los costos y la logística de materiales en los almacenes; es decir que sirve como información de las existencias para la recomposición de los stocks, modo tal que se impida el desabastecimiento de estos para una próxima labor de mantenimiento.

La correcta información registrada en el sistema de órdenes de trabajo, permitirá al área financiera o de costos, establecer de manera cabal y adecuada los costos asociados por cada actividad efectuada, la cual esta y debe estar registrada en las ordene de trabajo.

2.6 Criticidad de equipos

Se considera a la criticidad de una maquinaria en un sistema productivo o a un equipo dentro de una maquinaria, al nivel de impacto e importancia que tiene éste dentro de un Sistema o de un proceso de una organización, el mismo que al estar o no o al operar de manera inadecuada impacta en la calidad de su producción o de su producto final, con lo cual, el grado de prioridad determinará, a su vez, la intensidad y frecuencia con la que deberíamos prestar mantenimiento a un activo.

Acorde a lo expresado y expuesto en el último Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad, realizado en la ciudad de México, 2023, se expresó que “El análisis de criticidad se define como el proceso de asignar a los activos una calificación de criticidad basada en su riesgo potencial”; por lo cual, el riesgo se define como “el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”, considerando esto de acuerdo con la normatividad de la ISO 31000:2009 – Gestión del riesgo – Principios y directrices.

Dado que, no puede cuantificarse realmente, el peligro, en este caso, se considera como todas las formas y maneras posibles en que los activos están sujetos a fallar y por ende pueden fallar siendo los efectos que la falla puede tener en el sistema y la operación como un todo. Considerando esto, el análisis de criticidad está estrechamente relacionado con un análisis de modos de falla y efectos (FMEA, AMEF, por sus siglas en inglés) y un análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA, por sus siglas en inglés; una vez realizado el análisis de criticidad, un FMEA generalmente se realiza en el 20 por ciento superior de los activos más críticos.

De otro lado y de manera similar, Según el *Life Cycle Institute*, un modelo de análisis de criticidad debe cubrir varias áreas de su organización, tomando en cuenta e incluyendo:

Impacto consecuente de una falla en el cliente.

Impacto en la seguridad y el medio ambiente como consecuencia de una falla.

Capacidad para aislar fallas de un solo punto.

Historial de mantenimiento preventivo, registro de trabajos efectuados.

Historial de mantenimiento correctivo y preventivo.

Tiempo medio entre fallas (MTBF, por sus siglas en inglés).

Tiempo y disponibilidad en las entregas de insumos y repuestos.

Probabilidad de falla.

Considero importante indicar que un análisis de criticidad es de mucha importancia ya que puede utilizarse en diversos escenarios dentro de una organización, siendo estos en:

El empleo de un sistema de puntaje de criticidad como atributos de ingreso, a fin de poder establecer la clasificación de prioridad final para las tareas a ser ejecutadas en los trabajos de mantenimiento, que a su vez se puede usar junto con la prioridad de la orden de trabajo.

La identificación de los planes de disminución de riesgos de alto nivel para equipos específicos, con los cuales se tenga importancia en un grado jerárquico o de alta criticidad.

La determinación de la cantidad óptima de repuestos para cada pieza de equipo, según el nivel de criticidad establecida.

Para facilitar información valiosa para las discusiones presupuestarias, en lo que se refiere a la toma de decisiones en las adquisiciones de insumos y repuestos, considerando que por lo que el equipo de alta criticidad tiene mayor preferencia para las actualizaciones o la renovación.

El estudio de criticidad favorece a los ingenieros de confiabilidad y expertos en mantenimiento, a orientar sus esfuerzos y energía en los activos más críticos, a fin de evitar la presencia de fallas que impidan el desarrollo u operatividad de un sistema o de un proceso.

2.7 Logística de Repuestos

Es importante considerar el Ciclo Logístico de los insumos y repuestos para mantenimiento en una organización o empresa, el cual es el mismo que para cualquier función logística, siendo este el desarrollo mediante el cual, se elaboran acciones para la ejecución de las responsabilidades logísticas, que permites y obligan a un ordenamiento, a efectos de obtener y conseguir una gestión adecuada de recursos para ser capaz de cumplir con el suministro oportuno, adecuado y en tiempo necesario para su uso o su disponibilidad de insumos o repuestos, en cantidad, calidad y lugar requeridos y en el periodo oportuno; es importante fijar que este proceso logístico de repuestos e insumos, debe ser el mismo para todos los recursos para mantenimiento.

Se debe tomar en cuenta el principio de los stocks mínimos de reposición, modo tal de impedir el sobre stocks de repuestos e insumos que son considerados como capital de trabajo no circulante que en algunos casos son objeto de la pérdida de la oportunidad del negocio.

Una herramienta clave para estos, es el análisis de criticidad de los equipos en un proceso productivo o en un sistema tal como una subestación eléctrica, un sistema de control centralizado, etc.

Lo stock de repuestos, son los suministros almacenados para agilizar la continuidad del funcionamiento de equipos y sistemas, a fin de conservar la capacidad productiva. La función es ejecutar como regulador, siendo sus objetivos:

- Mitigar Riesgos.
- Mitigar Costos.
- Viabilizar la disposición del repuesto.

Es importante indicar que el stock se utiliza en base a dos variables importantes, que son la cantidad de efectos o los niveles del stock con el tiempo de almacenamiento.

2.8 Confiabilidad Operativa:

En consideración a las ratios para las evaluaciones de la performance operativa se tiene los más importantes y aplicables a la confiabilidad operativa, siendo estos los que se indican a continuación:

2.8.1 La confiabilidad

“Se puede comprender como una cualidad propia del diseño de máquinas, que permite analizar mediante fundamentos científicos y matemáticos las fallas de los elementos de los equipos, para el análisis de los procesos de un diseño, la determinación de los costos del ciclo vida y la garantía de un producto” (Mora, 2003).

“También, se emplea en la inspección de datos operativos para el mantenimiento, lo que permite entender el comportamiento de equipos en operación con el fin de separar componentes con problemas, trazar las políticas de mantenimiento, calcular tiempos óptimos

de reemplazo económica de equipos y establecer tiempos de ejecución del mantenimiento preventivo” (Mora, 2003).

“En todo caso, la confiabilidad es una cualidad de las máquinas, que sólo la leen o comprenden los seres humanos, así como la mantenibilidad es obligación de los seres humanos, indiferente de que se use como una característica de las máquinas. En resumen, la confiabilidad se relaciona a máquinas y la mantenibilidad a las personas de mantenimiento” (Mora, 2003).

El crecimiento de las técnicas de confiabilidad se inicia en la Segunda Guerra Mundial, como una respuesta al acelerado desarrollo tecnológicos y a las intensas exigencias sobre los equipos. A Werner Von Braun se adjudica la ejecución de los primeros estudios sistemáticos de confiabilidad cuando, en un intento por optimizar la eficiencia de los cohetes V-1 y V-2, analiza sistemáticamente la causa de las fallas e incorpora sus resultados en proyectos mejorados. “Al final de la guerra, las investigaciones de confiabilidad se desarrollan bastante debido a la denominada guerra fría, a la carrera espacial y al progreso de la industria nuclear” (Mora, 2003).

Los estudios de confiabilidad se ejecutan sistemática y rutinariamente en el proyecto de equipos y sistemas, con la idea de optimizar la calidad de los productos. Por ejemplo, antes de la construcción del metro de Caldas, las compañías francesas responsables emprenden intensos estudios de confiabilidad que les permiten garantizar que el producto terminado esté razonablemente libre de fallas mayores. “La confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos” (Mora, 2003).

2.8.2 La Mantenibilidad:

“Es una magnitud vital para la pronóstico, la evaluación, el control y la elaboración de las tareas correctivas o proactivas de mantenimiento; permite ajustar los tiempos y las frecuencias de ejecución de acciones de reparación o mantenimiento” (Mora, 2003).

“La mantenibilidad es una medida vital para la predicción, la evaluación, el control y la ejecución de las tareas correctivas o proactivas de mantenimiento; permite mejorar los tiempos y las frecuencias de ejecución de acciones de reparación o mantenimiento en las máquinas” (Mora, 2003).

2.8.3 La Disponibilidad

La disponibilidad es una herramienta útil en situaciones en las que se tienen que tomar decisiones con respecto a la adquisición de un elemento, entre varias posibles alternativas

“Muchos son los tipos de disponibilidad a analizar, los más utilizados son la disponibilidad genérica con o sin mantenimiento preventivos, disponibilidad operativa, disponibilidad inherente o intrínseca, disponibilidad alcanzada” (Mora, 2003)

2.9 Tipos de mantenimiento:

2.9.1 Mantenimiento Correctivo

“Denominado también mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es usado en un alto porcentaje” (Pérez, 2021). Este mantenimiento correctivo se aplica una vez que la máquina, equipo o sistema deja de realizar, porque se lleva a cabo la falla o avería y su finalidad es poner en marcha su funcionamiento, impactando lo menos posible la productividad; regularmente se repara o se cambia el componente del equipo o de la máquina, realizándolo en el menor tiempo posible.

Existen empresas donde sus planes de mantenimiento son dirigidos al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, costos asignados, y tecnologías modernas para usar otros tipos de mantenimiento. “La gestión del mantenimiento correctivo se acciona por el fallo de no poder precisar justo a tiempo la posible falla que puede suceder en una máquina. Es muy importante establecer qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas”. (Pérez, 2021). Se pueden ubicar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo: El mantenimiento correctivo no programado: se realiza, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, ocasionando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo deteriorado y reemplazar el componente, ya sea nuevo o usado. El mantenimiento correctivo proyectado o planificado: se realiza en el momento que se detecta cuando algún componente de una máquina está cerca a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para reparar esta posible falla. “En general, cuando se trabaja solamente el mantenimiento correctivo no programado se puede dar la situación de que su reparación inmediata sea superficial; ya sea por falta de repuestos, o que no se tiene el tiempo idóneo para realizar una buena reparación, o por falta de personal, que origine, lo más probable, más adelante una falla de mayores consecuencias”. (Pérez, 2021). En la tabla N° 1 observamos las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.

Tabla N° 1 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Correctivo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas.	La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
Es imposible determinar la falla.	Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
No genera gastos fijos.	Alto inventario de repuestos.
Sin programar ni prever ninguna actividad.	La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.	Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes.
A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.	Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.	Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo.	Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo –reparar cuando solo se presenta la avería–, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados.

Nota: Pérez, Félix 2021

2.9.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, tal como se indica proviene del verbo prevenir, se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos; este se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones, con el fin de optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en periodos de tiempos establecidos y por calendario. Los objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo se enmarcan en:

La Disponibilidad: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.

La Confiabilidad: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.

El Incremento en el Impacto: “al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos dirigiendo un mantenimiento planificado”. (Pérez, 2021)

Las categorías que se consideran dentro del mantenimiento preventivo (MP) son las siguientes:

- Cubrimiento del MP: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
- Ejecución del MP: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
- Trabajos generados por las repeticiones del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP.

Dentro del Mantenimiento Preventivo, es importante considerar las siguientes fases:

Fases para la aplicación de un plan de MP:

La planificación: en la que se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).

La programación: definiendo el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas.

La ejecución: realización de los trabajos, previamente definidos.

El control: verificación y validación de los trabajos ejecutados.

En la tabla N° 2 observamos las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.

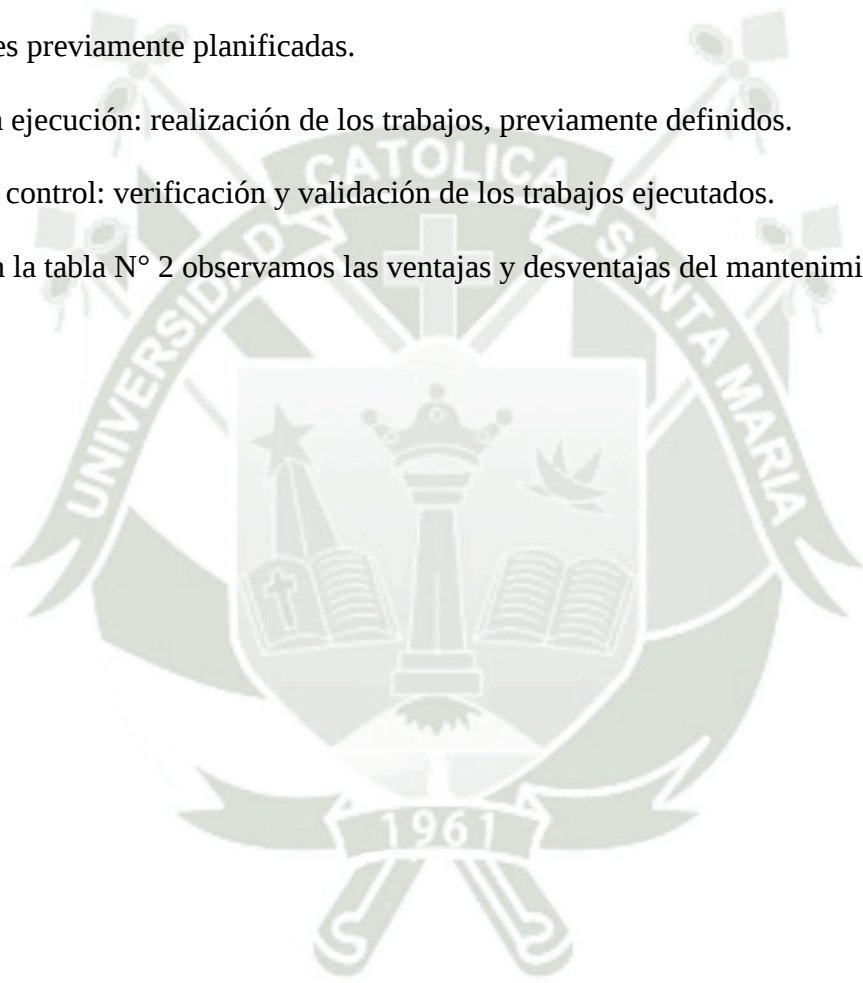


Tabla N° 2 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Preventivo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Disminuye las anomalías o fallas y los tiempos muertos (aumentando la disponibilidad de las máquinas, equipos e instalaciones).	Todo programa que se inicia genera un incremento en los costos.
Aumenta la vida útil de las máquinas, equipos, componentes e instalaciones.	
Hay una mejora efectiva en el uso de los recursos.	Para iniciar se necesita de tiempo extra en el trabajo del personal de mantenimiento. Búsqueda de la información, como manuales, historial, fichas técnicas, repuestos, inventarios, reparaciones, etc. Actualizar información, generación de procedimientos, instructivos.
Se disminuyen o se reducen, los niveles de inventarios de repuestos.	
Hay un ahorro económico a largo y mediano plazo.	
Elaboración de planes de mantenimiento.	Tiempo para transferir la información recolectada.
Se definen indicadores de gestión o de desempeño.	
Se documentan procedimientos, instructivos. Se mantiene actualizada la información.	
Se implementan buenas inspecciones de rutinas.	
Implementación de un buen programa de lubricación.	Técnicos de mantenimiento, trabajo de campo adicional. Taxonomía de los equipos. Materiales utilizados, tiempos, etc.
Definición de los presupuestos.	
Se aumenta la seguridad industrial para las personas.	Dotación, ordenamiento de almacenes. Rotación de repuestos, actualizar información, inventarios.
Se mejora el enfoque de contaminación ambiental.	
Disminución de pagos de horas extras, que se generan continuamente.	Se elevan costos, por entrenamientos, capacitaciones para el personal.
Se aumenta el cumplimiento de la entrega oportuna de producción.	

Nota: Pérez, Félix 2021

2.9.3 Mantenimiento Predictivo

“Existen diversas definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede analizar como un tipo de mantenimiento, donde se agrupa la relación de parámetros físicos con el deterioro o condición de una máquina”. (Pérez, 2021). En el mantenimiento predictivo se refiere a la medición, la observación y la vigilancia de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se requiere y se gestionan valores de pre-alarma y de función de todas aquellas variables que se contemplan fundamentales de medir y coordinar. El mantenimiento predictivo se puede considerar como un proceso para pronosticar el momento próximo de falla, desviación, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda sustituirse, con base en un programa, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se reduce y el tiempo de vida del componente se extiende. “Consta de una secuencia de pruebas de carácter no destructivo, guiadas a realizar un monitoreo de operación de los equipos para obtener signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de forma oportuna. Los datos más significativos que entrega este tipo de observación de los equipos es la tendencia de los valores, ya que se puede acceder a los cálculos importantes para así anticipar con cierto margen de error cuándo un equipo fallará”. (Pérez, 2021)

Se les nombra técnicas predictivas. Aplicando este tipo de mantenimiento metódico por horas de funcionamiento o por tiempo avanzado desde la última revisión, el mantenimiento predictivo tiene la ganancia segura de que en la mayoría de las veces no es necesario realizar grandes desmontajes, y en muchos casos ni siquiera es preciso detener la máquina. Generalmente son técnicas no invasivas. Si después de la revisión se detecta algo inusual se define programar una intervención. “La finalidad es pronosticar el fallo desastroso de un

componente, pieza, máquina o equipo y, por tanto, anticiparse a este, es así como estas técnicas de mantenimiento predictivo presentan un beneficio adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se requiere, elimina el inventario que se encuentra almacenado y que no se utiliza, dejando el capital inactivo sin pérdida de ganancias”. (PEREZ, 2021).

Estas aplicaciones predictivas más generales en instalaciones industriales son las siguientes:

“El estudio de vibraciones mecánicas, estimado por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo”. (Pérez, 2021)

- El uso de termografía.
- Uso de boroscopias (inspecciones visuales).
- La inspección de aceites, tanto fisicoquímicos como cromatográficos.
- Análisis de ultrasonidos.
- Análisis de humos de combustión.
- Control de espesores en equipos estáticos.
- Análisis por medio de luz ultravioleta

2.9.4 Mantenimiento Cero Horas

Denominado también mantenimiento Overhaul, el cual tiene por objetivo analizar e inspeccionar la maquinaria o equipo y, en caso necesario, repararla para devolverla a las condiciones en las que estaba cuando salió de la fábrica; es decir, como nueva, a fin pueda estar como el primer día, siendo necesarios para alcanzar esto, la realización de todas las reparaciones posibles y cambios de repuestos que hayan o esté por cumplir su vida útil de funcionamiento; se espera de un mantenimiento cero horas, que el equipo o maquinarias

alcance los valores de rendimiento y capacidades originales. Unas de las características de este tipo de mantenimiento son:

Por su complejidad, es frecuente ver que las empresas contraten proveedores externos, especializados para el mantenimiento cero horas.

Se anticipa a posibles daños en los equipos, pues la maquinaria o equipo se inspecciona, aunque siga estando operativa.

Cuando los activos han comenzado a mostrar signos de envejecimiento, fallas o baja productividad, el overhauling se enfoca en detener el proceso y extender la vida útil en lugar de hallar motivos para reemplazar la maquinaria.

Un programa de mantenimiento cero horas puede hacer que una máquina recupere su capacidad productiva al 100%.

El overhauling puede conjugarse con tecnologías predictivas para obtener mediciones más exactas. Para esto, se necesita un Software de Mantenimiento.

2.10 Técnicas de mantenimiento predictivo aplicadas en evaluaciones de sub estaciones de transformación eléctricas.

2.10.1 Análisis por Ultrasonidos:

Es un tipo de ensayo no destructivo, con el cual se estudia la propagación de las ondas sonoras en los materiales testados, lo que permite detectar fallos profundos tanto en maquinarias o equipos industriales, como también soldaduras las que ocasionan ruidos que muchas veces son imperceptibles a los sentidos humanos.

- Dentro de las aplicaciones de esta técnica y en especial para equipos eléctricos, son las siguientes:

- Detección de fallas y/o fugas de aceite a través de las válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío, en caso de cubas de transformadores presurizadas con nitrógeno gaseoso.
- Detección de arcos eléctricos.
- Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.
- Erosión.
- Corrosión.
- Roces entre álabes fijos y móviles, especialmente de los ventiladores para el enfriamiento convectivo de los transformadores.
- Deformaciones.
- Piezas sueltas o mal fijadas, sobre todo de material aislante.
- Fracturas y agrietamiento en álabes, sobre todo en la parte inferior que los fija al rotor de un motor eléctrico.
- Marcas de sobre temperatura en álabes.
- Obstrucción de orificios de refrigeración.

El sonido cuya frecuencia está sobre el rango de percepción del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas los roces mecánicos, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío crean ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz, niveles de frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta distancia atenuándose rápidamente sin crear rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más potente que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido.

Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con velocidad y precisión la localización de la falla.

“La utilización de la inspección por ultrasonido se hace preciso especialmente en la localización de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde el proceso de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la evaluación de ultrasonido es ocasionalmente complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficazmente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM”. (Renovotec, 2013)

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la labor industrial en nuestro País tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le admita incorporar en la economía globalizada. En el resultado, toda tecnología dirigida al ahorro de energía y/o mano de obra es de ganancia para cualquier empresa.

2.10.2 Análisis de aceite dieléctrico:

El diagnóstico de un transformador instalado en una sub estación eléctrica, empieza con la toma, registro, análisis e interpretación de éstos, efectuados al aceite dieléctrico, con lo cual se permite la identificar fenómenos reversibles e irreversibles.

Las fallas de los transformadores y en especial de las sub estaciones en general, comprometen los procesos productivos y desarrollo de muchas industrias.

Los análisis de aceite dieléctrico, permiten conocer la salud del transformador y ejercer el mantenimiento preventivo; es importante indicar que el aceite aislante que es uno especial

por ser dieléctrico, se va degenerando a lo largo de la vida útil del transformador y su mantenimiento por tratamiento del mismo, ayuda a disminuir el riesgo de fallas inesperadas de los transformadores, aumenta la vida útil del transformador, otorga mejores condiciones para el suministro eléctrico, mejora la confiabilidad en su funcionamiento y resulta más económico que un mantenimiento correctivo.

El aceite dieléctrico el mismo que está dentro de la cuba de los transformadores en una sub estación eléctrica, sirve como medio aislante y refrigerante, el mismo que requiere efectuarle análisis periódicos y sus cuidados, a fin de evitar fallas y el deterioro de los materiales internos que son muchos aislantes; la técnica predictiva se refiere a efectuar análisis a través de:

2.10.3 Cromatografía de gases

Procedimiento que se aplica según normas al muestreo de aceites dieléctricos extraídos de las cunas de los transformadores, con la finalidad de determinar el contenido de gases disueltos en el aceite aislante.

2.10.3.1 Análisis Físico-Químicos

Procedimiento que se aplica según normas, incluyendo en el mismo las pruebas de: Rigidez dieléctrica, tensión interfacial, acidez, factor de potencia a 25 y 100 c, resistividad, humedad, color.

2.10.3.2 Análisis de PCB

Procedimiento que se realiza para determinar si tiene partículas contaminantes el aceite.

2.10.3.3 Cromatografía de Furanos

Con la cual se permite determinar el deterioro del papel aislante por compromiso térmico del mismo y proporciona una idea de la vida útil remanente del transformador.

2.10.4 Análisis a través de la boroscopia:

“Procedimiento de observación o supervisión no destructivo para la superficie, empleado regularmente en soldaduras, para así confirmar que su integridad mecánica cumple con las especificaciones y estándares; esta técnica también se puede utilizar en componentes, máquinas y equipos, aplicando inspecciones internas en donde los accesos son inaccesibles”. (Pérez, 2021). Un control visual, que logra ser establecida como el examen de un objeto utilizando el sentido de la visión (ojo humano) que se perfecciona con una mezcla de diferentes instrumentos de amplificación, grabación, relación, entre otros, empezando con la toma de data, para luego poder analizarla y tomar decisiones a efectuar en un mantenimiento correctivo o preventivo.

2.10.5 Análisis por termografía:

“Tecnología que es un instrumento muy beneficioso para el análisis en el mantenimiento predictivo. Utilizando la termografía se muestran probables fallas que suelen ser indetectables a simple vista, lo que posibilita hacer de manera planificada o proyectado los correctivos necesarios para evitar que se produzcan fallas que generan paradas de equipos, procesos, sistemas, conllevando a altos costos en éstos”. (Pérez, 2021) Las cámaras termográficas son instrumentos muy decisivos que sirven para precisar cuándo y dónde se necesita realizar trabajos de mantenimiento, puesto que las instalaciones eléctricas y mecánicas frecuentemente evidencian puntos calientes, los cuales se intensifican producto de aflojamiento o rozamientos, calentándose antes de fallar. “Al conocerse estos puntos críticos calientes con una cámara termográfica, se logra llevar a cabo una acción de prevención. Es así como la meta

es impedir que las averías originen altos costos de reparación, y aún peor, que estos daños produzcan incendios donde sus consecuencias pueden ser catastróficas”. (Pérez, 2021)

Entre los usos esenciales de la termografía se consigue mencionar: La medición de los espesores y también reconocer las discontinuidades en aquellos productos aislantes, refractarios y térmicos; el monitoreo por supervisión de ductos; la revisión de las soldaduras, la detección de puntos calientes; la posición de componentes y anomalías en circuitos eléctricos, entre otros.

2.10.6 Normativa Aplicada al mantenimiento en Subestaciones Eléctricas:

- ISO 18434-1 Termografía.
- IEEE Std. 81 Puesta a Tierra.
- CNE - Código Nacional de Electricidad Perú (Utilización, suministro).
- NFA 70 E, OSHA 1910.269 Seguridad en un Subestación eléctrica.
- Análisis de aceites: IEEE c.57.106 análisis físico químico, IEEE c.57.104 gases disueltos, ASTM D-877 pruebas físico químicas.
- IEC 60247 tangente delta, ISO 14713, ISO 1461.

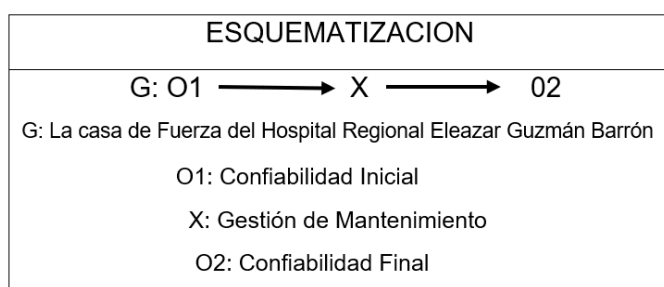
CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de Investigación

Diseño Experimental en la categoría pre - experimental, debido a que tiene un monitoreo de control mínimo, registrando al inicio la confiabilidad de los equipos que se ubican en la subestación eléctrica de 20 MVA, de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa y plantear un método y ver como este se manifiesta.

Tabla N° 3 Esquematación del diseño de investigación



Nota: Elaboración propia

3.2 Variables de la Investigación

3.2.1 Variable Independiente

La Gestión del Mantenimiento

3.2.2 Variable Dependiente

Confiabilidad Operativa

Para el desarrollo del presente trabajos de tesis se utilizó fuentes de información primaria y secundaria, de las cuales su análisis, tomó y consideró los elementos relevantes para la estructuración de la misma.

Fuente de información primaria.

Escogida directamente de la población objeto de estudio, que para esta investigación se halla constituido por todos los trabajadores de las subestaciones eléctricas de 20 MVA, de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa. Los instrumentos para reunir la información de fuente primaria serán a través de un formato, de observaciones y listas de verificación.

Fuente de información secundaria.

De igual manera llamada documental o bibliográfica, utilizada como apoyo a los elementos hallados en la fuente de información primaria y la planificación del Proyecto.

“Los instrumentos para reunir la información de fuente secundaria serán de libros, monografías, internet, informes de investigación, revistas, documentos, folletos, ponencias y otros materiales explicativos”. (Mendoza y Velásquez, 2011)

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Equipos de la Subestación Eléctrica Repartición de 20 MVA de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

3.3.2 Muestra

Equipos críticos de la Subestación Eléctrica Repartición de 20 MVA. de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

3.3.3 Muestreo

No probabilístico por conveniencia

3.3.4 Criterios Inclusión

Equipos Críticos

3.3.5 Criterios Exclusión

Equipos No Críticos

3.4 Operacionalización de las variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	DIMENSIONES		INDICADORES	NIVEL
GESTION DE MANTENIMIENTO	"La gestión de mantenimiento es la utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento". "Se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo". "Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones". RODRIGUEZ (2012) ISBN 9789587713435	Se aplicará una guía de planificación en donde se programe las tareas de mantenimiento, así como también una auditoría para saber el estado de las máquinas. Se realizará un análisis de criticidad donde se definirá un alcance y propósito para el análisis se establecerá los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis	D1:	PROGRAMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO	Diagnostico mediante una auditoria.	Cualitativo Nominal
					Análisis de causa – efecto.	Cualitativo Nominal
					Aplicación de software de mantenimiento	Cualitativo Nominal
					$\% \text{ DE EQUIPOS OPERATIVOS} = \frac{\text{EQUIPOS OPERATIVOS}}{\text{EQUIPOS DISPONIBLES TOTALES}} \times 100\%$	Razón
			D2:	CRITICIDAD	Criticidad = Frecuencia x Consecuencia	Cuantitativo Nominal
CONFIABILIDAD	"La Fiabilidad es una disciplina de origen estadístico, basada en el cálculo de probabilidades, calcula los estados límites de los componentes o vida útil". "Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo, utilizando los procedimientos prescritos". "La Tasa de Falla (TF) puede ser expresada tanto como un porcentaje de fallas sobre el total de productos examinados o en servicio (en términos relativos), o también como un número de fallas observadas en un tiempo de operación (en este caso en términos nominales)". RENOVETEC (2013) ISBN 9859652796	Se aplicará las formula de fiabilidad para hallar la probabilidad de cada equipo funcione en cada tiempo determinado. Se aplicará la fórmula de mantenibilidad para hallar el tiempo de reparación que demora cada equipo. Se realizará el factor de fallas de los equipos para a partir de este factor partir con la mejora del plan de mantenimiento	d1:	FIABILIDAD(TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA)	$TMBF = \frac{\text{HORAS DE OPERACION}}{\# \text{ DE FALLAS}}$	Razón
			d2:	MANTENIBILIDAD (TIEMPO DE REPARACION)	$TMTR = \frac{\text{HORAS DE FALLAS}}{\# \text{ DE FALLAS}}$	Razón
			d3:	Tasa de Fallas(A)	$\text{FACTOR DE FALLAS} = \frac{1}{TMBF}$	Razón

3.5 Técnicas de Recolección de datos para la investigación

VARIABLE	TECNICA/ HERRAMIENTA	INSTRUMENTO	FUENTE/ INFORMANTE	VALIDACION
GESTION DE MANTENIMIENTO	Observación Directa Auditoría Interna Investigación Bibliográfica	Ficha Bibliográfica – Ficha Técnica (Anexo 2) Formato de Auditoria (Anexo 3) Herramienta usada para el mantenimiento preventivo– Software (Anexo 7)	Biblioteca física: UCSM Procesos de Mantenimiento	Grupo IPEMAN (Instituto Peruano de Mantenimiento) Consultora especialista en Ingeniería de mantenimiento
CONFIABILIDAD	Observación directa Registro de Fallas obtenidas del último año Investigación Bibliográfica	Formato de Confiabilidad (Anexo 4) Formato de Fallas (Anexo 5) Ficha Bibliográfica (Anexo 1)	Subestación Eléctrica repartición - Arequipa Biblioteca física: UCSM	Grupo RENOVETEC Consultora especialista en Ingeniería de mantenimiento. Libro Mantenimiento, planeamiento, ejecución y control de Alberto Mora.

3.6 Método de Análisis de datos

La presente Investigación de trabajo de tesis profesional, siguió la siguiente metodología, primero se realizó una revisión documental los equipos de la Subestación eléctrica Repartición de la ciudad de Arequipa, a la vez se evaluó la situación actual mediante una auditoria de mantenimiento, para luego realizar un diagnóstico que da como un índice referidos a la medición de la gestión de mantenimiento, de ahí se obtuvieron datos cuantitativos para hallar la confiabilidad inicial, Luego se realizó la elaboración del plan de gestión de mantenimiento. donde se establecen las actividades que se realizaran, su frecuencia, localización etc., posteriormente, a través de una auditoría interna se obtendrán datos cuantitativos para hallar la confiabilidad final, para que finalmente se evaluara las 2 confiabilidades para ver en cuando incremento la confiabilidad final con respecto a la final. En la tabla N°4 observamos el análisis de datos.

Tabla N° 4 Análisis de Datos

OBJETIVOS ESPECIFICOS	TECNICA	INSTRUMENTO/ HERRAMIENTA	RESULTADOS
Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento a través de una auditoría técnica.	Observación Auditoría Interna	Ficha Técnica (Anexo 2) Cuestionario (Anexo 3)	Con este instrumento se obtendrá la información acerca de los equipos del sistema: marca, modelos. Historiales, fallas frecuentes y el estado de los equipos.
Determinar el nivel de criticidad de los equipos	Análisis de criticidad	Matriz de criticidad (anexo 6)	Con esta Herramienta se identificará la criticidad de cada equipo de la Subestación Eléctrica Repartición Arequipa
Determinar y analizar el nivel de confiabilidad inicial de los equipos	Análisis Documental (hoja de campo y registro de fallas)	$CONFIABILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	Con esta técnica e instrumento se hallará la confiabilidad inicial de los equipos de la Subestación eléctrica Repartición de Arequipa.
Elaborar un programa de mantenimiento preventivo	Análisis documental de (resultados de los 4 primeros objetivos)	Software	A través de este software se ejecutará el plan, y se obtendrá datos de planificación y eficiencia del plan establecido.
Determinar y analizar la confiabilidad final de los equipos	Auditoría Interna	$CONFIABILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	Con esta técnica e instrumento se hallará la confiabilidad final de los equipos de la Subestación Eléctrica.

3.7 Aspectos Éticos

En el desarrollo del presente trabajo de tesis profesional, se garantiza la originalidad en el trabajo de investigación, en donde como tesista, asumo una responsabilidad íntegro y moral; por lo cual, se evita algún tipo de réplica o copia sin hacer referencias bibliográficas de los textos fuente de donde se obtuvo la misma; además se realizó acorde a la metodología estipulada por la Universidad Católica de Santa María (UCSM) en su esquema preliminar.

Considero importante indicar que, la aplicación del siguiente trabajo de investigación, la organización fue informada acerca de la investigación y procedimiento que se realizó en las instalaciones en donde se ubica dicha subestación eléctrica, para lo cual como investigador me comprometo a sustentar la autenticidad de los resultados y la confiabilidad de los recursos proporcionados por la organización.

CAPITULO IV

4. ANALISIS SITUACIONAL

Tomando en consideración el primer objetivos específico referidos al análisis de la situación actual, respecto de la gestión de mantenimiento, aplicada para la sub estación eléctrica de 20 MVA; 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, previa a los trabajos de mantenimiento a ejecutarse, es que se ha tomado como estudio el informe de observaciones durante uno de los trabajos de mantenimiento más recientes para la línea de transmisión y transformador de 138 kV – Majes Arcus, de fecha 11 de mayo del 2023, presentado por el Jonathan Velázquez Molina de la empresa O&M SOLARIG M&R, el mismo que tiene como objetivos el analizar los escenarios y contratiempos que se presentaron durante el mantenimiento programado y obtener un feedback de los trabajos, a fin de presentar mejoras en los mecanismos de servicio que se solicitan a terceros, la calidad del servicio y las responsabilidades que estos deben tener frente a las labores que se les encomienda; a continuación, se presenta la descripción breve de los sucesos ocurridos el día del mantenimiento programado, siendo estos:

4.1 Impuntualidad de los equipos de trabajos por parte del contratista:

Con un retraso de aproximadamente una hora, llegando el equipo o cuadrilla de ejecución de manera parcializada, primero un grupo y luego y con tardanza significativa el Segundo de estos.

4.2 Carente información:

El supervisor encargado de los trabajos por ejecutarse, por parte del contratista carecía del conocimiento del trabajo a ejecutar en planta; desconocía a todo nivel la coordinación que previamente se realizó entre la Contratista GCM E.I.R.L y SOLARIG, coordinaciones referidas a los permisos de acceso, plan de seguridad, procedimiento de trabajo, responsabilidades y obligaciones del contratista.

4.3 Incumplimiento a las normativas de HSEQ – SOLARIG:

En consideración a las normativas habituales necesarias para la ejecución adecuada de los trabajos de mantenimiento, considerando el nivel de Seguridad y de riesgos, es habitual que todo contratista e incluso personal propio de SOLARIG tienen la obligación de cumplir con los requisitos que desde el departamento de HSEQ nos recomiendan como parte del plan de seguridad y salud en el trabajo.

En consideración a esto, el contratista presentó a su personal de mantenimiento con EPP (Equipos de Protección Personal) incompletos, con deterioro y no corresponde a un trabajo para el cual les fue asignado; del mismo modo, GMC RENTING EIRL, de manera irresponsable, presentó un check list por EPP supuestamente entregados a su personal que in situ fue evidenciado es incorrecto, que carece a la verdad; cada uno de los miembros del equipo llegó con sus propios elementos de seguridad y ropa personal de trabajo; ninguno demostró tener elementos proporcionados por GCM.

4.4 Inadecuada documentación de HSEQ (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad):

El personal del contratista y en especial su supervisor destinadas a los trabajos de mantenimiento, ubicados ya en planta, no contaba con la documentación completa para iniciar actividades, esta observación fue evidenciada por el ingeniero supervisor encargado de HSEQ,

quien, por sus actividades encargadas, estuvo en constante seguimiento al cumplimiento de la documentación pendiente (ART, PT, check list de EPP, registro de charla, inspecciones de herramientas y equipos a utilizar, extintor entre otros), así como de divulgación al personal del procedimiento de trabajos, el mismo que hasta el final de la jornada, no fue presentado por el contratista.

Asimismo, y para poder levantar esta observación, se le tuvo que proporcionar los formatos necesarios ya que el contratista carecía de los mismos.

4.5 Carencia de herramientas especializadas:

En consideración al tipo, especialidad e importancia de los trabajos de mantenimiento a efectuarse a una subestación eléctrica de potencia, el contratista no contaba con el íntegro de sus herramientas de trabajos, para lo cual y a fin de que los trabajos se realicen de manera adecuada y oportuna, fue necesarios habilitar algunas de estas tales como el revelador de tensión, pértiga, pinzas de aterramiento, juego de dados, guantes clase 0 y clase 4, extensión eléctrica, careta antiarco, escalera de fibra.

4.6 Personal no capacitado:

Siendo el recurso más importante en la realización de trabajos de mantenimiento eléctrico, considerados de alto riesgo, el personal que se emplazó a efectuar los trabajos de mantenimiento en la subestación de Repartición, tenía conocimiento de forma parcial respecto de la actividad que realizarían el día del mantenimiento; la mayoría de estos trabajadores, recién se conocieron en ese momento, y no estaban enterados ni fueron comunicados de los trabajos, por lo que la asignación de roles y tareas por parte del supervisor, generó demoras al notar la improvisación del equipo de trabajo que se conformó para la labor asignada.

4.7 Falta de Planificación:

Entre las muchas falencias que se tuvieron para la ejecución del mantenimiento de línea y transformador AT, la falta de planificación e improvisación fue la más evidente, donde el contratista tuvo que realizar viajes en pleno mantenimiento del parque solar Majes Arcus hacia Repartición Arcus y viceversa llevando insumos como trapo, equipos, herramientas y demás elementos que le hacían falta en ambos proyectos, retrasando aún más la ejecución de los trabajos en planta. Esta descoordinación evidencio su falta de organización, planificación y seriedad durante la ejecución del trabajo.

4.8 Homologación del personal:

Como parte del equipo de trabajo para la ejecución de este mantenimiento, llegó al mismo, cuadrillas de personal que no fue homologado debidamente ante HSEQ - SOLARIG quedando esté imposibilitado de ingresar a nuestras instalaciones.

4.9 Incumplimiento de trabajos según los programados:

Debido a las causas por los retrasos y dificultades generados por el mismo contratista, es que no se llegó a concluir con su trabajo asignado.

4.10 Liderazgo:

Un punto muy importante es que durante la jornada de trabajo y para fines del desarrollo adecuado de los trabajos de mantenimiento, con el nivel de destreza, supervisión, Seguridad y calidad, es que en ningún momento se tuvo la presencia de algún supervisor, o personal representante del Contratista GMC RENTING.E.I.R.L. a pesar de indicar que llegaban de parte de ellos, ninguno de los presentes pertenecía a esta empresa directamente, muy por lo contrario, quienes, de cara frente a la descoordinación y problemas presentes para la ejecución del

mantenimiento, fue la sub -contratista en sitio quienes a pesar de todo intentaron cumplir con el servicio.

4.11 Informes adecuados referidos a los trabajos ejecutados:

Uno de los puntos claves que dan la conformidad de los trabajos de mantenimiento, además que son los necesarios para dar la culminación de los mismo, son los reportes e informes de las tareas de mantenimiento efectuadas, siendo necesarios en estos incluir los análisis previo y finales efectuadas, con los que se puede dar evidencias a que el o los equipos se encuentran en perfecto estado de operación posterior a los trabajos realizados de mantenimiento.

Es importante tomar en cuenta que para tener éxito, hoy en día las empresas necesitan reconocer y dirigir los riesgos de sus organizaciones, ya sean “operacionales, financieros, estratégicos y de cumplimiento, lo que hace importante analizar los factores de carácter interno o externo que originan estos riesgos”. (Vásquez. G, 2007)

Esta investigación ha dado como logro que una de las organizaciones que representa mayor riesgo es la Gerencia de Mantenimiento, convirtiéndose su “gestión en una responsabilidad crítica para la Corporación; por lo tanto, se requiere determinar la Gestión de Mantenimiento para establecer el grado de excelencia de la organización”. (Vásquez. G, 2007)

Tomando en consideración el Segundo objetivo específico y en consideración de los aspectos antes citados de la situación en que se encuentra la gestión de mantenimiento para la sub estación eléctrica de 20 MVA;138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, se desarrolló un instrumento de medición, a fin de que nos permita diagnosticar la gestión de mantenimiento, para lo cual, este objetivo tiene como tarea el desarrollar un

Instrumento de Medición que permita Diagnosticar la Gestión del Mantenimiento; para el diseño de este instrumento, fue necesarios definir doce (12) variables, todas éstas englobadas en los factores de Mantenimiento Clase Mundial. “El índice de medición de la Gestión de Mantenimiento, se mide de acuerdo a una estimación de un nivel dentro de una escala entre 0 y 100. Esta escala determinó los criterios en cada nivel, clasificando la Gestión en cinco etapas: Excelencia, Competencia, Entendimiento, Conciencia e Inocencia.” (Vásquez. G, 2007)

“El Índice de medición de la Gestión de Mantenimiento, se mide de acuerdo a una estimación de un nivel dentro de una escala entre 0 y 100. Esta escala, determina los criterios en cada nivel, clasificando la Gestión en cinco etapas” (Vásquez. G, 2007)

“91-100% / Excelencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las Mejores Prácticas Operacionales.

81-90% / Competencia: Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de Operaciones Efectivas.

71-80% / Entendimiento: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial.

51-70% / Conciencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial o de las Filosofías de Mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.

0-50% / Inocencia: No existe una Gestión de Mantenimiento Básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades para mejorar. (Vásquez. G, 2007)

Para poder diseñar el instrumento de medición, el mismo que se presenta en la figura N° 5, que a continuación se detalla:

Figura N° 5 Índice de medición de la Gestión de Mantenimiento

Figura N° 5		
ÍNDICE DE MEDICIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		
ESCALA	CRITERIOS	ETAPAS
91% a 100%	Excelencia	Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las Mejores Prácticas Operacionales.
81% a 90%	Competencia	Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de Operaciones Efectivas.
71% a 80%	Entendimiento	Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial.
51% a 70%	Conciencia	Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial o de las Filosofías de Mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.
0 - 50%	Inocencia	No existe una Gestión de Mantenimiento Básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades para mejorar.

*Nota: PDVS: MM-01-01-00 “Modelo de Gerencia de Mantenimiento”
Formato de la Norma CONVENIN 2500-93 “Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria”*

Para lo cual, definiremos las variables a ser tratadas:

“Variable N° 1: Filosofía de gestión

Misión y Visión:

La organización de mantenimiento tiene establecida una misión y visión clara, que la identifica y es compartida por la mayoría de los trabajadores. La misión muestra el compromiso con la visión, indica el grado al que la organización alinea su estructura interna, políticas y procedimientos. La visión está definida con amplitud y detalle, es sistemática, involucra a todos los departamentos de la organización.

Políticas y Objetivos:

La organización de mantenimiento tiene establecido políticas para la consecución de los objetivos, que sirven como guía para el planteamiento de metas y la elaboración de

Las estrategias, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas y activos a bajo costo.

Informe de gestión:

La Organización cuenta con un informe detallado que permite registrar información del proceso de mantenimiento en forma sistemática. Se utiliza para apoyar a la gerencia general en el conocimiento de los avances reales del plan previamente establecido para cada uno los procesos de mantenimiento y de esta manera ajustar, corregir o mantener aquellos aspectos claves en el éxito de la gestión.” (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 2: Dinámica organizacional.

Roles y responsabilidades:

La organización de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la empresa y posee un organigrama para ésta. Se tiene documentación escrita de los roles y responsabilidades para los diferentes puestos de trabajos requeridos en los departamentos dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.

Autoridad y autonomía:

Las personas asignadas a mantenimiento cuentan con el apoyo de la gerencia, poseen autoridad y autonomía para el desarrollo, cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.

Sistemas de información:

La Organización de mantenimiento posee un sistema de información que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento para la toma de

decisiones (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, horas hombre, costos, información sobre equipos, entre otras)”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 3: Procesos de mantenimiento.

Captura y diagnóstico:

Se tiene definido un subproceso de captura y diagnóstico que cubre el área de mantenimiento predictivo e ingeniería de mantenimiento y comprende el proceso técnico y especializado de inspección del activo. En esta etapa se realizan análisis de integridad de las instalaciones, pruebas de capacidad, monitoreo de condiciones y registro de la información técnica para definir o evaluar cambios de ciclos o políticas de mantenimiento, garantiza la calidad, incluyendo las prácticas de ejecución de los servicios mediante inspecciones y auditorías técnicas de los mismos.

Planificación:

Se tiene definido un subproceso de Planificación donde toma los resultados de Captura y Diagnóstico, integra los procesos estratégicos de mantenimiento, y establece la dirección mediante las políticas, planes de corto y mediano plazo, costos de actividades, estrategias de contratación, planes de procura y recursos humanos, para asegurar los costos óptimos y la integridad de las instalaciones y equipos.

Programación:

Se cuenta con un subproceso de programación que toma los resultados de Planificación o las actividades no planificadas, para sincronizarlas en el tiempo. En este proceso se realiza la optimización y sincronización de las actividades diarias, semanales, se coordina el suministro de materiales e insumos necesarios para las actividades, se registra la información de costos y estadísticas de todas las actividades ejecutadas,

atención de emergencias, se coordinan las guardias y disponibilidad del personal, recursos y empresas subcontratistas que sean necesarias para cubrir eventualidades.

Ejecución:

La organización de mantenimiento tiene un proceso donde se ejecutan las actividades programadas. En este proceso se efectúa la ejecución del servicio y la entrega de la instalación. De ser necesario se gerencia el paro de planta y asegura la optimización de los recursos. Se garantiza el cumplimiento de normas de seguridad, salud higiene y ambiente.

Cierre:

La organización de mantenimiento consolida, evalúa y analizan los resultados o salidas de los subprocesos anteriores, lo que implica la interacción y sinergia de todas las funciones para asegurar ante el cliente, la ejecución efectiva del mantenimiento. En este proceso se efectúa la retroalimentación del cumplimiento de los objetivos y apoya la dirección en la toma de decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo”.
(Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 4: Mantenimiento Operacional (M.O).

Planificación del Mantenimiento Operacional:

Se cuenta con una infraestructura y procedimientos de trabajo para que las acciones de mantenimiento operacional sean ejecutadas en forma organizada. El departamento de operaciones tiene claramente establecidas las actividades diarias de mantenimiento operacional que deben realizar a los activos, tales como; limpieza cotidiana, tareas de lubricación, ajustes, apriete de tornillos o conexiones e inspección, algunos reemplazos y reparaciones menores. Estas actividades deben ser registradas y documentadas

adecuadamente en el Sistema de Información para garantizar la comunicación eficaz con mantenimiento.

Programación y ejecución del mantenimiento operacional:

La ejecución de las acciones del mantenimiento operacional está programada de manera que el tiempo de ejecución es parte del proceso productivo, la frecuencia de ejecución está establecida y en su mayoría se realiza por cada rotación de guardia. La ejecución de este mantenimiento lleva consigo una supervisión operacional que permite controlar la ejecución de dichas actividades.

Control y evaluación del mantenimiento operacional:

Existe un procedimiento de trabajo donde el departamento de operaciones en conjunto con el de mantenimiento disponen de mecanismos que permitan llevar los registros y control de este mantenimiento”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N°5: Mantenimiento Predictivo (MPd).

Planificación del mantenimiento predictivo:

Se cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento predictivo se lleven en una forma organizada. Se tiene un programa de rutina de inspección predictiva en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde diaria y hasta anuales a ser ejecutadas a los activos. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de inspección de los elementos más importantes.

Programación y ejecución del mantenimiento predictivo:

Se tiene establecidas instrucciones detalladas para inspeccionar cada elemento de los equipos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas inspecciones, distribuidas en un calendario anual. La programación y ejecución de estas inspecciones posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de operaciones.

Control y evaluación del mantenimiento predictivo:

Se dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 6: Mantenimiento Preventivo (MP).

Determinación de parámetros:

Se tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de equipos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad, dispone de los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.

Planificación del mantenimiento preventivo:

Se cuenta con la infraestructura de apoyo requerida para realizar mantenimiento preventivo y dispone de un estudio previo que le permita conocer los equipos que requieren este mantenimiento.

Programación y ejecución del mantenimiento preventivo:

Las actividades de mantenimiento preventivo están debidamente planificadas y programadas, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de

operaciones y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.

Control y evaluación del mantenimiento preventivo:

En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 7: Sistema de gestión y Control del Mantenimiento.

Manejo de órdenes de trabajo:

Estas deben estar introducidas en el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento, cuyo formato de orden debe ser adecuado: fácil de completar, sin duplicidad de información y que contengan todos los datos valiosos para su posterior análisis, en él se deben registrar y documentar todas las actividades de mantenimiento incluyendo mantenimiento operacional, predictivo, preventivo y correctivo.

Sistema empleado:

El Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento no necesariamente tiene que ser un software de mantenimiento, puede ser una hoja de cálculo, para poder disponer de la información generada en cada orden y para su análisis. Debe cumplir con independencia de los datos (al cambiar la estructura de algún dato no debe afectar la aplicación), integridad de los datos (debe existir restricciones que aseguren la correcta introducción, modificación y borrado de los mismos, no debe existir redundancia de datos) y seguridad (debe existir diferentes niveles de acceso para diferentes tipos de usuarios).

Información generada:

Los informes que genera el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento deben ser sencillos, claros y proporciona información normalizada y sistematizada, en tiempo oportuno y con la periodicidad adecuada”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 8: Planificación y Programación del Mantenimiento:

Objetivos y metas:

La organización de mantenimiento cuenta con la función de planificación y programación, la cual debe tener un plan de acción claro y detallado, con objetivos y metas establecidas de cada una de las necesidades de los activos y los tiempos de realización de acciones de mantenimiento que garanticen la disponibilidad de los sistemas.

Políticas para la planificación y programación:

La organización de mantenimiento ha establecido una política general que involucra campo de acción, justificación, medios y objetivos que persigue. Existen políticas que garantizan los recursos necesarios para disponer de planificación y programación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento.

Control y evaluación:

Se cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes y la programación de mantenimiento”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N°9: Personal.

Cuantificación de las necesidades del personal:

La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Selección y formación:

La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra).

Motivación e incentivos:

La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascenso o aumentos salariales”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 10: Costos de mantenimiento.

Presupuesto de mantenimiento:

La organización de mantenimiento cuenta con el presupuesto adecuado para la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Registros de costos de mantenimiento:

La organización de mantenimiento mantiene un registro adecuado de los costos de mantenimiento realizados con fuerza propia y contratada.

Análisis de costos de mantenimiento:

La organización de mantenimiento realiza análisis de costo de mantenimiento, que permita determinar la obsolescencia de equipos y de evaluar alternativas entre la ejecución con recursos propio o contratados, entre otros.

Control y seguimiento de costos de mantenimiento:

La organización de mantenimiento cuenta con herramientas de monitoreo continuo en la ejecución del presupuesto”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 11: Recursos.

Equipos:

La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.

Herramientas:

La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.

Materiales/repuestos:

La organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales y repuestos de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de

espera por materiales y repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales y repuestos para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material y repuestos, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales y repuestos utilizados en mantenimiento”. (Vásquez. G, 2007)

“Variable N° 12: Ordenes de Mantenimiento (ODM).

Elaboración ODM:

La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para la elaboración de ODM para identificar y requerir el trabajo, en función de los requerimientos operacionales.

Administración ODM:

La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para garantizar que las ODM generadas sirvan para establecer prioridad del trabajo, programar el trabajo, activar el trabajo, y dar seguimiento al trabajo.

Cierre ODM:

La organización dispone de mecanismos eficientes para garantizar la utilización de las ODM para dar seguimiento al trabajo y analizar el trabajo, controlar y supervisar las actividades de trabajo, analizar cada actividad ejecutada, identificar su costo, las pérdidas y tendencias de los problemas”. (Vásquez. G, 2007)

Es importante indicar que para completar la calificación de cada demerito, se realizó entrevistas y encuestas al personal encargado de la Gerencial/Administrativo del área de Mantenimiento, en resumen, con este instrumento se pudo determinar un valor porcentual que mide la gestión de mantenimiento actual, con que se cuenta, basada en la escala antes explicada.

En la tabla 5 se muestra los criterios evaluados para una gestión de mantenimiento efectivo y de las cuales la auditoría técnica de mantenimiento recolecta, analiza y brinda la información.



Tabla N° 5 Criterios Evaluados

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 1)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 1	FILOSOFÍA Y GESTIÓN			
1.1	Misión y Visión			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento tiene establecida una misión y visión clara, que la identifica y es compartida por la mayoría de los trabajadores. La misión muestra el compromiso con la visión, indica el grado al que la organización alinea su estructura interna, políticas y procedimientos. La visión está definida con amplitud y detalle, es sistemática, involucra a todos los departamentos de la organización.	100		
	Deméritos			
	1.1.1 No se encuentran definidos por escrito la misión y la visión de la Organización de mantenimiento		25	10
	1.1.2 La misión y la visión de la Organización de mantenimiento no es compartida por la mayoría de los trabajadores		25	15
	1.1.3 Los trabajadores de la Organización de mantenimiento no están identificados con la misión y visión		25	10
	1.1.4 La misión y la visión no se alinean a la estructura organizativa, políticas y procedimientos		25	10
1.2	Políticas y Objetivos			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento tiene establecido políticas para la consecución de los objetivos, que sirven como guía para el planteamiento de metas y la elaboración de estrategias, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas y activos a bajo costo.	100		
	Deméritos			
	1.2.1 No se encuentran definidos por escrito las políticas y objetivos de la Organización de mantenimiento		25	15
	1.2.2 Las políticas y los objetivos de la Organización de mantenimiento no es compartida por la mayoría de los trabajadores		25	5
	1.2.3 Los trabajadores de la Organización de mantenimiento no están identificados con las políticas y los objetivos		25	10
	1.2.4 Las políticas y los objetivos no se alinean a la estructura organizativa, políticas y procedimientos		25	5
1.3	Informe de gestión			
	Principio básicos			
	La Organización cuenta con un informe detallado que permite registrar información del proceso de mantenimiento en forma sistemática. Se utiliza para apoyar a la gerencia general en el conocimiento de los avances reales del plan previamente establecido para cada uno de los procesos de mantenimiento y de esta manera ajustar, corregir o mantener aquellos aspectos claves en el éxito de la gestión.	100		
	Deméritos			
	1.3.1 No se cuenta con un sistema adecuado de presentación de informes de mantenimiento, con el cual se permita registrar los trabajos efectuados de manera sistemática		25	15
	1.3.2 Los trabajadores del área de mantenimiento no cuentan con el alcance a revisar los historiales, u ordenes de trabajo, previamente a la realización de los trabajos de mantenimiento en un sistema de registro sistemático		25	10
	1.3.3 La gerencia de mantenimiento y la gerencia general se apoyan en un sistema de registro sistemático respecto de las labores efectuadas de mantenimiento		25	5
	1.3.4 Los ejecutivos de la organización no tienen la información a tiempo y registrada de manera sistemática para poder tomar decisiones oportunas respecto de los trabajos ejecutados y avances de mantenimiento		25	5
		300		115
				38%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 2)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 2	DINAMICA ORGANIZACIONAL			
2.1	Roles y Responsabilidades			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la empresa y posee un organigrama para ésta. Se tiene documentación escrita de los roles y responsabilidades para los diferentes puestos de trabajos requeridos en los departamentos dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.	100		
	Deméritos			
2.1.1	No se encuentra bien definido el Organigrama del área de Mantenimiento dentro de la empresa, y no está a la vista de sus trabajadores.		35	20
2.1.2	No se encuentra la documentación de manera adecuada en donde se indica los roles y responsabilidades de los diferentes puestos de trabajo de mantenimiento dentro de la		30	10
2.1.3	Los recursos asignado no son los adecuados, con los que se permite el cumplimiento de los objetivos planeados para la ejecución de las labores de mantenimiento		35	10
2.2	Autoridad y Autonomía			
	Principio básico			
	Las personas asignadas a mantenimiento cuentan con el apoyo de la gerencia, poseen autoridad y autonomía para el desarrollo, cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	100		
	Deméritos			
2.2.1	No se evidencia con el apoyo necesario de parte de la gerencia de mantenimiento al personal directo para la ejecución de sus labores		25	15
2.2.2	El personal de mantenimiento no posee autoridad, liderazgo, autonomía para el desarrollo de los planes de mantenimiento		25	15
2.2.3	Los trabajadores de la Organización de mantenimiento no cumplen a cabalidad con sus labores de mantenimiento a causa de la carencia de autoridad y autonomía.		25	15
2.2.4	objetivos dentro del área de mantenimiento, a fin de que estos se lleven a cabo dentro de las normativas establecidas.		25	10
2.3	Sistemas de Información			
	Principio básicos			
	La Organización de mantenimiento posee un sistema de información que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento para la toma de decisiones (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, horas hombre, costos, información sobre equipos, entre otras).	100		
	Deméritos			
2.3.1	No se cuenta con un sistema de información adecuado en donde se permita manejar de manera adecuada y óptima la información referente a los trabajos de mantenimiento planificado, y		25	15
2.3.2	Los trabajadores tienen acceso a una base de datos dentro de un sistema de información de mantenimiento, en donde pueden hacer consultas de los historiales y de las ordenes de trabajo efectuadas a los equipos de la empresa y en especial a la subestación eléctrica de 20 MVA.		25	10
2.3.3	No se tiene un registro sistemático referido a los análisis de las variables referidas al mantenimiento predictivo, registro que esta al alcance del área de mantenimiento.		25	10
2.3.4	Los datos con que se cuenta respecto a los registros de las labores de mantenimiento, no permiten efectuar análisis estadísticos para la toma de decisiones respecto de los trabajos de mantenimiento.		25	10
		300		140
				47%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 3)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 3	PROCESOS DE MANTENIMIENTO			
3.1	Captura y Diagnóstico			
	Principio básico			
	el área de mantenimiento predictivo e ingeniería de mantenimiento y comprende el proceso técnico y especializado de inspección del activo. En esta etapa se realizan análisis de integridad de las instalaciones, pruebas de capacidad, monitoreo de condiciones y registro de la información técnica para definir o evaluar cambios de ciclos o políticas de mantenimiento, garantiza la calidad, incluyendo las prácticas de ejecución de los servicios mediante inspecciones y auditorías técnicas de los mismos.	100		
	Deméritos			
3.1.1	No se tiene definido un subproceso de captura y diagnóstico que cubre el área de mantenimiento predictivo e ingeniería de mantenimiento		20	10
3.1.2	No se tiene un determinado proceso técnico y especializado de inspección de un activo dentro de la organización del mantenimiento relacionado a los trabajos de mantenimiento para la subestación eléctrica de 20 MVA.		20	10
3.1.3	No se tiene definido los niveles de calidad de los servicios de mantenimiento, según normas		20	5
3.1.4	Se tiene establecidas las pruebas de capacidad, monitoreo y registro de las información técnica que permita definir o evaluar los cambios de ciclos o políticas de mantenimiento.		20	5
3.1.5	No se cuenta con un sistema de auditorías técnicas internas ni externa que permita evaluaciones para la ejecución pre y post mantenimientos de la sub estación eléctrica de 20 MVA		20	0
3.2	Planificación			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento tiene definido un subproceso de Planificación donde toma los resultados de Captura y Diagnóstico, integra los procesos estratégicos de mantenimiento, y establece la dirección mediante las políticas, planes de corto y mediano plazo, costos de actividades, estrategias de contratación, planes de procura y recursos humanos, para asegurar los costos óptimos y la integridad de las instalaciones y equipos.	100		
	Deméritos			
3.2.1	No se cuenta dentro de la organización de mantenimiento un subproceso de planificación		25	15
3.2.2	Dentro de la planificación de mantenimiento de la subestación eléctrica de 20 MVA se tiene la política de diagnóstico, análisis y captura de data, integrado a los procesos estratégicos de		25	10
3.2.3	No se cuenta con las políticas de mantenimiento para la sub estación eléctrica de 20 MVA a corto, mediano y largo plazo		25	5
3.2.4	No se tiene estrategias para la captación, evaluación y contratación de servicios personalizados para la ejecución de los mantenimientos de la sub estación eléctrica de 20 MVA		25	10
3.3	Programación			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento tiene un subproceso de programación que toma los resultados de Planificación o las actividades no planificadas, para sincronizarlas en el tiempo. En este proceso se realiza la optimización y sincronización de las actividades diarias, semanales, se coordina el suministro de materiales e insumos necesarios para las actividades, se registra la información de costos y estadísticas de todas las actividades ejecutadas, atención de emergencias, se coordinan las guardias y disponibilidad del personal, recursos y empresas subcontratistas que sean necesarias para cubrir eventualidades.	100		
	Deméritos			
3.3.1	No se cuenta dentro de la organización de mantenimiento un subproceso de programación		20	15
3.3.2	No se tiene un sistema sincronizado en el tiempo para las actividades de mantenimiento de manera diaria, semanal, etc.		20	5
3.3.3	No se coordina de manera adecuada y optimizada a tiempo con la sponibilidad de materiales e insumos para las actividades de mantenimiento		20	5
3.3.4	No se registra las información de costos y estadísticas de las actividades ejecutadas, atención de emergencias		20	5
3.3.5	No se coordina de manera adecuada la disponibilidad del perosnal, recursos y empresas subcontratistas necesarias para cubrir eventualidades.		25	5

3.4	Ejecución			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento tiene un proceso donde se ejecutan las actividades programadas. En este proceso se efectúa la ejecución del servicio y la entrega de la instalación. De ser necesario se gerencia el paro de planta y asegura la optimización de los recursos. Se garantiza el cumplimiento de normas de seguridad, salud higiene y ambiente.	100		
	Deméritos			
3.4.1	No se cuenta con un proceso donde se ejecutn las actividades programadas de mantenimiento		30	15
3.4.2	No se tiene eun proceso por el cual se efectúa la ejecución del servicio y la entrega de la instalación posterior a los trabajo ejecutados de mantenimiento de la sub estación eléctrica		30	10
3.4.3	No se garantiza el cumplimiento de las normas de seguridad, salud, hiciene y ambiente.		40	5
3.5	Cierre			
	Principio básicos			
	La organización de mantenimiento consolida, evalúa y analizan los resultados o salidas de los subprocesos anteriores, lo que implica la interacción y sinergia de todas las funciones para asegurar ante el cliente, la ejecución efectiva del mantenimiento. En este proceso se efectúa la retroalimentación del cumplimiento de los objetivos y apoya la dirección en la toma de decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo.	100		
	Deméritos			
3.5.1	La organización de mantenimiento no consolida, evalúa y analizan los resultados o salidas de los subprocesos anteriores, lo que implica la interacción y sinergia de todas las funciones para asegurar ante el cliente, la ejecución efectiva del mantenimiento		40	20
3.5.2	No se efectua la retroalimentación del cumplimiento de los objetivos		30	10
3.5.3	La Dirección no apoya en la toma de desiciones de carácter estratégico, técnico y operativo		30	15
		500	180	
				36%



INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 4)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 4	MANTENIMIENTO OPERACIONAL			
4.1	Planificación del Mantenimiento Operacional			
	Principio básico			
	La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos de trabajo para que las acciones de mantenimiento operacional sean ejecutadas en forma organizada. El departamento de operaciones tiene claramente establecidas las actividades diarias de mantenimiento operacional que deben realizar a los activos, tales como; limpieza cotidiana, tareas de lubricación, ajustes, apriete de tornillos o conexiones e inspección, algunos reemplazos y reparaciones menores. Estas actividades deben ser registradas y documentadas adecuadamente en el Sistema de Información para garantizar la comunicación eficaz con mantenimiento.	100		
	Deméritos			
4.1.1	No se cuenta con una infraestructura y procedimientos de trabajo para las acciones del mantenimiento operacional, a fin de que estas sean efectuadas de manera organizada		25	10
4.1.2	No se tiene de manera clara las actividades de mantenimiento operacional que deben ser efectuadas a los equipos de la subestación eléctrica de 20 MVA		25	15
4.1.3	No hay un registro documentado del Sistema de Información que garantice la comunicación eficaz con el área de mantenimiento		25	5
4.1.4	Se tiene establecidas las pruebas de capacidad, monitoreo y registro de las información técnica que permita definir o evaluar los cambios de ciclos o políticas de mantenimiento.		25	5
4.2	Planificación y programación del Mantenimiento Operacional			
	Principio básico			
	La ejecución de las acciones del mantenimiento operacional están programadas de manera que el tiempo de ejecución es parte del proceso productivo, la frecuencia de ejecución está establecida y en su mayoría se realiza por cada rotación de guardia. La ejecución de este mantenimiento lleva consigo una supervisión operacional que permite controlar la ejecución de dichas actividades.	100		
	Deméritos			
4.2.1	de manera que el tiempo de ejecución es parte del proceso productivo, la frecuencia de ejecución está establecida y en su mayoría se realiza por cada rotación de guardia. La ejecución de este mantenimiento lleva consigo una supervisión operacional que permite controlar la ejecución de dichas actividades.		50	20
4.2.2	En la ejecución del mantenimiento no se lleva una supervisión operacional adecuada con la cual se permita efectuar el control de la ejecución de dichas actividades de mantenimiento.		50	30
4.3	Control y evaluación del mantenimiento operacional			
	Principio básico			
	Existe un procedimiento de trabajo donde el departamento de operaciones en conjunto con el de mantenimiento disponen de mecanismos que permitan llevar los registros y control de este mantenimiento.	100		
	Deméritos			
4.3.1	No existe un procedimiento de trabajo de coordinación entre las áreas del mantenimiento y de		50	15
4.3.2	No existe un sistema de control compartido de los registros de mantenimiento efectuados y que estén al alcance de las respectivas áreas		50	5
		300		105
				35%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 5)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 5	MANTENIMIENTO PREDICTIVO			
5.1	Planificación del Mantenimiento Predictivo			
	Principio básico			
	La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento predictivo se lleven en una forma organizada. Se tiene un programa de rutina de inspección predictiva en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde diaria y hasta anuales a ser ejecutadas a los activos. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de inspección de los elementos más importantes.	100		
	Deméritos			
5.1.1	No se cuenta con una infraestructura y procedimientos de trabajo para las acciones del mantenimiento predictivo, a fin de que estas sean efectuadas de manera organizada		25	10
5.1.2	No se tiene de manera clara ni las técnicas apropiadas de ejecución del mantenimiento predictivo a ser efectuadas a los equipos de la subestación eléctrica de 20 MVA		25	15
5.1.3	No hay un registro documentado del Sistema de Información que garantice la data y los resultados de estos respecto de las aplicaciones de las técnicas de mantenimiento predictivo		25	5
5.1.4	No se tiene un plan y programa para la ejecución de las técnicas predictivas de mantenimiento para la subestación de transformación de 20 MVA		25	10
5.2	Planificación y programación del Mantenimiento Predictivo			
	Principio básico			
	La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para inspeccionar cada elemento de los equipos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas inspecciones, distribuidas en un calendario anual. La programación y ejecución de estas inspecciones posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de operaciones.	100		
	Deméritos			
5.2.1	En la ejecución de las acciones del mantenimiento predictivo, no se tiene un sistema programado de manera que el tiempo de ejecución es parte del proceso productivo, la frecuencia de ejecución está establecida y en su mayoría se realiza por cada rotación de guardia. La ejecución de este mantenimiento lleva consigo una supervisión operacional que permite controlar la ejecución de dichas actividades.		50	10
5.2.2	En la programación y en la ejecución del mantenimiento predictivo, no se lleva una supervisión operacional adecuada con la cual se permita efectuar el control de la ejecución de dichas actividades de mantenimiento.		50	10
5.3	Control y evaluación del mantenimiento predictivo			
	Principio básico			
	La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.	100		
	Deméritos			
5.3.1	No existe mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento respecto de su programación.		50	15
5.3.2	No existe un sistema de control compartido de los registros de mantenimiento predictivo efectuados y que estén al alcance de las respectivas áreas		50	10
		300		85
				28%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 KV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 6)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
6.1	Determinación de los parámetros			
	Principio básico			
	La organización tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de equipos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad, dispone de los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.	100		
	Deméritos			
6.1.1	No se tiene establecido el objetivo referido a la efectividad del sistema, asegurando una disponibilidad del equipo - subestación de transformación de 20 MVA.		30	20
6.1.2	No se tiene efectividad respecto a la confiabilidad y la mantenibilidad respecto de los trabajos de mantenimiento preventivo.		30	5
6.1.3	No se dispone de los recursos necesarios para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas, mediante el análisis de indicadores claves de mantenimiento		40	0
6.2	Planificación del Mantenimiento Preventivo			
	Principio básico			
	Se cuenta con la infraestructura de apoyo requerida para realizar mantenimiento preventivo y dispone de un estudio previo que le permita conocer los equipos que requieren este mantenimiento.	100		
	Deméritos			
6.2.1	No se cuenta con la infraestructura de apoyo requerida para realizar mantenimiento preventivo y dispone de un estudio previo que le permita conocer los equipos que requieren este mantenimiento.		50	30
6.2.2	No se tiene un sistema de control para el elaboración de un sistema de mantenimiento preventivo		50	25
6.3	Programación y ejecución del Mantenimiento Preventivo			
	Principio básico			
	Las actividades de mantenimiento preventivo están debidamente planificadas y programadas, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de operaciones y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	100		
	Deméritos			
6.3.1	Las actividades de mantenimiento preventivo no están debidamente planificadas y programadas, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de operaciones		50	30
6.3.2	No se realizan de manrea progresiva las planificaciones de mantenimiento preventivo		50	30
6.3	Control y evaluación del mantenimiento preventivo			
	Principio básico			
	En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.	100		
	Deméritos			
6.3.1	No existe recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento		50	15
6.3.2	No se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.		50	15
		400		170
				43%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 7)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 7	SISTEMA DE GESTION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO			
7.1	Manejo de órdenes de trabajo			
	Principio básico			
	Las órdenes de trabajo deben estar introducidas en el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento, cuyo formato de orden debe ser adecuado: fácil de completar, sin duplicidad de información y que contengan todos los datos valiosos para su posterior análisis, en él se deben registrar y documentar todas las actividades de mantenimiento incluyendo mantenimiento operativo, predictivo, preventivo y correctivo.	100		
	Deméritos			
7.1.1	No existe un formato adecuado de órdenes de trabajo dentro del Sistema de gestión y Control de Mantenimiento.		40	10
7.1.2	No se tiene un registro de las labores o tareas de trabajos efectuados de manera correlativa, a corde a un sistema de ordenes de trabajo.		20	5
7.1.3	La data obtenida de los trabajos efectuados respecto de los de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, no se registran de manera adecuada para su posterior análisis.		40	0
7.2	Sistema empleado			
	Principio básico			
	El Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento no necesariamente tiene que ser un software de mantenimiento, puede ser una hoja de cálculo, para poder disponer de la información generada en cada orden y para su análisis. Debe cumplir con independencia de los datos (al cambiar la estructura de algún dato no debe afectar la aplicación), integridad de los datos (debe existir restricciones que aseguren la correcta introducción, modificación y borrado de los mismos, no debe existir redundancia de datos) y seguridad (debe existir diferentes niveles de acceso para diferentes tipos de usuarios).	100		
	Deméritos			
7.2.1	El sistema de control no cuenta con un registro en papel o software de mantenimiento para poder disponer de la información generada en cada orden y para su análisis		40	20
7.2.2	No se tiene un sistema de interrelacione la data, modo tal que al cambio de una variable, se pueda obtener relación en otras variables.		20	5
7.2.3	Existe redundancia en los datos obtenidos, almacenados, evaluados y analizados		20	5
7.2.4	El sistema empleado, no tiene disponibilidad de accesos a varios usuarios de diferentes áreas en la organización		20	5
7.3	Información generada			
	Principio básico			
	Los informes que genera el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento deben ser sencillos, claros y proporciona información normalizada y sistematizada, en tiempo oportuno y con la periodicidad adecuada.	100		
	Deméritos			
7.3.1	Los informes que genera el Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento no son sencillos, claros, tampoco proporcionan la información normalizada y sistematizada, en tiempo oportuno y con la periodicidad adecuada.		100	20
		300		70
				23%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 8)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 8	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO			
8.1	Objetivos y Metas			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento cuenta con la función de planificación y programación, la cual debe tener un plan de acción claro y detallado, con objetivos y metas establecidas de cada una de las necesidades de los activos y los tiempos de realización de acciones de mantenimiento que garanticen la disponibilidad de los sistemas.	100		
	Deméritos			
8.1.1	La organización no cuenta con la función de planificación y programación, por lo cual debe tener un plan de acción claro y detallado.		40	10
8.1.2	La organización no cuenta con objetivos y metas establecidas en cada una de las necesidades de los		30	10
8.1.3	La organización no cuenta con un estándar respecto a los tiempos de realización de las actividades de mantenimiento, las que garanticen la disponibilidad de los sistemas		30	10
8.2	Políticas para la planificación y Programación de Mantenimiento			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento ha establecido una política general que involucra campo de acción, justificación, medios y objetivos que persigue. Existen políticas que garantizan los recursos necesarios para disponer de planificación y programación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento.	100		
	Deméritos			
8.2.1	La organización no ha establecido una adecuada política general, la cual involucre el campo de acción, justificación, medios y objetivos que esta persigue.		50	25
8.2.2	No existen recursos necesarios para disponer de planificación y programación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento		50	25
8.3	Control y Evaluación			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes y la programación de mantenimiento.	100		
	Deméritos			
8.3.1	En la organización de mantenimiento no se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes y la programación de mantenimiento.		50	40
8.3.2	La organización de mantenimiento no cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total.		50	20
		300		140
				47%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 9)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 9	PERSONAL			
9.1	Cuantificación de la Necesidades del Personal			
	Principio básico			
	La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.	100		
	Deméritos			
9.1.1	La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, no ha determinado el número óptimo de las personas que se requieren para la organización de mantenimiento, afon de poder alcanzar el cumplimiento de los objetivos propuestos.		100	80
9.2	Selección y Formación			
	Principio básico			
	la organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra).	100		
	Deméritos			
9.2.1	la organización no ha seleccionado de manera adecuada a su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra).		100	70
9.3	Motivación e Incentivos			
	Principio básico			
	La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascenso o aumentos salariales.	100		
	Deméritos			
9.3.1	La dirección de la empresa no tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. No existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones.		30	25
			20	10
9.3.2	La organización de mantenimiento no posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascenso o aumentos salariales.		50	30
		300		215
				72%



INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 10)			Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 10		COSTOS DE MANTENIMIENTO			
10.1		Presupuesto y Mantenimiento			
		Principio básico			
		La organización de mantenimiento cuenta con el presupuesto adecuado para la ejecución de las actividades de mantenimiento.	100		
		Deméritos			
	10.1.1	La organización de mantenimiento no cuenta con el presupuesto adecuado para la ejecución de las actividades de mantenimiento.		100	100
10.2		Registro de los Costos de Mantenimiento			
		Principio básico			
		La organización de mantenimiento mantiene un registro adecuado de los costos de mantenimiento realizados con fuerza propia y contratada.	100		
		Deméritos			
	10.2.1	La organización de mantenimiento no mantiene un registro adecuado de los costos de mantenimiento realizados con fuerza propia y contratada.		100	90
10.3		Análisis de Costos de Mantenimiento			
		Principio básico			
		la organización de mantenimiento realiza análisis de costo de mantenimiento, que permita determinar la obsolescencia de equipos y de evaluar alternativas entre la ejecución con recursos propio o contratados, entre otros.	100		
		Deméritos			
	10.3.1	La organización de mantenimiento no realiza análisis de costo de mantenimiento, que permita determinar la obsolescencia de equipos y de evaluar alternativas entre la ejecución con recursos propio o contratados, entre otros.		100	25
10.4		Control y Seguimiento de los Costos de Mantenimiento			
		Principio básico			
		La organización de mantenimiento cuenta con herramientas de monitoreo continuo en la ejecución del presupuesto.			
	10.4.1	La organización de mantenimiento no cuenta con herramientas de monitoreo continuo en la ejecución del presupuesto.		50	30
			300		255
					85%

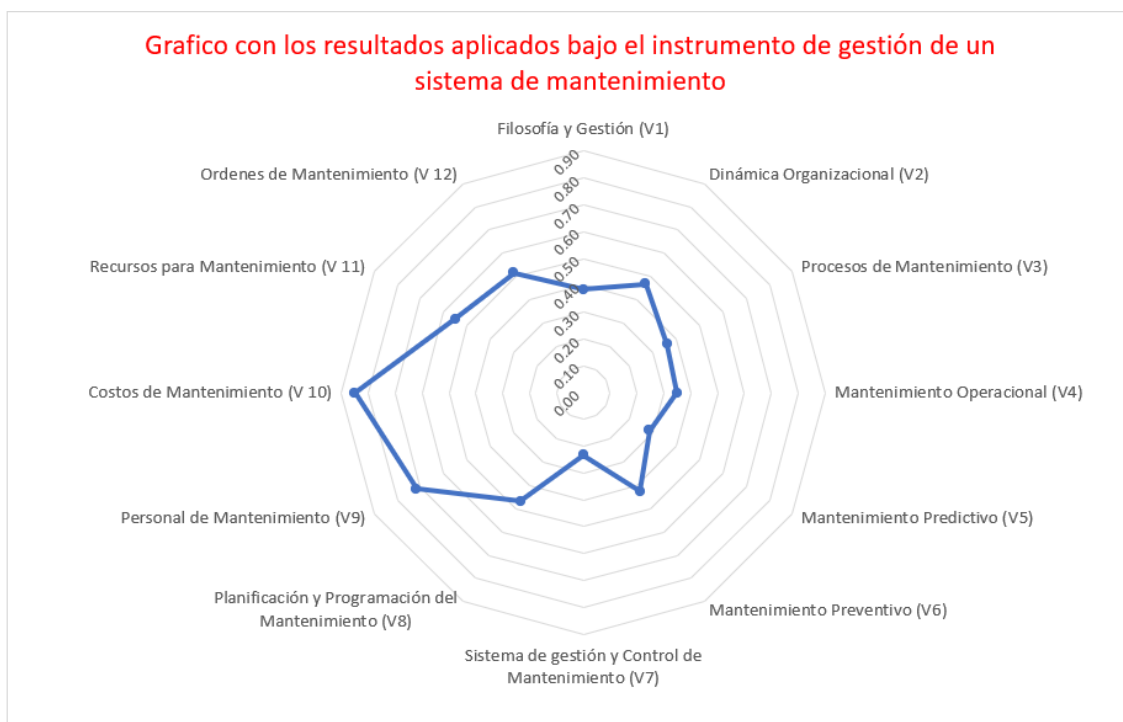
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 KV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 11)		Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 11	RECURSOS			
11.1	Equipos			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.	100		
	Deméritos			
	11.1.1 La organización de mantenimiento no posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas.		40	10
	11.1.2 La organización de mantenimiento para la selección y adquisición de equipos, no toma en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores.		40	30
	11.1.3 En la organización de mantenimiento no se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.		20	5
11.2	Herramientas			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.	100		
	Deméritos			
	11.2.1 La organización de mantenimiento no posee las herramientas adecuadas para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas.		40	20
	11.2.2 La organización de mantenimiento para la selección y adquisición de herramientas, no toma en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores.		40	30
	11.2.3 En la organización de mantenimiento no se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas, permitiendo el control de su uso de manera adecuada.		20	5
11.3	Materiales y Repuestos			
	Principio básico			
	La organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales y repuestos de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales y repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales y repuestos para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material y repuestos, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales y repuestos utilizados en mantenimiento.	100		
	Deméritos			
	11.3.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un stock de materiales y repuestos de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales y repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente.		40	30
	11.3.2 La organización de mantenimiento no posee una buena clasificación de materiales y repuestos para su fácil ubicación y manejo.		30	20
	11.3.3 En la organización de mantenimiento no se cuenta con políticas de inventario para los materiales y repuestos utilizados en mantenimiento.		30	15
		300		165
				55%

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20 MVA DE POTENCIA Y 138 kV - CENTRAL SOLAR MAJES, DE LA CIUDAD DE AREQUIPA (VARIABLE # 12)			Puntuación Máxima	Deméritos	Calificación
VARIABLE N° 12	ORDENES DE MANTENIMIENTO (ODM)				
12.1	Elaboración de Ordenes de Mantenimiento				
	Principio básico				
	La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para la elaboración de ODM para identificar y requerir el trabajo, en función de los requerimientos		100		
	Deméritos				
	12.1.1	La organización de mantenimiento no cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para la elaboración de ODM para identificar y requerir el trabajo, en función de los requerimientos		100	45
12.2	Administración de Ordenes de Mantenimiento				
	Principio básico				
	La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para garantizar que las ODM generadas sirvan para establecer prioridad del trabajo, programar el trabajo, activar el trabajo, y dar seguimiento al trabajo.		100		
	Deméritos				
	12.2.1	La organización de mantenimiento no cuenta con una infraestructura y procedimiento adecuado para garantizar que las ODM generadas sirvan para establecer prioridad del trabajo, programar el trabajo, activar el trabajo, y dar seguimiento al trabajo.		100	40
12.3	Cierre de Ordenes de Mantenimiento				
	Principio básico				
	La organización dispone de mecanismos eficientes para garantizar la utilización de las ODM para dar seguimiento al trabajo y analizar el trabajo, controlar y supervisar las actividades de trabajo, analizar cada actividad ejecutada, identificar su costo, las pérdidas y tendencias de los problemas.		100		
	Deméritos				
	12.3.1	La organización no dispone de mecanismos eficientes para garantizar la utilización de las ODM para dar seguimiento al trabajo y analizar el trabajo, controlar y supervisar las actividades de trabajo, analizar cada actividad ejecutada, identificar su costo, las pérdidas y tendencias de los problemas.		100	70
			300		155
					52%

Tabla N° 6 Calificación de Variables en Términos Unitarios de las 12 variables evaluadas.

Tabla N° 6 Calificación de Variables en términos unitarios				
	Límite Max	Valor Alcanzado	Variable	p.u.
VARIABLE 1	300	115	Filosofía y Gestión (V1)	0.38
VARIABLE 2	300	140	Dinámica Organizacional (V2)	0.47
VARIABLE 3	500	180	Procesos de Mantenimiento (V3)	0.36
VARIABLE 4	300	105	Mantenimiento Operacional (V4)	0.35
VARIABLE 5	300	85	Mantenimiento Predictivo (V5)	0.28
VARIABLE 6	400	170	Mantenimiento Preventivo (V6)	0.43
VARIABLE 7	300	70	Sistema de gestión y Control de Mantenimiento (V7)	0.23
VARIABLE 8	300	140	Planificación y Programación del Mantenimiento (V8)	0.47
VARIABLE 9	300	215	Personal de Mantenimiento (V9)	0.72
VARIABLE 10	300	255	Costos de Mantenimiento (V 10)	0.85
VARIABLE 11	300	165	Recursos para Mantenimiento (V 11)	0.55
VARIABLE 12	300	155	Ordenes de Mantenimiento (V 12)	0.52
	3900	1795		46%

Figura N° 6 Gráfico con los resultados aplicados bajo el instrumento de Gestión de un sistema de Mantenimiento.



CAPITULO V

5. RESULTADOS

Como consecuencia, el índice de semejanza obtuvo un valor porcentual equivalente a 46 %, indicador que nos da a conocer que la gestión de mantenimiento se ubicaba en un rango razonable pero mejorable. Además, se logro como resultado que, de los 12 criterios evaluados en la auditoria, los referidos al Mantenimiento Predictivo (V5) y de la filosofía y Gestión (V1) son los más críticos ya que obtuvieron el 28 % y 23 % respectivamente, lo que evidenciaba que para la subestación eléctrica de 20 MVA de potencia, 138 kV de tensión de la Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, era necesario el plantear y desarrollar un Sistema de gestión de Mantenimiento, ya que no consideraba con un plan de mantenimiento que garantice la confiabilidad de los equipos.

A continuación se alcanzó el 35% y 36% esto debido a la falta de Mantenimiento Operacional (V4) y Procesos de mantenimiento (V3), siendo los porcentajes más bajos evaluados en la auditoria. Se requiere entre otros formatos que faciliten estandarizar los procedimientos de trabajo. (Anexo V).

Luego de la inspección mediante la auditoría técnica de mantenimiento se procedió a desglosar los componentes o equipos en sistemas con la objetivo de hallar su criticidad para ello, se separó los equipos en 2 sub sistemas que se muestran en la figura N° 1 (Anexo I). En la figura N° 2, se observa los equipos que integran la subestación eléctrica de transformación.

Como parte del tercer objetivo referidos al diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento, con el que se pueda garantizar la confiabilidad operativa de la subestación la subestación eléctrica de 20 MVA 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, a continuación se presenta los programas de mantenimiento indicando en cada

una de estos las pautas a realizar en los diferentes equipos de dicha sub estación eléctrica, pautas que pueden ser integradas para su control en un software u otro elemento para su facilidad en su aplicación y uso.

5.1 Plan de Mantenimiento

TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 20 MVA, 138kV	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Análisis Termográfico		X		X	
Análisis Vibracional			X	X	
Medida por ultrasonido				X	
Análisis del aceite fisicoquímico y Cromatográfico				X	
Prueba de Rigidez dieléctrica del aceite dieléctrico, coloración y acidez					
Collar caliente a boquillas de alta tensión				X	
Pruebas eléctricas (resistencia de aislamiento de devanados, corriente de excitación, factor de potencia al aislamiento de los devanados, relación de transformación y respuesta de barrido de frecuencia).				X	
Inspección y mantenimiento de transformador, aisladores y conexiones eléctricas				X	
Inspección y ajuste de conexiones eléctricas del transformador lados Alta Tensión				X	
Inspección y ajuste de conexiones eléctricas del transformador lados Media Tensión				X	
Verificar los niveles de aceite	X				
Verificar Bushing y terminales		X			
Verificar funcionamiento de medidores	X				
Verificar fugas de aceite	X				
Verificar operación de ventiladores - convectores	X				
Verificar operación de calentadores	X				
Chequear estado de pintura superficial	X				
Chequeo de coloración de silicagel	X				
Verificación de ruidos extraños	X				
Chequeo de conexión fija a tierra				X	
Prueba de la válvula de explosión					
TRANSFORMADOR DE MEDIDA - CORRIENTE Y TENSIÓN	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Factor de Potencia					X
Verificación de resistencia de devanados					X
Pruebas de Aislamiento					X
Verificación de la relación de transformación y polaridad					X
Curvas de saturación					X
Curvas de magnetización					X
Prueba de Relación de Transformación - solo para trafo de tensión				X	

CAMBIADOR SELECTIVO TAPS BAJO CARGA	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES	
Verificar nivel de aceite	X					
Controlar la estanqueidad de la tapa del regulador.	X					
Tomar lecturas del manómetro del filtro de aceite y verificar que no sea mayor que cuatro bares	X					
Revisar operación de resistencia de calefacción	X					
Medición de resistencia de aislamiento del motor del filtro.					X	
Observar fuga de aceite	X					
Inspección visual del mecanismo, posición del tap y pruebas de operación			X			
Registrar la lectura del contador.	X					
Realizar una prueba dieléctrica del aceite				X		
Verificar los lubricantes de los engranajes				X		
Limpieza de radiadores y otros equipos de tranferencia de calor			X			
Operar el LTC a pleno rango de Taps, observar el mecanismo, el indicador de taps y fines de carrera				X		
Verificar el ajuste del conecxionado				X		
Realizar una prueba de pérdidas dieléctricas en el aceite.				X		
RELÉ BUCHHOLZ	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES	
Verificar que el relé este lleno de aceite.	X					
Realizar pruebas de operación.				X		
Verificar estanqueidad del relé				X		
RELÉ DE PRESIÓN	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES	
Verificar el estado del relé, pruebas de operación y ausencia de humedad				X		
Verificar estanqueidad del relé				X		
INTERRUPTOR DE POTENCIA	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Tiempo de operación					X	
Medida de desplazamiento				X		
Resistencia de aislamiento				X		
Consumo y resistencia de bobinas de cierre y apertura				X		
Medidas de sobrealcance y rebote				X		
Factor de potencia				X		
Consumo y resistencia del motor				X		
Sincronismo de apertura y cierre				X		
Prueba de simultaneidad de polos al cierre a la apertura						X
Análisis Termográfico						X
Medida de la velocidad y desplazamiento, de indicación del estado del accionamiento mecánico						X
Medida de la resistencia de contacto dinámico						X
Medida del punto de rocío (asociado al grado de pureza del SF6 por contaminación)				X		
Análisis químico de subproductos de la descomposición del gas SF6				X		
Análisis de propiedades eléctricas y físicas del gas, similar a los ensayos de aceite dieléctrico, humedad y rigidez dieléctrica					X	
Collar caliente a boquillas						X
Revisión de los mecanismos en general					X	
SECCIONADOR DE POTENCIA	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Pruebas de Aislamiento					X	
Verificación de resistencia de contactos					X	
Verificación de cierre y apertura de contactos					X	
LINEAS DE TRANSMISIÓN	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Evacuación Líneas L-1032 y L-1036					X	
Limpieza y Engrase conductivo a contactos de seccionadores de alta tensión en transformador 138 KV lado Alta Tensión					X	
Inspección visual a nivel de piso del recorrido de línea de subestación de Majes Arcus hasta la bifurcación en la carretera Panamericana Sur.		X				
Limpieza de las Bahías de las líneas L-1032 y L-1036					X	
Limpieza y Engrase de la MAJES - seccionador de potencia					X	
Inspección visual de línea a nivel de piso		X				
CABLES CONDUCTORES	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Inspección termográfica					X	
Inspección visual para detectar la existencia en el conductor líneas de fugas estrechas de forma continua o discontinua y líneas de fugas anchas y continuas					X	
Inspección visual para detectar la existencia en el conductor líneas de fugas anchas y continuas					X	

PARARRAYOS	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Limpieza de pararrayo e interruptor de potencia 1125-INP02					X	
Factor de potencia para pararrayos						X
Pruebas de aislamiento a pararrayos						X
Prueba de corriente de fuga						X
SISTEMAS DE PUESTA DE TIERRA	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Medidas de tensión de paso y contacto					X	
Medidas de la Resistencia de puesta a tierra					X	

CELDA DE ALTO VOLTAJE	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Pruebas de aislamiento al barraje					X	
Pruebas de interruptores					X	
Análisis termográfico				X		

RELES DE PROTECCIÓN	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Comprobación de disparos y alarmas				X		
Verificar ajuste de conexiones.					X	
Calibración de corrientes y de tiempos.						X
Pruebas dieléctricas.					X	
Análisis termográfico						X

BANCO DE BATERÍAS	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Prueba de densidad			X			
Prueba de temperatura			X			
Verificación de condiciones de tensión y corriente		X				
Verificación de los niveles del electrolito			X			
Efectuar limpieza general a banco de baterías		X				
Verificar sistema de alarmas		X				

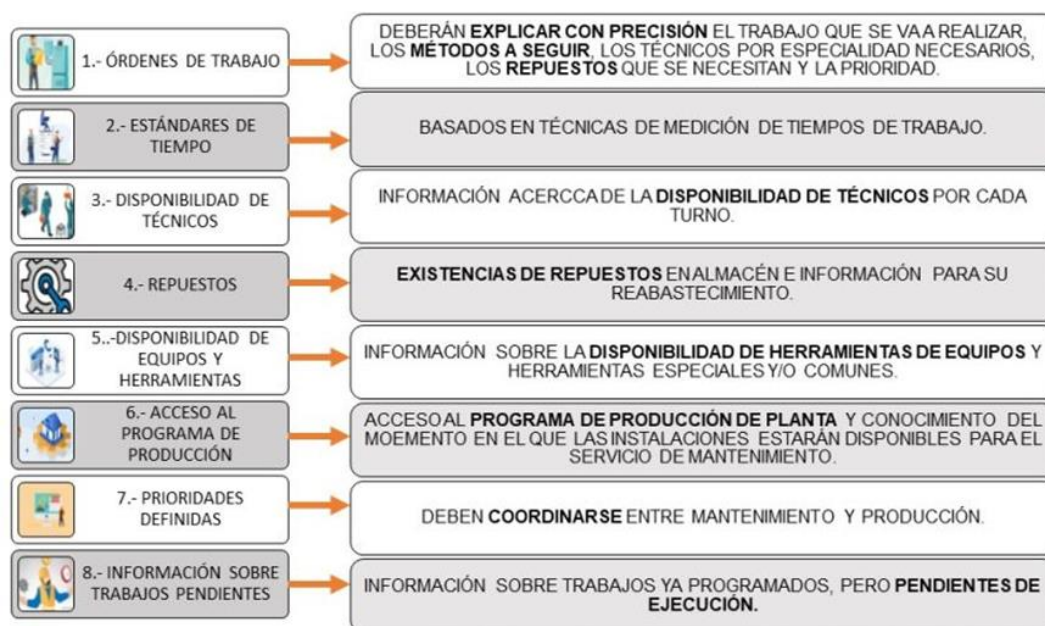
ESTRUCTURAS EN GENERAL	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Inspección visual sobre la condición de las fundaciones y terreno alrededor de las torres, tales como suelos dispersivos, falla de talud ante eventos sísmicos y erosión del terreno.					X	
Inspección visual para determinar en las estructuras la existencia de elementos y tornillos dañados, pérdida del galvanizado, manchas de oxidación, surgimiento de burbujas y escamas, expansión y pérdida de su sección					X	

AISLAMIENTOS	DIARIAS	MENSUALES	TRIMESTRALES	SEMESTRALES	ANUALES	BIANUALES
Inspección termográfica					X	
Localización de descargas parciales.					X	
Inspección visual para detectar la existencia sobre el material aislante líneas de fugas estrechas de forma continua o discontinua y líneas de fugas anchas y continuas.					X	
Inspección visual para detectar la existencia sobre el material aislante líneas de fugas anchas y continuas					X	
Inspección visual para detectar en el caso de aisladores de porcelana, la existencia de rotura o agrietamiento en la superficie aislante					X	
Inspección visual para detectar en el caso de aisladores de vidrio la carencia de la parte aislante.					X	
Inspección visual del elemento metálico para determinar la existencia de pérdida del galvanizado, manchas de oxidación, surgimiento de burbujas y escamas, expansión y pérdida de su sección.					X	
Inspección y lavado de aislamientos					X	

En consideración al cuarto objetivo referidos al análisis y evaluación del Sistema de Gestión de Mantenimiento respecto al nivel de confiabilidad final de los equipos de la subestación eléctrica de 20 MVA, 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, tomando como base los elementos claves de una programación de mantenimiento

acertada según Duffuaa, Raouf y Dixon, en su recurso bibliográfica de Sistemas de Planteamiento y Control, en el mismo que menciona como referencia a 8 aspectos importantes tales como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 7 Aspectos importantes



Nota: Duffuaa, Raouf y Dixon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control

Son los que dan como impacto un adecuado Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, tomando en consideración los siguientes beneficios mostrados en la figura N° 8:

Figura N° 8 Beneficios de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.



Nota: Luis Alberto Mora (2009), *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control*.

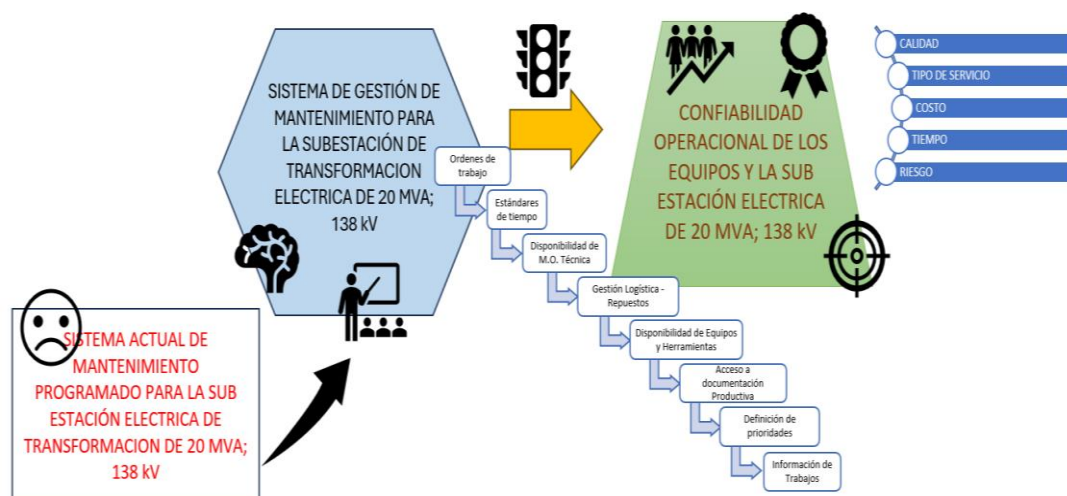
CONCLUSIONES

- 1) Acorde a la evaluación o auditoria empleada al Sistema de Transmisión y Transformación, se observó que no todos los sistemas se encuentran en condiciones óptimas respecto del desarrollo de los trabajos de mantenimiento programados, planificados y ejecutados, lo que refleja la ausencia de un adecuado plan de mantenimiento en ellas y más aun de un Sistema de gestión de Mantenimiento, ya que no cumplen con todas las actividades que se deben realizar a dicho sistema.
- 2) En el presente trabajo de tesis profesional, efectúe un estudio de los modelos de gestión de mantenimiento propuestos en los últimos años por diversos estudiosos y empresas, que a partir del análisis de las actividades relacionadas

con el mantenimiento preventivo y predictivo, pusieron en evidencia, los requerimientos y las necesidades Técnicas con las que permite y motive, el desarrollo de un modelo de Sistema para la Gestión de Mantenimiento que den las mejores prácticas, con las que distinguen los elementos claves que conforman la generalidad de los sistemas de gestión del mantenimiento, ajustados a las necesidades de los sistemas eléctricos, como es el caso de una sub estación de transformación.

- 3) Se realizó un modelo de gestión de mantenimiento idóneo para la Subestación Eléctrica Repartición de 20 MVA de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa, incluida las líneas de subtransmisión, enmarcado en un cronograma de actividades listas para su ejecución.
- 4) En la auditoría realizada se obtuvo como resultado el 46%, el cual se encuentra en el índice de inocencia; implementando el sistema de gestión de mantenimiento se espera aumentar la confiabilidad a un 85%, lo cual nos encontraríamos en el índice de competencia según la figura N°5 Índice de medición de la gestión de mantenimiento.
- 5) El Sistema de Gestión de Mantenimiento, conllevó a la evaluación y análisis de los aspectos claves de gestión con el logro de alcanzar el objetivo de “Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para garantizar la confiabilidad operativa de la subestación la subestación eléctrica repartición de 20 MVA, 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa”, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura N° 9 Diseño de Gestión de Mantenimiento para Garantizar la Confiabilidad Operativa



RECOMENDACIONES

En consideración a los trabajos desarrollados y a las investigaciones, conclusiones y resultados, se presenta las siguientes:

- Tomar en cuenta y concientizar al personal del área de mantenimiento para la Subestación Eléctrica de 20 MVA, 138 kV, que:
- Un plan de mantenimiento industrial bien gestionado ayuda a los jefes de mantenimiento a distribuir las tareas diarias entre los equipos, a planificar y controlar las paradas de la máquina y a reunir todos los medios materiales necesarios como herramientas, equipos y repuestos. El objetivo final de un plan de mantenimiento es garantizar:

- Un equipo es capaz de trabajar a un nivel aceptable (rendimiento y calidad)
 - Las mejores condiciones de trabajo posibles
 - Evitar los daños a otros activos
 - Establecer una rutina de mantenimiento con tareas estándar y tiempos predecibles.
 - El plan de mantenimiento abarca el calendario y la organización de las intervenciones de mantenimiento predictivo, correctivo, y preventivo, mientras que la transición de las acciones correctivas a las preventivas debe ser una de las principales preocupaciones.
- Implementar, el Sistema de gestión para el mantenimiento para la Subestación eléctrica de 20 MVA de potencia, 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.
 - Un modelo de Sistema de Gestión de Mantenimiento, para la planificación, Programación y Ejecución de los trabajos para una Subestación de Transformación Eléctrica, es la clave para la optimización y eficiencia de la energía eléctrica.
 - Implementar una cultura de organización, tomando como base la denominada y aplicada de las 5S's en el almacén, para la búsqueda de los repuestos e insumos, además para poder llevar una adecuada gestión de repuestos.

- Capacitar a los trabajadores que ejecutarán los trabajos de mantenimiento previos a su realización, en los requerimientos, requisitos y otros estipulados en el Sistema de gestión de Mantenimiento.
- Garantizar y mantener los parámetros de un suministro de energía eléctrica, dentro de los límites permisibles es una tarea que la gestión debe tener como base fundamental para la planificación y programación de las actividades que deben realizarse a corto, mediano y largo plazo.
- Incluir dentro de la nómina en la estructura organizativa del mantenimiento a un planner de mantenimiento, el mismo que será el profesional que presente, capacite, lleve el control de las actividades realizadas y a realizarse de mantenimiento y presente oportunamente los registros especialmente de los historiales y ordenes de trabajos ejecutadas en las anteriores labores de mantenimiento.
- Alentar la participación del personal operativo en la ejecución de soluciones: La participación del personal lo motivará y minimizará las demoras en la ejecución de soluciones actuales y futuras realizando más eficiente el proceso de cambio.
- Gestionar de manera oportuna, las adquisiciones de compra de repuestos esenciales para el mantenimiento de los equipos, para evitar demora y aumentar la confiabilidad de los equipos de la Subestación eléctrica de 20 MVA de potencia, 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

- Aplicar de manera ordenada el Sistema de Gestión de mantenimiento con el cual se pueda determinar también el cumplimiento de las actividades de mantenimiento correctivo de oportunidad, preventivo y predictivas, acorde a los requerimientos establecidos, considerando dentro de las predictivas aquellas que con lleven a establecer adecuados trabajos de mantenimiento y evaluaciones de los estados en que los equipos se encuentran.
- La clave principal a tomar en cuenta, para que los sistemas industriales funcionen de forma eficiente es garantizar la comunicación transversal entre todas las áreas que con las partes interesadas; sin embargo, las áreas de mantenimiento en la mayoría de los casos están conformados por las unidades o departamentos de electricidad, electrónica, mecatrónica y mecánica, sin dejar de lado las áreas de hidráulica, procesos, instrumentación, comunicación, entre otras.
- En este sentido, es importante considerar que, el motor que mueve los sistemas industriales es la energía eléctrica y por consecuente, estratégicamente la gestión de mantenimiento debe tener énfasis en esta área, como punto común entre las diferentes disciplinas.
- Las bases fundamentales de un Sistema de Gestión de Mantenimiento, está constituida por la planificación, programación, comunicación entre todas las partes interesadas, el seguimiento y control de las actividades que se ejecuten, requiere un sistema de retroalimentación sobre la efectividad e impacto de las acciones en la operación de los equipos y sistemas; siendo ésta la clave para mejorar, optimizar y mantener los planes actualizados de mantenimiento, tendientes a satisfacer todas las partes interesadas, con

un único objetivo referidos a lograr una alta confiabilidad del equipo, maquinarias o sistema.

- Los modelos de los Sistemas de Gestión de Mantenimiento, han sido desarrollados para minimizar las fallas, perturbaciones, con el consecuente aumento de la vida útil de los equipos, maquinarias y sistemas.
- Dichos modelo y el desarrollados para estos fines, tiene como base fundamental, el análisis, la optimización y eficiencia de la disponibilidad de la energía eléctrica, y presenta ciertas características basadas en: (a) enfoque en procesos, mediante la aplicación de instrumentos, con los que se evidencias datos característicos relacionadas a la funcionabilidad de los equipos, (b) involucra a los niveles organizacionales desde la gerencia administrativa, operacional y de recursos humanos, (c) es de tipo cíclico y da énfasis a los procesos a corto, mediano y largo plazo, (d) integra funciones organizacionales, operativas y administrativas de la organización, (e) estandariza la evaluación, el control y la mejora continua de la eficacia y eficiencia del mantenimiento, (f) propicia la generación, uso y aplicación de documentos y registros técnicos adecuadamente elaborados para la toma de decisiones y (g) orientado al cumplimiento de un sistema de gestión de calidad.
- Se pudo inferir en la importancia y la cantidad de tareas o actividades que se deben de realizar para cada equipo del sistema, por ende, la Programación de Mantenimiento que debe ser realizados con el objetivo de asegurar la confiabilidad de operación de todos los elementos del Sistema de Transformación de la Subestación Eléctrica Repartición de 20 MVA de 138 kV, de Central Solar Repartición, ubicada en la ciudad de Arequipa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, Gonzalo. Gestión para empresas públicas. [En línea]. 2ª edición. Bogotá: DMC editores.2015. [Fecha de Consulta:29 de septiembre 2017].

Disponible en: <http://conceptodefinicion.de/gestion/>.

ISBN: 9742-3278-7330-5-3

AREVALO Jorge. Indicadores de Gestión. Curso de ingeniería de Mantenimiento. Curso de Ingeniería de Mantenimiento. UCV, Chimbote: Perú, 2016.

BAMBAREN, Celso. Mantenimiento de los establecimientos de salud. 4ª edición. Lima: Sinco editores,2011.84pp.

ISBN:978-9972-2815-4-9.

CHAVEZ, Gabriel. Gestión de Mantenimiento en la Industria Moderna.5ª edición. México DF: G y F editores.2014.344pp.

ISBN:847-2249-310-2-3

Comercio. Realidad hospitalaria en América Latina,1(1). Febrero 2014.

ISSN: 2092 – 7730.

COSTTA, Giancarlo y GUEVARA, José. Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa – Pareto. Tesis (Ing. electrónico). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2015.

Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad rcm para el transformador de distribución de 250 kva y sistema de distribución de baja tensión 380/220 v de la subestación de tecsap - Arequipa (Vera Alatrística Christian Alejandro, 2018)

Diseño del plan de mantenimiento preventivo para las subestaciones electricas del sector minero del departamento de la guajira (Mendoza Duran Hermes - Velasquez Marin Mauricio, 2011)

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de las principales subestaciones de la empresa de energía de boyacá s.a. e.s.p. aplicado por la empresa asistencia técnica industrial ltda. (Alvarado Merchan Duvan Felipe, 2017)

GARCIA, Patricia y PESSAH, Silvia. Mantenimiento en los establecimientos del Ministerio de Salud. Lima. MINSA, 2015, 124pp.

ISBN: 849-2578-674-9-2

GARCIA, Samuel. Implementación del software MP versión 9 para control de inventarios y mantenimiento en SaExploration Inc. Sucursal Colombiana. Maestría (Gerencia en Logística Integral). Bogotá, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

Gilberto Enríquez Harper; Editorial Limusa, 2008.

HERNANDEZ Roberto, FERNANDES Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la Investigación. 5. a ed. México D.F: 230pp, 2010.

ISBN: 978-607-15-0291-9.

HUARCAYA, Christian. Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad. (tesis) Pontificia Universidad Católica del Perú la investigación. Perú, 2016.

LEÓN, Jhonner. Estrategias para la Gestión del Mantenimiento. [En línea]. 12ª edición. Lima: PVCA editores, 2014. [Fecha de consulta: 05 de octubre 2017].

Disponible en:

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-o-pe>.

ISBN: 8472962463

LOZANO, Pedro y RODRIGUEZ, José. Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión del metro de la ciudad de México. Para Obtener grado de Maestro. México: Universidad Politécnica Nacional de México, 2014.

MANUAL de la confiabilidad y sus beneficios en la industria, Renovetec. [En línea]. Diciembre 2014, pag.198 [Fecha de Consulta:19 octubre de 2017].

Disponible en: [http://www.renovetec.com/confiabilidad. Industria/8473/pdf](http://www.renovetec.com/confiabilidad.Industria/8473/pdf).

ISSN:1934 – 9651.

MANUAL de Mantenimiento Preventivo, Renovetec. [En línea]. Agosto 2013. Párr.10 [Fecha de Consulta: 14 octubre de 2017].

Disponible en: <http://www.renovetec.com/mantto.preventivo/empresas/pdf>.

ISSN: 1874 – 9974.

MANUAL de Mantenimiento: Criticidad en equipos e impacto total en la producción. IPEMAN. [en línea]. Noviembre 2015, pág.74.[fecha de consulta:20 Octubre de 2017].

Disponible en:

<http://www.ipeman.com/criticidad-en-mantenimiento/trabajos.php>

ISSN:9784-8871

MARQUINA, José y PESSAH, Silvia. Mantenimiento en los establecimientos de Salud. Lima. MINSA,2015,124pp.

ISBN:7583-8453-843-1-7

MEDINA, Jorge. Propuesta de un plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730E- Bayóvar 2013.Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial, Chimbote: Universidad Cesar Vallejo,2013.

MONCHY, Fidel. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial. 3ª edición. Barcelona: Masson, 2015. 142pp.

ISBN: 93658539275

Mora Gutiérrez Alberto. (2009) Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control, 1ª edición.

México. Editor Alfaomega Grupo, S.A. de C.V., México

ISBN: 978-958-682-769-0

NAMAKFOROOSH, Mahammad. Metodología de la Investigación. México, D.F: Noriega Editores 2da. ed. 2008.

ISBN: 968-18-5517-5.

NEWBROUG, Albert. Administración de mantenimiento industrial. 12ª edición. México DF. Es Diana. 2011. 240pp.

ISBN: 874 – 1418 – 3471 – 5-8

PALACIOS, Jefferson. Propuesta de un programa de mantenimiento para incrementar la confiabilidad en las excavadoras Hidráulicas Komatsu PC 4000-6-Bayovar 2013. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial, Chimbote, Universidad Cesar Vallejo, 2013.

Pérez Rondón Félix Antonio (2021) Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Colombia. Editor USTA.

ISBN: 978-958-8477-92-3

Plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la subestación eléctrica interior de una entidad bancaria (Zavaleta Burga, 2021)

Disponible en: <https://predictiva21.com/instrumento-medicion-diagnosticar-gestion-mantenimiento>

RODRIGUEZ, Miguel. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca. Tesis. (Ingeniero Industrial). Cajamarca, Perú. Universidad Privada del Norte.

RODRÍGUEZ. Jorge. Gestión del mantenimiento: Introducción a la teoría del mantenimiento. [En línea] 3ª edición. Santiago: Millenium, 2015.

[Fecha de consulta: 27 mayo 2017].

Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/7497765/Gestión-Mantenimiento>.

SANTAMARIA Barrios. El Concepto actual de la gestión de mantenimiento. [En línea]. Caracas. Caracas Editores, 2011. [Fecha de consulta: 27 mayo 2017].

Disponible en: http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf

ISBN: 9742-8762-74-5-9.

Sistemática y formulación de mantenimientos en subestaciones eléctricas de transmisión (Quispe Aguirre Henry Joel, 2002)

ZAPATA, Carlos. Tipos de Mantenimiento en el siglo XXI, 2ª edición. Lima. Macro. 2013. 520pp.

ISBN: 8724790816

ANEXOS

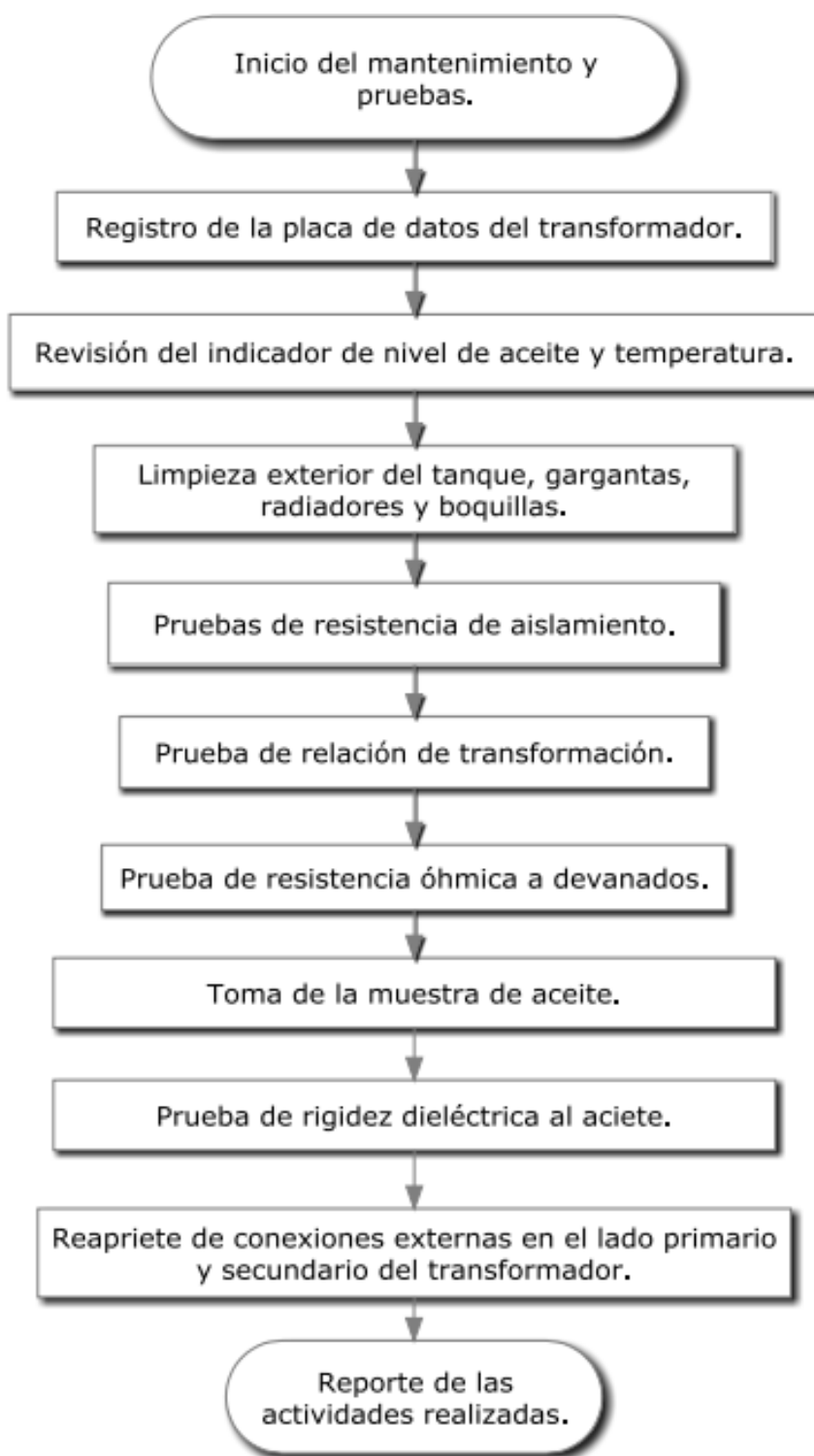
Anexo I Datos de los equipos de la Subestación de transformación 20 MVA

FICHA TECNICA TRANSFORMADOR C.F.Reparticion	
Tension nominal	AT(138) KV ,BT(23)KV
Potencia nominal	20 MVA
frecuencia	60 Hz
Sistema de refrigeracion	ONAN
Nivel de ruido	64.1 dBA
Impedancia (AT-20MVA) AT-BT	9.799%
Elevacion de temperatura (Aceite/bobinado)	60/ 65 °C
Tipo de conexión (BT/AT)	D-Y
Numero de serie	20114039TCC004-002
Año de fabricacion	2012.2
Aceite de aislamiento	ASTM D 3487 type 1
Normas constructivas	IEC 60076

DATOS TECNICOS LINEA DE TRANSMISION REPARTICION

POTENCIA	20 MVA
VOLTAJE	23/138 KV
LONGITUD DE APROX DE MANTENIMIENTO	5.5 KM
NUMERO DE ESTRUCTURAS DE TRANSMISION	28
LONGITUD DE VANO PROMEDIO	270 m
CONEXION	L-1035 S.E Reparticion

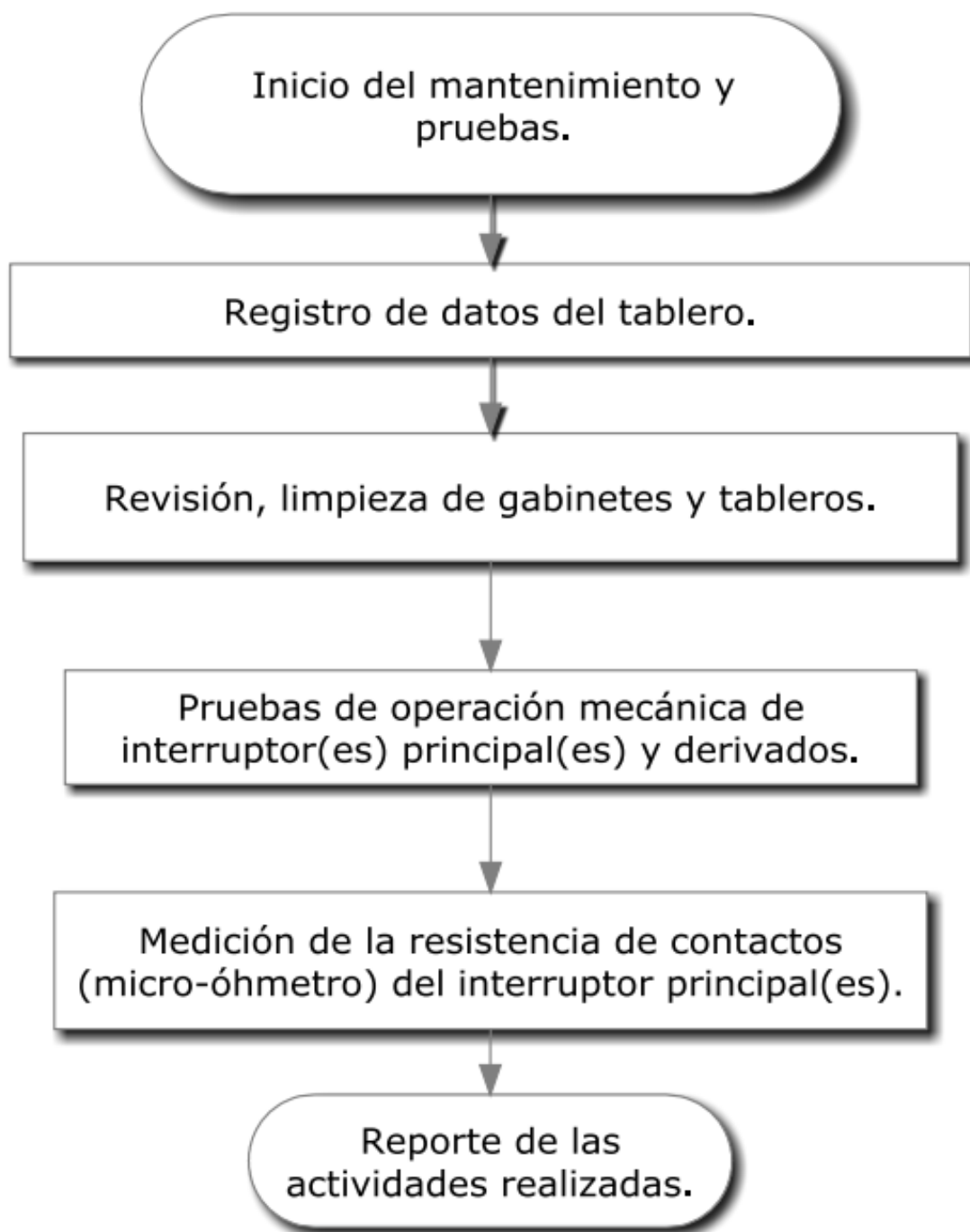
Anexo II Flow sheet – Trabajos de Mantenimiento a la Unidad de Transformación Eléctrica



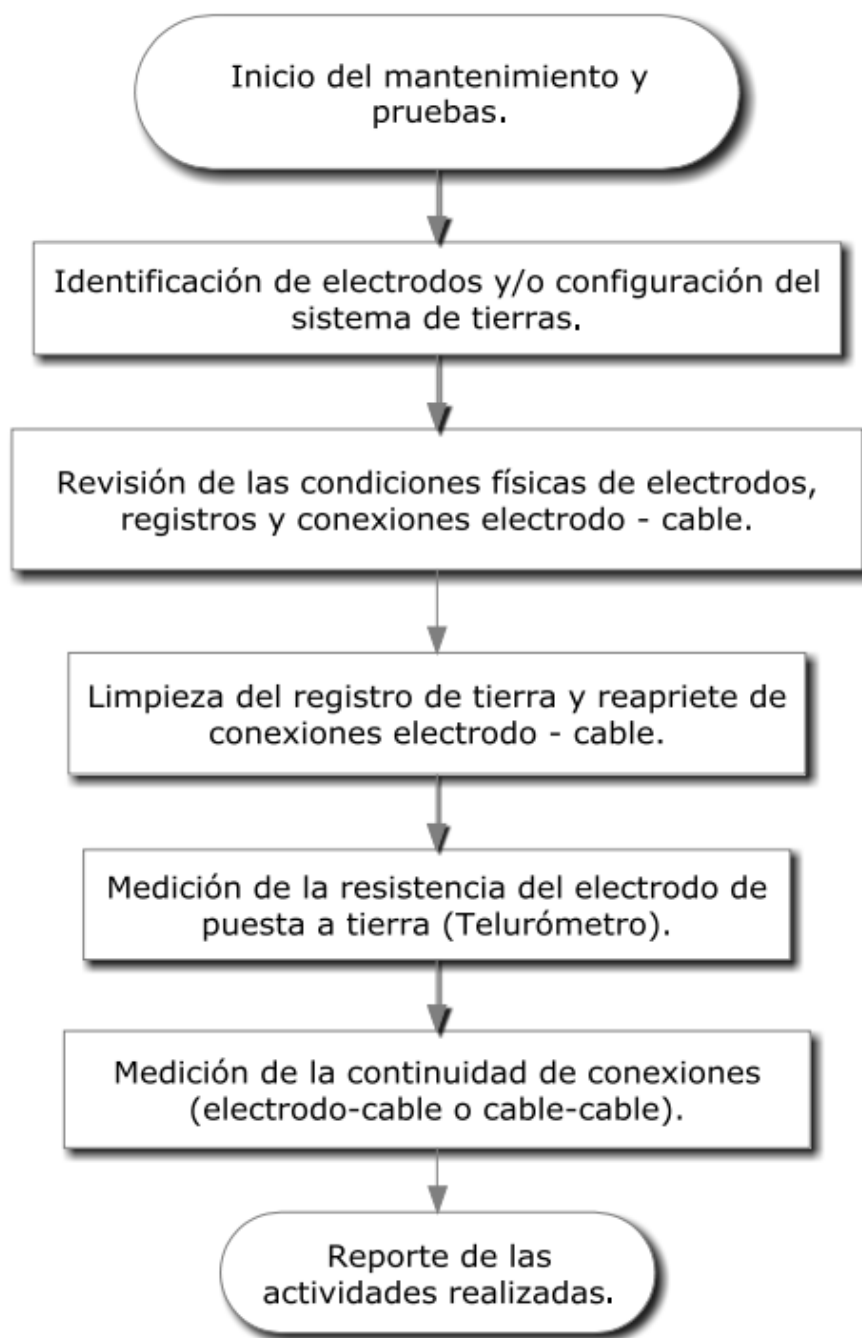
ACTIVIDAD	ESTADO	
	REALIZADO	REVISIÓN DETALLADA
Registro de la placa de datos del transformador.		
Revisión del indicador de nivel de aceite y temperatura.		
Limpieza exterior del tanque, gargantas, radiadores y boquillas.		
Pruebas de resistencia de aislamiento.		
Prueba de relación de transformación.		
Prueba de resistencia óhmica a devanados.		
Toma de la muestra de aceite.		
Prueba de rigidez dieléctrica al aceite		
Reapriete de conexiones externas en el lado primario y secundario del transformador.		



Anexo III Pruebas del transformador – lado baja tensión



Anexo IV Flow sheet – Programa de Pruebas eléctricas al Sistema de Puesta Tierra



Anexo V Modelo de orden de trabajo para la ejecución de trabajos de Mantenimiento en la subestación de transformación de 20 MVA

ORDEN DE TRABAJO – SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA					
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
N° DE ORDEN DE TRABAJO		HORA Y FECHA DE LA SOLICITUD		AREA RESPONSABLE	
CODIGO DEL EQUIPO			NOMBRE DEL EQUIPO		
TRABAJO A EJECUTAR			HORA Y FECHA DE MANTENIMIENTO	TIEMPO DE EJECUCION DEL TRABAJO	
MECANICO					
ELECTRICO					
HIDRAULICO					
TRABAJO SOLICITADO					
DATOS LLENADOS POR EL JEFE DE MANTENIMIENTO					
TRABAJO(S) EJECUTADO(S)					
RECURSOS NECESARIOS					
EQUIPOS NECESARIOS		MANO DE OBRA		MATERIALES Y REPUESTOS	
CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION
OBSERVACIONES					
FIRME DE LOS RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO					

Anexo VI Tipos de fallas Generales Presentadas en Subestaciones Eléctricas de Potencia

FALLAS CARACTERÍSTICAS Y GENERALES, PRESENTADAS EN SUB ESTACIONES ELECTRICA DE TRANFORMACIÓN		
TIPO DE FALLA	CAUSA GENERAL DE LA FALLA	COMENTARIOS
<i>RAYOS</i>	La caída de los rayos en las subestaciones es uno de los motivos más comunes de fallas eléctricas. Este cae cuando el voltaje que se genera entre la nube y la tierra excede la fuerza dieléctrica del aire. Dicha corriente masiva que excede los 30.000 amperios es una caída de múltiples descargas en una fracción de segundo.	Es necesario destacar que los rayos podrían afectar el sistema de energía mediante impactos directos. De haber contacto, el daño sólo es reversible con la sustitución total del equipo que fue tocado por esta cantidad de energía. En el caso del contacto indirecto, da oportunidad de realizar un mantenimiento correctivo. Pero, en todos los casos, es ideal contar con protección para cables, pararrayos y baja impedancia de puesta a tierra. Si bien no pueden evitar todo el daño ocasionado por la corriente eléctrica de los rayos, ayudan a filtrar y aminorar el impacto.
<i>CONTACTO CON ARBOLES</i>	Cuando los árboles crecen demasiado y muy cerca del cableado, ponen en peligro a los conductores. Las ramas pueden caer o descansar sobre ellos y acercarlos uno con otros. De hecho, podrían servir como la entrada para diversos animales que pueden ocasionar un accidente al entrar en contacto con ellos.	La manera de prevenir estos accidentes no es talando el árbol. Con la poda frecuente es suficiente para evitar este tipo de conflictos. Recuerda que, como empresario, tienes un firme compromiso con el medio ambiente y talar árboles jamás debe ser una alternativa.
<i>FALLA EN TRANSFORMADOR</i>	Una de las causas más frecuentes de sus averías, recae en el estrés físico extremo devanados. Es decir, cuando un transformador se calienta, el aislamiento en los devanados se descompone lentamente y se convierte en algo más frágil. Tras esto, inician fallas internas que con el tiempo serán contraproducentes para la subestación en una escala considerable.	Para evitar este tipo de fallas y en especial, a la presencia de puntos calientes, es necesario aplicar las técnicas referidas al mantenimiento preventivo y acompañado por la aplicación a través del mantenimiento predictivo
<i>CABLES ENTERRADOS</i>	Aunque en muchos espacios se cuenta con los cables instalados bajo tierra, no es recomendable este tipo de disposición en otros, ya que por un lado la penetración de la humedad podría ser uno de las causas más comunes, ya que al ser un campo eléctrico, se reduce la fuerza dieléctrica del aislamiento del cable. La degradación considerable, los transitorios ocasionados por rayos podrían traer como resultado la descompostura de la dieléctrica.	En este punto es necesario destacar que no todas las fallas ocurren por fallas en los materiales aislantes, por el cual un gran porcentaje recae en las terminaciones, empalmes y articulaciones; por lo cual el seguimiento, control y manutención de estas instalaciones se convierte en el aspecto decisivo entre un excelente funcionamiento y uno pésimo.
<i>SOBRECARGAS ELÉCTRICAS</i>	Una de las causas más comunes de fallas eléctricas en las subestaciones es la sobrecarga en los equipos. Esto puede ocurrir cuando la demanda de energía es mayor de lo que los equipos pueden manejar. Los equipos de subestaciones están diseñados para manejar ciertos niveles de corriente, si la corriente es mayor a lo que los equipos pueden manejar ocurrirá una sobrecarga que puede ocasionar fallos en el suministro eléctrico. He aquí la importancia de instalar las protecciones eléctricas adecuadas para proteger los activos eléctricos más críticos ante sobrecargas.	Es importante recordar que cada equipo eléctrico tiene un margen de seguridad en su capacidad de operación para manejar situaciones de sobrecarga. Si se utiliza constantemente más allá de su capacidad diseñada, eventualmente fallará.
<i>FALLAS EN LOS COMPONENTES</i>	Otra causa común de fallas eléctricas en las subestaciones es la falla en los componentes, como interruptores, transformadores y dispositivos de protección. Los componentes pueden fallar debido a la edad, el mantenimiento inadecuado, el desgaste y la exposición a condiciones ambientales adversas, como la corrosión, el polvo y la humedad. Estas fallas pueden provocar interrupciones en el suministro de energía, y en casos extremos, pueden afectar la integridad del resto de componentes de la subestación eléctrica.	Es importante tener en cuenta el tiempo de vida útil de cada equipo instalado y llevar a cabo un plan de mantenimiento cuidadoso para prevenir fallos graves en los componentes de una subestación eléctrica. De preferencia, seguir fielmente las recomendaciones del fabricante en cuanto a la puesta en marcha, operación y mantenimiento de cada dispositivo en una subestación eléctrica.
<i>ERROR HUMANO</i>	Los errores humanos también pueden ser una causa común de fallas eléctricas en las subestaciones, como operaciones inadecuadas, mantenimiento defectuoso y falta de supervisión. Los errores en la operación y el mantenimiento, como el uso inadecuado de los equipos, pueden provocar fallas en los componentes y dañar los equipos. Además, la falta de supervisión puede permitir que los problemas se vuelvan crónicos y se agraven con el tiempo.	Es muy importante que el personal de operación y de mantenimiento, este debidamente seleccionado, inducido y entrenado en sus labores a realizar, considerando que se ytrata del manejo de energía y potencia, que a su vez la buena operación de los equipos, permitirá que los usuarios puedan contar con este insumo para la calidad de vida en un ambiente adecuado y seguro
<i>VANDALISMO</i>	Otra de las fallas más comunes dentro de las subestaciones eléctricas recae en el vandalismo, ya que muchas veces los ladrones hurtan material valioso. En este sentido, es crucial tomar cartas en el asunto e instalar una buena seguridad y vigilancia. De hecho, es una de las pocas fallas que se pueden evitar de forma efectiva y rápida.	De manera complementaria a las fallas intrínsecas de los componentes y equipos, se debe tener y tomar en cuenta los trabajos de mantenimiento necesarios con los cuales se protege a los equipos, almacenes y otros en las instalaciones de las subestaciones eléctricas
<i>PROBLEMAS CLIMÁTICOS</i>	Los eventos climáticos extremos, como las tormentas eléctricas, las heladas y las inundaciones, también pueden causar fallas eléctricas en las subestaciones. Estos eventos pueden dañar los equipos y los componentes, lo que -indudablemente- causará interrupciones en el suministro de energía.	Los rayos pueden causar daños en los transformadores y otros equipos, mientras que las heladas y las inundaciones pueden dañar los cables y los componentes eléctricos. Además, los vientos fuertes pueden causar daños en las estructuras de las subestaciones y los árboles caídos pueden dañar los cables y los transformadores instalados en subestaciones aéreas.

EQUIPO	FUNCIONES	ESTADOS DE FALLA	MEDIOS (CAUSAS) DE FALLA	EFFECTOS DE LA FALLA	CONSECUENCIAS DE LA FALLA	TAREA PREDICTIVA O PREVENTIVA
Subestaciones Electricas	1. Recibir energia	No se recibe energia	Que se abra el circuito de entrada	No se entrega la energia a su destino	Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos
			Planta generadora o subestacion de donde proviene la energia tenga problema en la entrega		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos
	2. Transformar energia	No se transforma la energia	Daños en las bobinas del transformador	No se entrega la energia a su destino	Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos
			Falla de tension de alimentacion en el transformador		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos Termografia
	3. Distribuir energia	No se distribuye la energia	Daño en el transformador	No se entrega la energia a su destino	Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos
			Disparo en los sistemas de proteccion		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos Termografia
			Daños en las acometidas		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos
		Daños en las acometidas	Operacionales Seguridad		Analisis parametros electricos	
		Daños en las acometidas	Operacionales Seguridad		Analisis parametros electricos	
		Daños en las acometidas	Operacionales Seguridad		Analisis parametros electricos Termografia	
		Debilitamiento del aislamiento de las lineas		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos	
		Calentamiento de las lineas por falso contacto		Operacionales Seguridad	Analisis parametros electricos Termografia	

[illegible]

Anexo IX Relación de Equipos y herramientas especializadas, necesarias para la ejecución de un correcto trabajo de mantenimiento en la Subestación Transformación de 20 MVA.

EQUIPOS ESPECIALES	APLICACIÓN	FOTOGRAFIA DE EQUIPO
MALETA DOBLE OMICRON	Herramientas de diagnóstico, que evitan fallos repentinos e imprevistos en los equipos eléctricos, desempeña un papel cada vez más importante, tal como el aislamiento es un aspecto esencial para la fiabilidad funcional de las instalaciones eléctricas. Este equipo sirve para el diagnóstico para transformadores, efectuando pruebas de: Resistencia del devanado del transformador; Relación de transformación y corriente de excitación; Estado del cambiador de tomas en carga; Condición de aislamiento (capacitancia, tangente delta, factor de potencia)	
CÁMARA TERMGRÁFICA	Equipo para mantenimiento predictivo, que detecta y mide la energía infrarroja de los objetos. La cámara convierte los datos infrarrojos en una imagen electrónica que muestra la temperatura aparente de la superficie del objeto medido. Una cámara termográfica (o cámara térmica) es un dispositivo que mide la temperatura y ofrece una imagen térmica de los objetos, sin necesidad de contacto, a partir de las emisiones de radiación infrarroja de estos. Los objetos emiten una cantidad de radiación infrarroja en función de su temperatura. Por lo general, a mayor temperatura del objeto, mayor es su radiación.	
VIBROMETRO	Un vibrómetro es un instrumento de medición para captar y cuantificar la magnitud de una vibración. Estos instrumentos son muy comunes en el mercado, especialmente los basados en el uso de acelerómetros. Sin embargo, los más nuevos aplican láseres para medir las vibraciones. Los vibrómetros que usan acelerómetros miden el desplazamiento, aceleración o velocidad del objeto a estudiar. Estas herramientas se aplican directamente sobre la máquina, colocando la punta del sensor en ella por unos instantes. Luego, la vibración estimula una masa M interna del acelerómetro, lo que estimula al material piezoeléctrico. En consecuencia, cuando el acelerómetro es sometido a una vibración, la masa M produce fuerzas de inercia sobre el material piezoeléctrico. Como reacción, el instrumento piezoeléctrico genera cargas eléctricas proporcionales a la fuerza.	
MULTITESTER	Herramienta de pruebas eléctricas y electrónicas, usada para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios). Es una herramienta de diagnóstico estándar para los técnicos de las industrias eléctricas y electrónicas.	
TELUROMETRO	Equipo para realizar mediciones de la resistencia de puesta a tierra y para medir la resistividad del terreno. Está compuesto del aparato de medición digital, dos picas de medición de unos 40 cm y rollos de cable para conectar las picas que intervienen en la medición y el equipo.	
PISTOLA PARA ANALISIS DE ULTRA SONIDO	Equipo electrónico que permite localizar e identificar con precisión los efectos corona y los arcos encontrados en las líneas aéreas de alto voltaje tan sólo barriendo la zona con el equipo. Estos equipos incluyen un detector interno y un captador externo parabólico que permite localizar los defectos eléctricos sobre grandes distancias. Además, el captador parabólico tiene un pequeño láser que permite el contacto visual exacto del punto de emisión acústica.	
TERMOHIGROMETRO	Instrumento electrónico que en su versión más básica, mide y muestra la temperatura (T) y humedad relativa (HR) del medio, datos que son sencillos de interpretar.	

HERRAMIENTAS ESPECIALES	
MALETIN HERRAMIENTAS DE MANO - AISLADAS	
DETECTOR DIGITAL	
PELA CABLES Y DESTORMILLADORES AISLADOS	
ANALIZADOR DE REDES	
PINZAS DE CORRIENTE	

HERRAMIENTAS ESPECIALES	
MEDIDORES DE AISLAMIENTO	
ANALIZADORES DE CALIDAD DE ENERGÍA	
ANALIZADORES DE BATERÍAS	
MEDIDORES DE RIGIDEZ DIELECTRICA	
ENSAYO DE REELS DE PROTECCION	

HERRAMIENTAS ESPECIALES	
ENSAYO DE DISTINTORES	
MEDIDOR DE CORRIENTE DE FUGA	
COMPROBADORES DE BOBINADOS	
ANALIZADOR DE POTENCIA	
FUENTES DE ALIMENTACION DC/AC	

Anexo X Características del Personal Técnico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.

DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO			
RESUMEN GENERAL			
CARGO:	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO		
INDUSTRY JOB TITLE		EVALUACIÓN DESEMPEÑO	SEGÚN REQUERIMIENTOS
SEDE DE TRABAJO	SUBESTACION DE TRANSFORMACIÓN 20 MVA, 138 kV		
DESCRIPCIÓN GENERAL	Coordinación, ejecución, supervisión de trabajos de Mantenimiento en los equipos eléctricos de la Subestación Eléctrica según normas establecidas		
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO	JEFE INMEDIATO:	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO
PROCESO:	MANTENIMIENTO A SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA 20 MVA, 138 kV	CARGO JEFE:	OFICIAL ELECTROMECHANICO
DETALLES			
☒ JORNADA COMPLETA	☐ JORANDA	48	HORAS POR SEMANA
☐ CONTRACTOR	☐ FREELANCE	☐ TELETRABAJO	☒ PRESENCIAL ☐ HÍBRID
REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y FORMACIÓN			
CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	Técnico electricista o electromecánico de mando medio, egresado de Escuela Superior Técnica; SENATI o TECSUP		
EXPERIENCIA	Mínimo 2 años en Ejecución de Pruebas para los Mantenimientos de Sub estaciones eléctricas de Potencia		
OTRAS: CERTIFICACIONES CREDENCIALES DIPLOMADOS CURSOS	Ingeniero Mecánico Electricista o Electricista, colegiado, habilitado, con amplio conocimiento del Código Nacional de Electricidad; conocimiento de trabajos de mantenimiento, montaje y otros en subestaciones eléctricas de potencia		
ATRIBUTOS PERSONALES	Persona sana, con resultados aprobados del tipo psicológico y psiquiátrico, sin enfermedades crónicas ni presencia de discapacidades		
COMPETENCIAS TÉCNICAS			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2	NIVEL:	☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIAS PERSONALES Y RELACIONALES			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2	NIVEL:	☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
FUNCIONES Y TAREAS PERIODICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
ENTREGA DE REPORTE DE EJECUCIÓN		Semanal	Gerencia de Mantenimiento
FUNCIONES Y TAREAS EXPORADICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
AUDITORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS		SEMANAL	Auditoria Técnica de Mantenimiento - Ingeniero residente
RESPONSABILIDADES ORGANIZACIONES			
Cumplimiento del reglamento interno de trabajo			
Puntualidad			
Liderazgo			
PERSONA REVISADO POR:	X. _____	FECHA	_____
APROBADOR POR:	X. _____		

Anexo XI Características del Supervisor Electricista o Electromecánico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.

DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO			
RESUMEN GENERAL			
CARGO:	SUPERVISOR ELECTRICISTA O ELECTROMECHANICO		
INDUSTRY JOB TITLE		EVALUACIÓN DESEMPEÑO	SEGÚN REQUERIMIENTOS
SEDE DE TRABAJO	SUBESTACION DE TRANSFORMACIÓN 20 MVA, 138 kV		
DESCRIPCIÓN GENERAL	SUPERVISAR LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVISO, DURANTE Y DESPUES EN LA SUBESTACION ELECTRICA DE 20 MVA, 138 kV.		
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO	JEFE INMEDIATO:	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO
PROCESO:	MANTENIMIENTO A SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA 20 MVA, 138 kV	CARGO JEFE:	Supervisor de Mantenimiento Electromecánico
DETALLES			
☒ JORNADA COMPLETA ☐ JORNADA ☐ MEDIA ☐ CONTRACTOR ☐ FREELANCE		48 HORAS POR SEMANA ☐ TELETRABAJO ☒ PRESENCIAL ☐ HÍBRIDO	
REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y FORMACIÓN			
CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	Técnico electricista o electromecánico de mando medio, egresado de Escuela Superior Técnica; SENATI o TECSUP		
EXPERIENCIA	Mínimo 2 años en Trabajos de Mantenimiento de Sub estaciones eléctricas de Potencia		
OTRAS: CERTIFICACIONES CREDENCIALES DIPLOMADOS	Cursos de Seguridad Eléctrica; Código Nacional de Electricidad; conocimiento de pruebas predictivas a equipos eléctricos de Subestaciones		
ATRIBUTOS PERSONALES	Persona sana, con resultados aprobados del tipo psicológico y psiquiátrico, sin enfermedades crónicas ni presencia de discapacidades		
COMPETENCIAS TÉCNICAS			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIAS PERSONALES Y RELACIONALES			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
FUNCIONES Y TAREAS PERIODICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
ENTREGA DE REPORTE DE EJECUCIÓN		DIARIAS	Área de Mantenimiento
FUNCIONES Y TAREAS EXPORADICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
AUDITORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS		SEMANAL	Auditoria Técnica de Mantenimiento - Ingeniero residente
RESPONSABILIDADES ORGANIZACIONES			
Cumplimiento del reglamento interno de trabajo			
Puntualidad			
Liderazgo			
PERSONA CONTRATADA:	X. _____	FECHA INICIO:	_____
REVISADO POR:	X. _____		
APROBADOR POR:	X. _____		

Anexo XII Características del Supervisor de Seguridad Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.

DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO			
RESUMEN GENERAL			
CARGO:	SUPERVISOR DE SEGURIDAD - ELECTROMECHANICO		
INDUSTRY JOB TITLE		EVALUACIÓN DESEMPEÑO	SEGÚN REQUERIMIENTOS
SEDE DE TRABAJO	SUBESTACION DE TRANSFORMACIÓN 20 MVA, 138 kV		
DESCRIPCIÓN GENERAL	SUPERVISAR LA SEGURIDAD RESPECTO DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVISO, DURANTE Y DESPUES EN LA SUBESTACION ELECTRICA DE 20 MVA, 138 kV.		
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO	JEFE INMEDIATO:	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO
PROCESO:	MANTENIMIENTO A SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA 20 MVA, 138 kV	CARGO JEFE:	Supervisor de Seguridad para el Mantenimiento Electromecánico
DETALLES			
☒ JORNADA COMPLETA	☐ JORANDA	48	HORAS POR SEMANA
☐ CONTRACTOR	☐ FREELANCE	☐ TELETRABAJO	☒ PRESENCIAL ☐ HÍBRID
REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y FORMACIÓN			
CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	Técnico electricista o electromecánico de mando medio, egresado de Escuela Superior Técnica; SENATI o TECSUP		
EXPERIENCIA	Mínimo 2 años en Trabajos de Mantenimiento de Sub estaciones eléctricas de Potencia		
OTRAS: CERTIFICACIONES CREDENCIALES DIPLOMADOS CURSOS	Cursos de Seguridad Eléctrica; Código Nacional de Electricidad; conocimiento de pruebas predictivas a equipos eléctricos de Subestaciones		
ATRIBUTOS PERSONALES	Persona sana, con resultados aprobados del tipo psicológico y psiquiátrico, sin enfermedades crónicas ni presencia de discapacidades		
COMPETENCIAS TÉCNICAS			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALTO ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALTO ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIAS PERSONALES Y RELACIONALES			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☐ EXPERTO ☐ ALTO ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALTO ☐ BUENO ☐ REGULAR	
FUNCIONES Y TAREAS PERIODICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
ENTREGA DE REPORTE DE EJECUCIÓN		DIARIAS	Área de Mantenimiento
FUNCIONES Y TAREAS EXPORADICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
AUDITORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS		SEMANAL	Auditoria Técnica de Mantenimiento - Ingeniero residente
RESPONSABILIDADES ORGANIZACIONES			
Cumplimiento del reglamento interno de trabajo			
Puntualidad			
Liderazgo			
Amplio conocimiento respecto a los trabajos, reportes y análisis de accidentes			
PERSONA REVISADO POR:	X.	FECHA	
APROBADOR POR:	X.		

Anexo XIII Características del Personal Técnico de Pruebas Predictivas para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.

DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO			
RESUMEN GENERAL			
CARGO:	TECNICO DE PRUEBAS PREDITIVAS		
INDUSTRY JOB TITLE		EVALUACIÓN	SEGÚN REQUERIMIENTOS
SEDE DE TRABAJO	SUBESTACION DE TRANSFORMACIÓN 20 MVA, 138 kV		
DESCRIPCIÓN GENERAL	Efectuar las Pruebas Predictivas a los equipos eléctricos de la Subestación Eléctrica según normas establecidas		
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO	NIVEL INMEDIATO	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO
PROCESO:	MANTENIMIENTO A SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA 20 MVA, 138 kV	CARGO JEFE:	Tecnico de pruebas
DETALLES			
☒ JORNADA COMPLETA	☐ JORANDA	48	HORAS POR SEMANA
☐ CONTRACTOR	☐ FREELANCE	☐ TELETRABAJO	☒ PRESENCIAL ☐ HÍBRID
REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y FORMACIÓN			
CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	Técnico electricista o electromecánico de mando medio, egresado de Escuela Superior Técnica; SENATI o TECSUP		
EXPERIENCIA	Mínimo 1 año en Trabajos de Pruebas para los Mantenimientos de Sub estaciones eléctricas de Potencia		
OTRAS: CERTIFICACIONES CREDENCIALES DIPLOMADOS CURSOS	Cursos de Seguridad Eléctrica; Código Nacional de Electricidad; conocimiento de pruebas predictivas a equipos eléctricos de Subestaciones; Pruebas Predictivas nivel 2		
ATRIBUTOS PERSONALES	Persona sana, con resultados aprobados del tipo psicológico y psiquiátrico, sin enfermedades crónicas ni presencia de discapacidades		
COMPETENCIAS TÉCNICAS			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIAS PERSONALES Y RELACIONALES			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
FUNCIONES Y TAREAS PERIODICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
ENTREGA DE REPORTE DE EJECUCIÓN		DIARIAS	Área de Mantenimiento
FUNCIONES Y TAREAS EXPORADICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
AUDITORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS		SEMANAL	Auditoria Técnica de Mantenimiento - Ingeniero residente
RESPONSABILIDADES ORGANIZACIONES			
Cumplimiento del reglamento interno de trabajo			
Puntualidad			
Liderazgo			
Amplio conocimiento respecto a los trabajos, reportes y análisis de accidentes			
PERSONA REVISADO POR:	X.	FECHA	
APROBADO POR:	X.		
REVISADO POR:	X.		

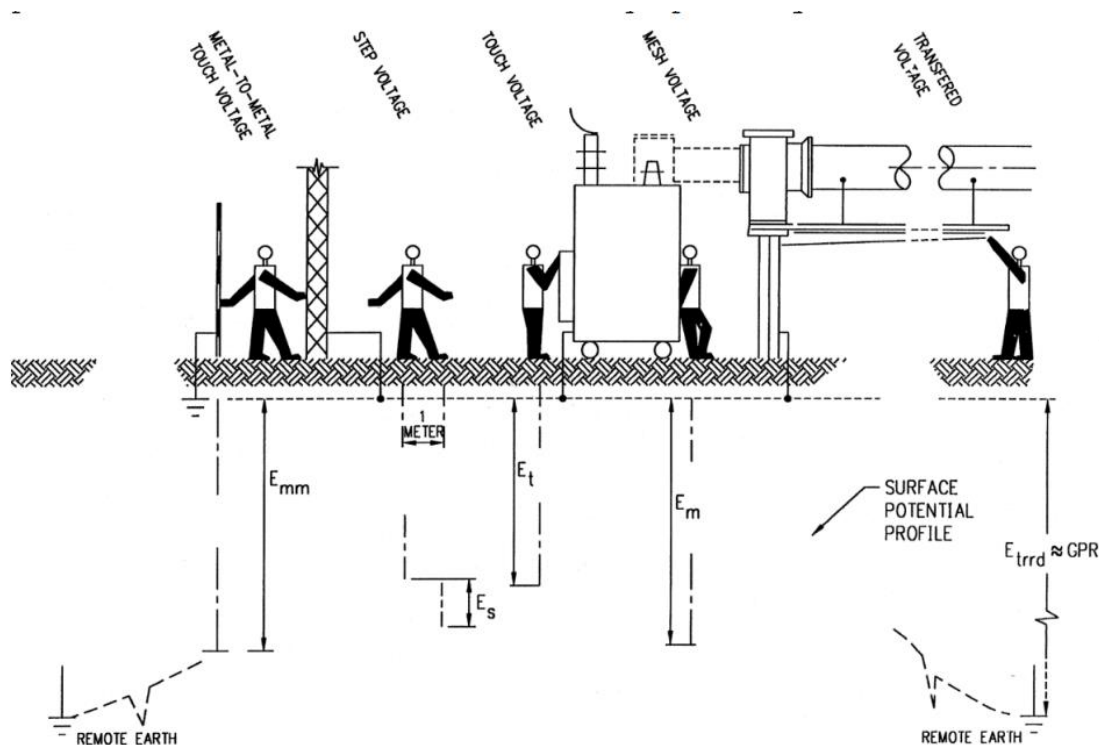
Anexo XIV Características del Oficial Eléctrico Especializado para la Ejecución del Mantenimiento a la Subestación de Transformación de 20 MVA.

DESCRIPCIÓN DE PUESTO DE TRABAJO			
RESUMEN GENERAL			
CARGO:	OFICIAL ELECTRICO		
INDUSTRY JOB TITLE		EVALUACIÓN DESEMPEÑO	SEGÚN REQUERIMIENTOS
SEDE DE TRABAJO	SUBESTACION DE TRANSFORMACIÓN 20 MVA, 138 kV		
DESCRIPCIÓN GENERAL	Ejecutar los trabajos de Mantenimiento en los equipos eléctricos de la Subestación Eléctrica según normas establecidas		
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO	JEFE INMEDIATO:	INGENIERO RESIDENTE DE MANTENIMIENTO
PROCESO:	MANTENIMIENTO A SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA 20 MVA, 138 kV	CARGO JEFE:	OFICIAL ELECTROMECHANICO
DETALLES			
☒ JORNADA COMPLETA ☐ JORNADA MEDIA ☐ CONTRA TURN ☐ FREELANCE		48	HORAS POR SEMANA
		☐ TELETRABAJO	☒ PRESENCIAL ☐ HÍBRID
REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN Y FORMACIÓN			
CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	Técnico electricista o electromecánico de mando medio, egresado de Escuela Superior Técnica; SENATI o TECSUP		
EXPERIENCIA	Mínimo 1 año en Ejecución de Pruebas para los Mantenimientos de Sub estaciones eléctricas de Potencia		
OTRAS: CERTIFICACIONES CREDENCIALES DIPLOMADOS CURSOS	Cursos de Seguridad Eléctrica; Código Nacional de Electricidad; conocimiento de trabajos de mantenimiento, montaje y otros en subestaciones eléctricas de potencia		
ATRIBUTOS PERSONALES	Persona sana, con resultados aprobados del tipo psicológico y psiquiátrico, sin enfermedades crónicas ni presencia de discapacidades		
COMPETENCIAS TÉCNICAS			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIAS PERSONALES Y RELACIONALES			
COMPETENCIA 1	NIVEL:	☒ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
COMPETENCIA 2		☐ EXPERTO ☐ ALT ☐ BUENO ☐ REGULAR	
FUNCIONES Y TAREAS PERIODICAS		FRECUENCIA	CLIENTE INTERNO
ENTREGA DE REPORTE DE EJECUCIÓN		DIARIAS	Área de Mantenimiento
FUNCIONES Y TAREAS EXPORADICAS		FRECUENCI	CLIENTE INTERNO
AUDITORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS		SEMANAL	Rediliteria Técnica de Mantenimiento - Ingeniería residente
RESPONSABILIDADES ORGANIZACIONES			
Cumplimiento del reglamento interno de trabajo			
Puntualidad			
Liderazgo			
PERSONA CONTRATADA:	X. _____	FECHA INICIO:	_____
REVISADO POR:	X. _____		
APROBADOR POR:	X. _____		

Anexo XV Formato y Registro de Gastos de mantenimiento de la Subestación Eléctrica de 20 MVA, 138 KV.

ABC SRL	REGISTRO DE GASTOS DE MANTENIMIENTO						AÑO
Orden de Trabajo	Repuesto/Insumos Adquiridos	Costo	Horas Hombre Utilizadas/Servicios Contratados	Costo	Fecha	Costo Total	
						MP	MC
Confecciono:		Aprobó:		Costo Total			
Fecha:		Fecha:					

Anexo XVI Situaciones de Riesgo en la Ejecución de Mantenimiento en equipos de Subestaciones Eléctricas de Potencia.



Nota: Basic Shock Situations; IEEE Std. 80 Draft 13 – 1998

Anexo XVII Ensayos Recomendaciones por la IEEE, para la determinación del estado del aceite dieléctrico en transformadores de potencia.

Tipo	Ensayo	Norma
Fisicoquímicos	Color	ASTM D1500- 12(2017)
	Número ácido	ASTM D974-14e2
	Tensión interfacial	ASTM D971-20
	Contenido de humedad	ASTM D1533-20
	Rigidez dieléctrica	D877/877M-19-Met.A

Anexo XVIII Modelo de Tabla de registro para valores permitidos y tolerante de gases en el aceite dieléctrico de un transformador de potencia.

Tipo de Gas	Límite Máximo Permitido (PPM)
Hidrógeno (H ₂)	100
Oxígeno (O ₂)	50000
Metano (CH ₄)	120
Acetileno (C ₂ H ₂)	35
Etileno (C ₂ H ₄)	50
Etano (C ₂ H ₆)	65
Monóxido de Carbono (CO)	350
Dióxido de Carbono (CO ₂)	2500

Gases Detectados	Interpretación
Dióxido de carbono, monóxido de Carbono o Ambos.	Sobrecarga del transformador o incremento anormal en la temperatura causante de algún deterioro en la celulosa.
Hidrógeno y Metano	Efecto corona, electrolisis del agua o corrosión.
Hidrógeno, dióxido y monóxido de carbono.	Efecto corona con presencia de celulosa transformador sometido a sobrecarga.
Hidrógeno, metano, con pequeñas cantidades de etano y etileno.	Chisporroteo y otras fallas menores
Hidrógeno, metano con dióxido y monóxido de carbono y pequeñas cantidades de otros hidrocarburos pero no acetileno.	Chisporroteo y otras fallas menores causantes de algunas descargas en el aceite.
Alta cantidad de hidrógeno y otros Hidrocarburos incluyendo acetileno.	Arco de alta energía causante de un rápido deterioro del aceite.
Alta cantidad de hidrógeno, metano, etileno y algo de acetileno	Arco que produce alta temperatura en el aceite pero en un área confinada Conexiones pobres o cortos entre vueltas
Igual al punto anterior más la presencia de dióxido y monóxido de carbono.	Igual al punto anterior más la degradación de la celulosa.

*Anexo XIX Fotografías de los equipos de la Subestación de 20 MVA; 138 KV.
Transformador de potencia*



Anexo XX *Fotografías de los equipos de prueba para la Subestación de 20 MVA; 138 KV.*



*Anexo XXI Fotografías de los equipos de la Subestación de 20 MVA; 138 KV.
Transformador de potencia y limpieza de TC*



127

1. DATOS GENERALES DE EQUIPO

Ubicación	La Joya / Arequipa
Subestación	Planta Solar Repartición
Bahía	
Fecha de Ejecución de Prueba	07/05/2023

Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co. Ltd.
Número de Serie	20114039TCC004-002
Potencia Nominal [MVA]	20
Tensión Nominal [kV]	138 / 23
Intensidad Nominal [A]	83.7 / 502.0
Grupo de Conexión	YNd5
Vcc 75°C [%]	9.844
Frecuencia [Hz]	60
Refrigeración	ONAN
Aislante	Aceite ASTM D 3487 type 1
Peso del Aceite [kg]	14040
Peso Total [kg]	44390
Altura de Operación [msnm]	-
Año / País de Fabricación	2012 / KOREA

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN			
Equipo Ensayado	BUSHING CAPACITIVO			
Fase / Fabricante	H1 / TRENCH	H2 / TRENCH	H3 / TRENCH	H0 /TRENCH
Número de Serie	3356	3357	3355	3361
Tipo	COT 650	COT 650	COT 650	COT 650
C1 [pF]	268	261	269	261
Factor de Potencia [%] C1/C2 @ 10kV	0.29 / -	0.27 / -	0.29 / -	0.26 / -
Año/País de Fabricación	2011	2011	2011	2011

2. EQUIPOS DE PRUEBA

Equipo	Marca	Modelo	N° de Serie	Calibración
Analizador Multifuncional	OMICRON	CPC100	PB888V	☒ Verificado
Analizador de Aislamiento	OMICRON	CPTD1	LE691T	☒ Verificado
Analizador de Respuesta al Barrido de Frecuencia	DOBLE	M5400	102001697	☒ Verificado

3. LISTA DE PRUEBAS

Prueba	Condición
Factor de Potencia del Aislamiento	☒ Aplicable
Corriente de Excitación	☒ Aplicable
Respuesta al Barrido de Frecuencia	☒ Aplicable

4. INSPECCIÓN GENERAL

Descripción	Condición
Placa de identificación	Conforme
Estado de las conexiones a tierra	Conforme
Estado del aislamiento	Conforme
Estado de los bushing lado primario	Conforme
Estado de los bushing lado secundario	Conforme
Estado de medidor de temperatura de aceite	Conforme
Estado de medidor de temperatura de devanados	Conforme
Estado de medidor de nivel de aceite	Conforme
Estado de Silicagel	Observado
Estado de cambiador de tomas	Conforme
Estado de tanque de expansión	Conforme
Verificación de la ausencia de fugas de aceite	Observado
Estado de accesorios, pernos, uniones y empaquetaduras	Conforme
Inspección de motoventiladores	Conforme
No existencia de daños físicos en el transformador	Conforme
Comentarios: - Se aprecia cambio de color adverso de silica gel en tanque de expansión y tanque de conmutador. (ver figura 5.2 y 5.3) - Hay filtración y presencia de aceite dieléctrico en válvula de extracción. (ver figura 5.5) - Indicador de maniobras de conmutador inhabilitado. (ver figura 4) - Avería en control manual al momento de bajar Tap 18 a Tap 19	

5. RESULTADO DE LAS PRUEBAS

5.1. CORRIENTE DE EXCITACIÓN

Terminales Ensayados: H1 – H2 – H3– H0

TAP	Tensión de Prueba [V]	Corriente Medida [mA]			Δ Max [%]
		H1-H0	H2-H0	H3-H0	
01	10000	21.000	13.588	20.217	3.87
11	10000	24.916	16.539	24.528	1.58
21	10000	30.769	20.530	30.028	2.47
Comentarios: - Según la norma IEEE Std C57.152-2013, punto 7.2.11.1.1: La diferencia entre las corrientes de las fases externas de los transformadores trifásicos de tres piernas no debe exceder el 10%.					
Resultados de Prueba			Conforme		

5.2. FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO

Aislamiento	Voltaje de Prueba [V]	Corriente Medida [mA]	Factor de Potencia @20°C [%]	Capacitancia [nF]
CH+CHL	10000	24.510	0.1700	6.4972
CH	10000	10.567	0.1778	2.7997
CHL	10000	13.937	0.1638	3.6974
CL+CLH	10000	35.454	0.2299	9.4013
CL	10000	21.517	0.2717	5.7036
CLH	10000	13.939	0.1633	3.6975
Temperatura Ambiente [°C]: 30.6 Temperatura Aceite [°C]: 36.0 Humedad [%RH]: 10.0				
Comentarios: - Según la cláusula 7.2.14 de la norma IEEE Std C57. 152 - 2013. Los valores máximos permisibles según dicha norma para transformadores en uso < 230 kV, el límite de factor de potencia es 1.0%.				
Resultados de Prueba			Conforme	

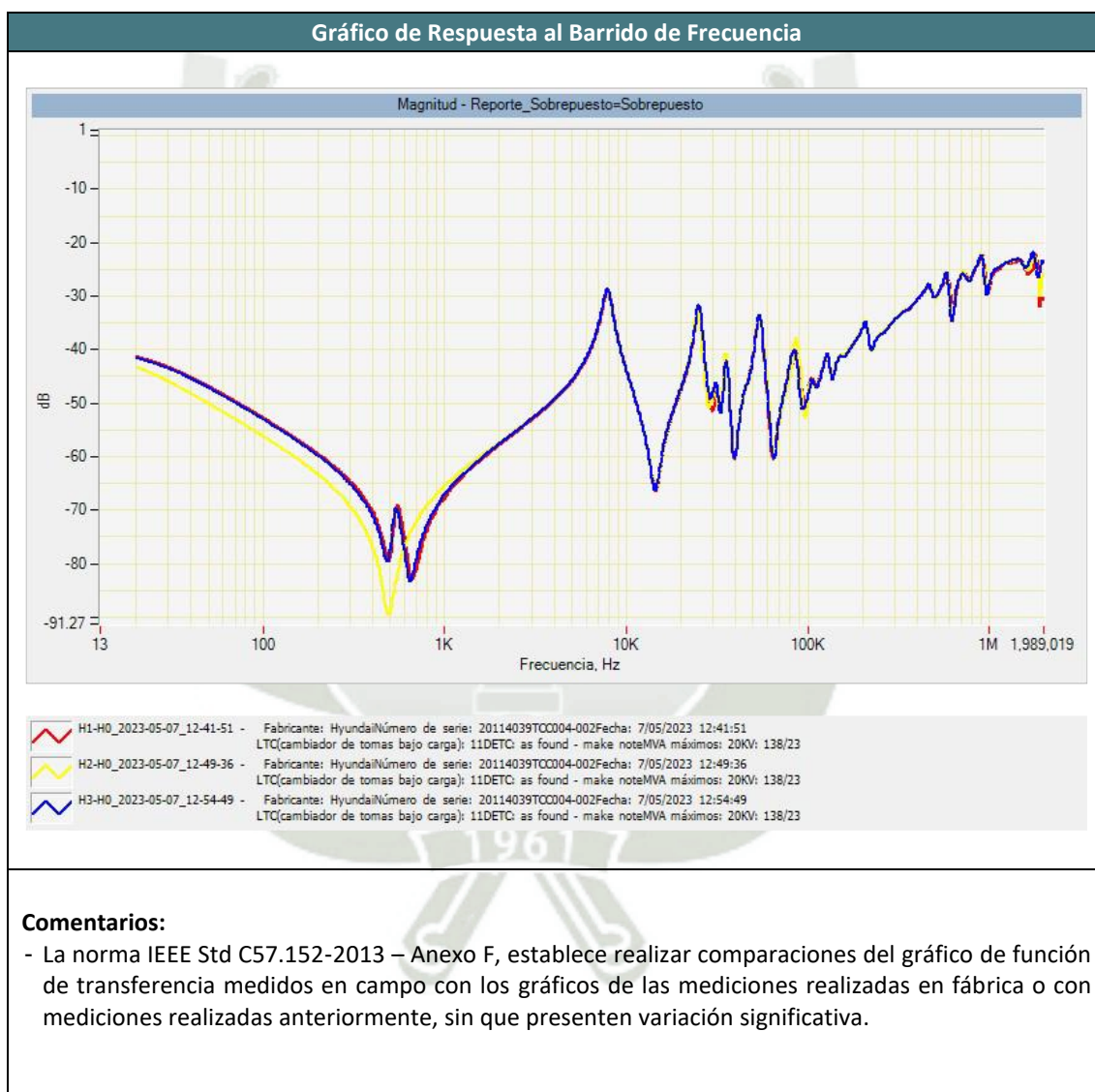
5.3. FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO BUSHINGS

Aislamiento	Voltaje de Prueba [V]	Corriente Medida [μA]	Factor de Potencia [%]	Capacitancia [pF]
H1 – C1	10000	1.0035	0.2722	266.24
H2 – C1	10000	0.9783	0.2542	259.51
H3 – C1	10000	1.0054	0.2697	266.66
H0 – C1	10000	0.9753	0.2485	258.73
Temperatura Ambiente [°C]: 30.6 Temperatura Aceite [°C]: 36.0 Humedad [%RH]: 10.0				
Comentarios: - Evaluación según la norma IEEE Std. C57.152-2013, punto 7.3.3. El valor máximo permisible de aumento de factor de potencia es 2 veces la lectura inicial / valor nominal de placa y un aumento máximo en la capacitancia de 5% sobre el valor inicial / valor nominal de placa.				
Resultados de Prueba			Conforme	

5.4. RESPUESTA AL BARRIDO DE FRECUENCIA

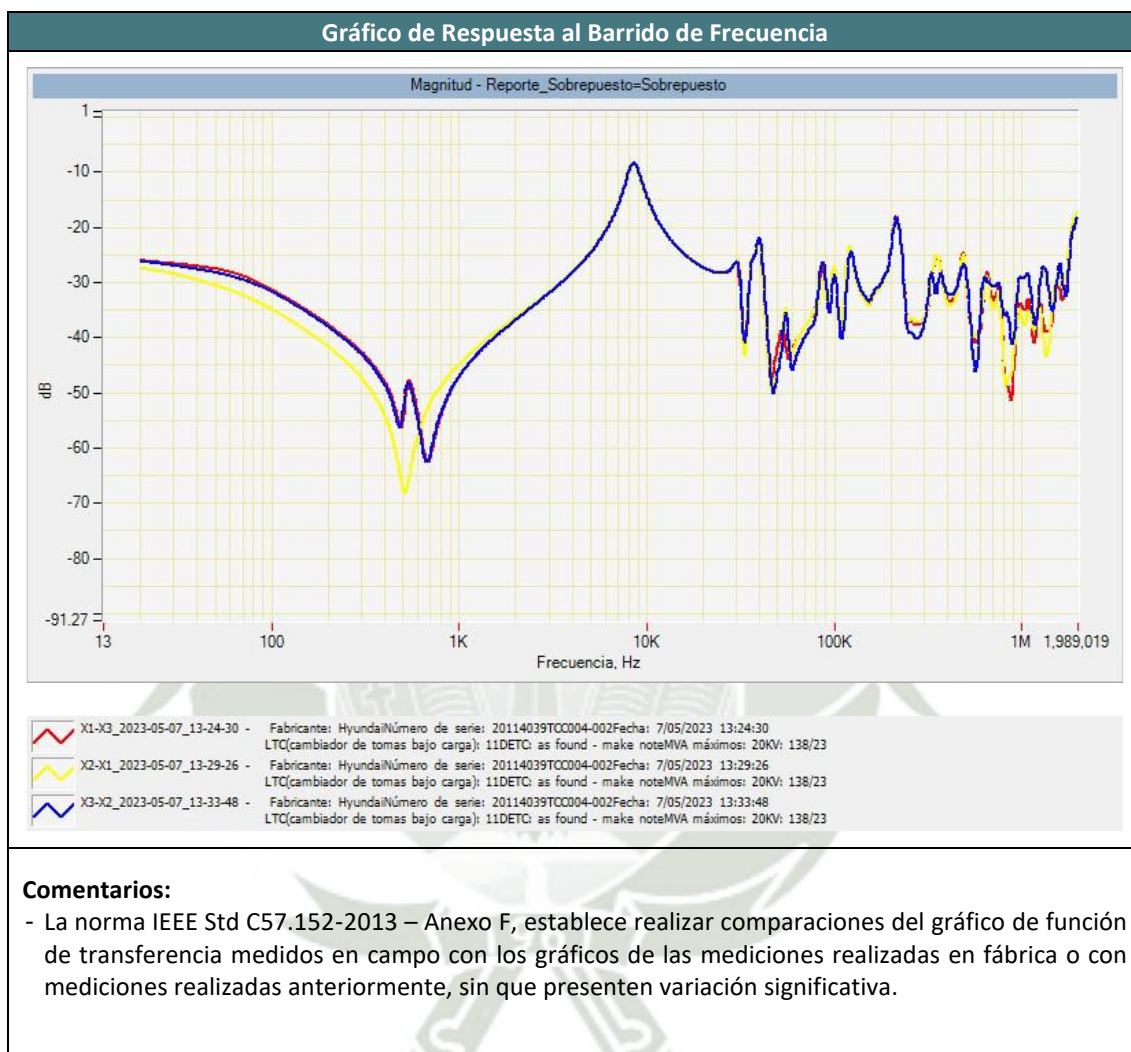
5.4.1. Primario con Secundario Abierto

Terminales Ensayados: H1– H2– H3 – H0
Terminales Abiertos: X1 – X2 – X3
Terminales en Cortocircuito: Ninguno
TAP: 11



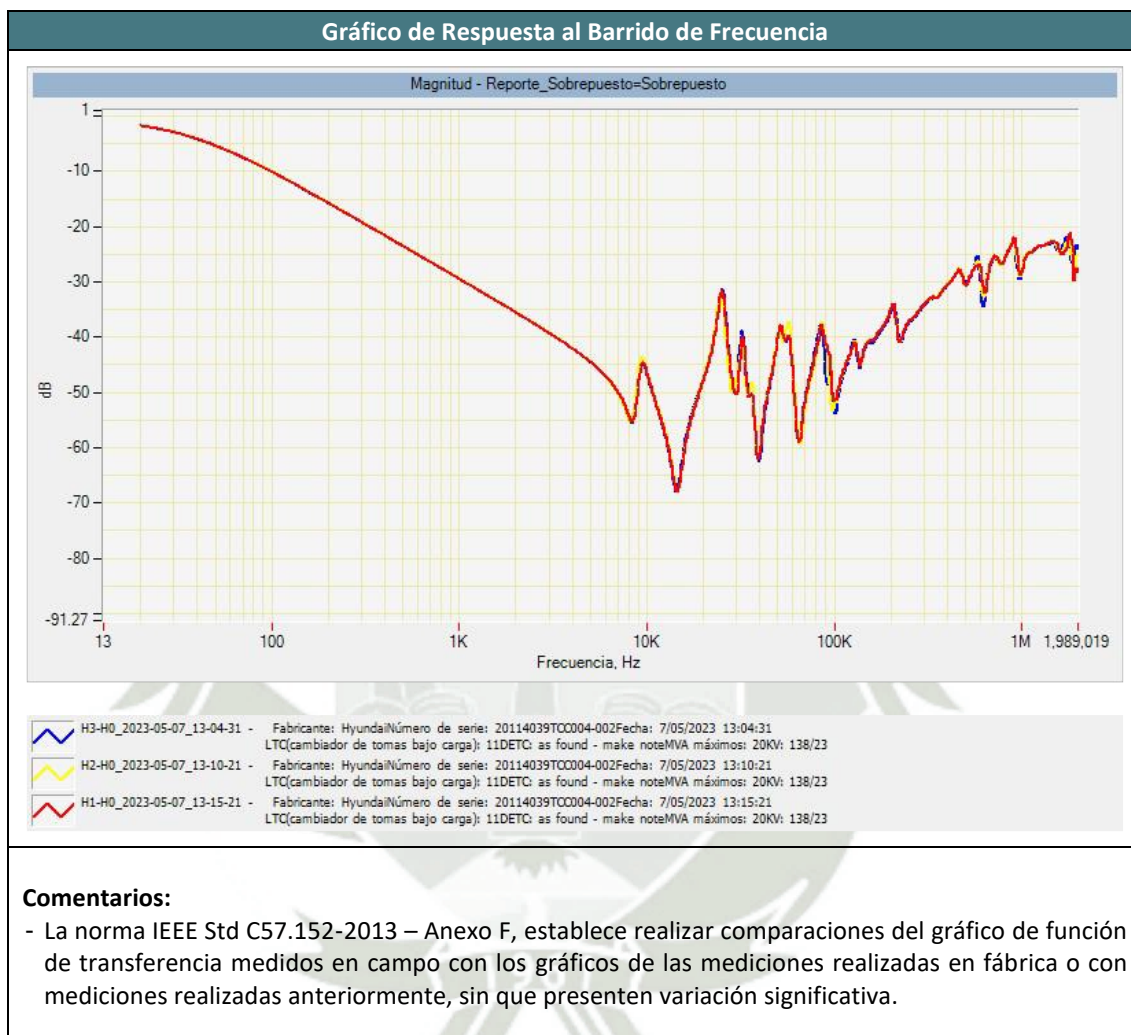
5.4.2. Secundario con Primario Abierto

Terminales Ensayados: X1 – X2 – X3
 Terminales Abiertos: H1– H2– H3 – H0
 Terminales en Cortocircuito: Ninguno
 TAP: 11



5.4.3. Primario con Secundario en Cortocircuito

Terminales Ensayados: H1– H2– H3 – H0
Terminales en Cortocircuito: X1 – X2 – X3
TAP: 11



6. CONCLUSIONES

Inspección Visual

- Se aprecia cambio de color adverso de silica gel en tanque de expansión y tanque de conmutador.
- Hay filtración y presencia de aceite dieléctrico en válvula de extracción.
- Indicador de maniobras de conmutador inhabilitado.
- Avería en control manual al momento de bajar Tap 18 a Tap 19

Pruebas Eléctricas

Corriente de Excitación:

- Resultado Conforme. Según la norma IEEE C57.152 – 2013 el patrón de datos de prueba de corriente de excitación típico para un transformador de tres piernas es dos lecturas de corriente similares y una lectura de corriente más alta. Los valores se encuentran dentro de los límites máximos admisibles.

Respuesta al Barrido de Frecuencia

- Resultado conforme según la norma IEEE Std C57.152-2013 – Anexo F

Pruebas Dieléctricas

Factor de potencia/tangente delta del aislamiento:

- Resultado Conforme. Los valores obtenidos están dentro de lo recomendado según la norma IEEE Std C57. 152 - 2013.

Capacitancia entre devanados:

- Los valores muestran un comportamiento normal de la estructura física del transformador.

Factor de Potencia / Tangente Delta de Bushings:

- Resultado Conforme. Los valores obtenidos están dentro de lo recomendado según la norma IEEE Std C57.152-2013.

Capacitancia de Bushings

- Los valores muestran un comportamiento normal de la estructura física del bushing

**Condición Operativa del
Transformador de Potencia:**

CONFORME

7. RECOMENDACIONES

Frecuencia de control sugerida mediante mantenimiento predictivo

Recomendamos continuar con la evaluación del transformador mediante pruebas eléctricas y dieléctricas de acuerdo a las frecuencias establecidas por el cliente (Pruebas de Relación de Transformación, Resistencia de Devanados, Resistencia de Aislamiento, Respuesta a la Frecuencia Dieléctrica y Protecciones Propias)

Acciones Predictivas Propuestas

Ninguna.

Acciones Preventivas Propuestas

- Realizar cambio de Silica gel de los deshumecedores.
- Realizar el reajuste y/o cambio de empaques en válvula de extracción de aceite dieléctrico.
- Realizar limpieza de tablero de mando de Conmutador, verificar conexiones y comprobar el correcto funcionamiento de su mecanismo desde Tap 1 a Tap 21

Acciones Correctivas Propuestas

Ninguna