



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Implementación de Reliability Centred Maintenance para reducir
los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail – Lima,
2021**

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

AUTORES:

Huaranga Galván, Alexis Mauri (ORCID: 0000-0002-0693-909X)

Montalvan Conislla, Adriana Isabel (ORCID: 0000-0002-2875-4301)

ASESOR:

Doctor Carrión Nin, José Luis (ORCID: 0000-0001-5801-565X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en nuestras vidas.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por siempre darnos el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Oscar y Delma, Julio y Cecilia, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nosotros, por cada uno de sus consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a todos los docentes de la Universalidad Cesar Vallejo que nos brindaron sus conocimientos al largo de nuestra formación profesional y, de manera especial, al Doctor Carrión Nin, José Luis, asesor de nuestra investigación quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y a la empresa Sifel por su valioso aporte para nuestra investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras y gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2 Variables y operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos.....	17
3.6 Método de análisis de datos.....	42
3.7 Aspectos éticos.....	42
IV. RESULTADOS.....	44
4.1 Análisis descriptivo de los fallos de la catenaria rígida.....	44
4.2 Análisis inferencial.....	47
4.3 Análisis económico financiero.....	52
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS.....	73

Índice de tablas

Tabla 1. Juicio de expertos	17
Tabla 2. Resultados del Pre – Test.....	22
Tabla 3. Cronograma de la implementación de la mejora.....	24
Tabla 4. Componentes de la catenaria rígida	26
Tabla 5. Criterios para determinar la criticidad de los componentes.....	30
Tabla 6. Matriz de criticidad	31
Tabla 7. Matriz de criticidad de HC - 001	32
Tabla 8. Matriz de criticidad de CE - 002	32
Tabla 9. Matriz de criticidad de SUS - 006.....	33
Tabla 10. Matriz de criticidad de PA - 007	33
Tabla 11. Matriz de criticidad de AS - 009	33
Tabla 12. Matriz de criticidad de PF - 010.....	34
Tabla 13. Matriz de criticidad de DES - 013.....	34
Tabla 14. Matriz de criticidad de CON - 01	35
Tabla 15. Matriz de criticidad de AC - 018	35
Tabla 16. Matriz de criticidad de APF - 019	35
Tabla 17. Matriz de criticidad de AB - 020	36
Tabla 18. Matriz de criticidad de PU - 021	36
Tabla 19. Matriz de criticidad de PAN - 023.....	37
Tabla 20. Matriz de criticidad de TIR - 024	37
Tabla 21. Resultado de criticidad de los componentes de la catenaria rígida	38
Tabla 22. Hoja de información del RCM	39
Tabla 23. Hoja de decisión del RCM.....	40
Tabla 24. Resultados del Post – Test	41
Tabla 25. Análisis Estadístico del Costo de fallos y Costo de mantenimiento	46
Tabla 26. Análisis Estadístico del Tiempo medio de reparación. Por SPSS.....	47
Tabla 27. Prueba de normalidad de los fallos en la catenaria rígida.....	47
Tabla 28. Prueba T Student.....	48
Tabla 29. Prueba de Normalidad de la Reducción de costos	49
Tabla 30. Comparación Reducción de fallos Pre test y Post test con Wilcoxon ..	49
Tabla 31. Prueba de Normalidad de la Reducción de tiempos de reparación	50
Tabla 32. Comparación Reducción de tiempos Pre test y Post test con Wilcoxo.	51

Tabla 33. Inversión de la implementación.....	52
Tabla 34. Ahorros generados de la implementación.....	53
Tabla 35. Gastos de mantenimiento de la implementación	54
Tabla 36. Flujo de caja.....	55
Tabla 37. Valor actual neto (VAN)	56
Tabla 38. Tasa interna de retorno (TIR).....	56
Tabla 39. Relación beneficio/costo	57
Tabla 40. Matriz de operacionalización de variables generales	73
Tabla 41. Registro customizado de tiempo promedio entre fallos (MTBF)	75
Tabla 42. Registro customizado de confiabilidad (C).....	76
Tabla 43. Registro customizado de costo de fallos y costo del mantenimiento ...	77
Tabla 44. Registro customizado de tiempo medio de reparación (MTTR)	78
Tabla 45. Pre test de tiempo promedio entre fallos (MTBF).....	79
Tabla 46. Pre test de confiabilidad (C).....	80
Tabla 47. Pre test de costo total de los fallos y al costo del mantenimiento	81
Tabla 48. Pre test de tiempo medio de reparación (MTTR)	82
Tabla 49. Post test de tiempo promedio entre fallos (MTBF).....	83
Tabla 50. Post test de confiabilidad (C)	84
Tabla 51. Post test de costo total de los fallos y costo total del mantenimiento...	85
Tabla 52. Post test de tiempo medio de reparación (MTTR)	86
Tabla 53. Análisis de criticidad de los componentes de la catenaria rígida	87
Tabla 54. Hoja de información RCM del hilo de contacto de la catenaria rígida..	88
Tabla 55. Hoja de información RCM de conexiones eléctricas.....	88
Tabla 56. Hoja de información RCM de suspensiones de la catenaria rígida.....	89
Tabla 57. Hoja de información RCM de perfil aluminio de la catenaria rígida.....	89
Tabla 58. Hoja de información RCM del aislador de sección.....	90
Tabla 59. Hoja de información RCM del punto fijo de la catenaria rígida	90
Tabla 60. Hoja de información RCM de los descargadores.....	90
Tabla 61. Hoja de información RCM de los conmutadores.....	91
Tabla 62. Hoja de información RCM del aislador de campana	91
Tabla 63. Hoja de información RCM del aislador de campana	92
Tabla 64. Hoja de información RCM del aislador de barra	92
Tabla 65. Hoja de información RCM del punto de unión.....	92

Tabla 66. Hoja de información RCM del pantógrafo de la catenaria rígida	93
Tabla 67. Hoja de información RCM del pantógrafo de la catenaria rígida	93
Tabla 68. Hoja de decisión RCM del hilo de contacto de la catenaria rígida	94
Tabla 69. Hoja de decisión RCM de las conexiones eléctricas.....	95
Tabla 70. Hoja de decisión RCM de las suspensiones de la catenaria rígida.....	96
Tabla 71. Hoja de decisión RCM del perfil de aluminio de la catenaria rígida	97
Tabla 72. Hoja de decisión RCM del aislador de sección de la catenaria rígida..	98
Tabla 73. Hoja de decisión RCM del punto fijo de la catenaria rígida.....	99
Tabla 74. Hoja de decisión RCM de los descargadores de la catenaria rígida..	100
Tabla 75. Hoja de decisión RCM de los conmutadores de la catenaria rígida ...	101
Tabla 76. Hoja de decisión RCM del aislador de campana	102
Tabla 77. Hoja de decisión RCM del aislador de punto fijo.....	103
Tabla 78. Hoja de decisión RCM del aislador de barra de la catenaria rígida ...	104
Tabla 79. Hoja de decisión RCM del punto de unión de la catenaria rígida.....	105
Tabla 80. Hoja de decisión RCM del pantógrafo de la catenaria rígida	106
Tabla 81. Hoja de decisión RCM del tirante de la catenaria rígida	107
Tabla 82. Cronograma de actividades	108

Índice de Gráficos

Gráfico N°1. Resultados pre test y post test de la variable dependiente	44
Gráfico N°2. Resultados pre test y post test de la dimensión de costos.....	45
Gráfico N°3. Resultados pre test y post test de los tiempos medio de reparación	45

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la empresa	18
Figura 2. Organigrama de la empresa.....	19
Figura 3. Servicios de la empresa	19
Figura 4. Las 5 Fases del RCM.....	24
Figura 5. Ishikawa de los fallos de la catenaria rígida	74
Figura 6. Las 7 preguntas que se deben de usar al implementar el RCM.....	109
Figura 7. La figura representa la matriz de operacionalización validada.	110
Figura 8. Matriz de operacionalización validada.....	111
Figura 9. Matriz de operacionalización validada.....	112
Figura 10. Constancia de Autorización para la recolección de datos.....	113

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo implementar la metodología del Reliability Centred Maintenance (RCM) en el sistema de la cantería rígida de la empresa Sifel Rail con el fin de poder tener una reducción de fallos, costos y tiempos de reparación.

La investigación tiene siete capítulos. En el primer capítulo, se desarrolla la situación actual de la empresa Sifel Rail y la problemática de los fallos que se presentan en la catenaria rígida, también se definen los objetivos y las hipótesis.

El segundo capítulo abarca el marco teórico donde se encuentran los antecedentes de anteriores investigaciones donde se haya aplicado exitosamente el RCM. En el tercer capítulo refiere a la metodología de la investigación y la implementación del Reliability Centred Maintenance que cuenta con cinco fases. En el cuarto capítulo se explica los principales resultados que se encontraron en la investigación para ello se da uso al SPSS. En el quinto capítulo se enfoca en la discusión la cual se compara los resultados de la investigación con investigaciones de otros autores. En el sexto y séptimo capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo de la presente investigación.

Palabras clave:

Mantenimiento, Fallos, Costos.

ABSTRACT

The objective of this research is to implement the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology in the rigid quarrying system of the Sifel Rail company in order to reduce failures, costs and repair times.

The investigation has seven chapters. In the first chapter, the current situation of the Sifel Rail company and the problem of failures that occur in the rigid catenary are developed, the objectives and hypotheses are also defined.

The second chapter covers the theoretical framework where the background of previous investigations where the RCM has been successfully applied are found. In the third chapter, it refers to the research methodology and the implementation of Reliability Centered Maintenance, which has five phases. In the fourth chapter, the main results found in the investigation are explained, for which SPSS is used. The fifth chapter focuses on the discussion which compares the results of the research with research by other authors. In the sixth and seventh chapter the conclusions and recommendations obtained from this research are presented.

Keywords:

Maintenance, Failures, Costs.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo los medios de comunicación, tanto por aire, tierra y mar, el desarrollo de los medios terrestres ha tenido avances considerables, ya que se ha incorporado en ellos tecnología que día a día se innova. Es así que, en el caso del transporte terrestre, un medio de transporte más común es el ferroviario y ante esa realidad los trenes eléctricos son los de uso más difundido. Es por ello que requiere que los componentes que sustentan su operatividad se mantengan en buenas condiciones, en especial la catenaria, el cual es un sistema de electrificación que suministra energía necesaria para una correcta operatividad del servicio.

En años anteriores existió una mala gestión con respecto al mantenimiento de las catenarias aéreas flexibles, líneas tranviarias y líneas de trolebús, lo cual ocasionaba interferencias y fallas dentro de la operación, es por ello que en el año 2008 se ejecutó por primera vez en metro Madrid, la implementación de un sistema de captación por tercer carril aéreo más conocido como catenaria rígida, obteniéndose así ventajas como facilidad de mantenimiento, disminución de incidencias, bajos costos y un gálibo reducido.

No se contaba con estadísticas de fallos de la catenaria en años anteriores, en consecuencia, no existía una información que permita el análisis de fallos que permita evaluar la vida de los componentes, todos los archivos disponibles con respecto a la vida de los componentes, se han llegado a obtener por el camino de la experiencia que desarrollan día a día al personal encargado de mantenimiento, por el personal técnico que están relacionados con la producción y por la documentación dada por los proveedores. Es en este punto que surge la importancia del carácter vivo del RCM. Ya que no solo basta con la ayuda que nos pueda ofrecer el instalador, dentro de ello se añaden nuevos aspectos que provienen de su uso constante, ayudando así a completar actividades que por la baja previsión pasaran desapercibidas y comprobándose así el estado crítico en la que se encuentran los componentes mecánicos.

La realidad problemática se centra en que la organización Sifel Rail presenta fallos en la catenaria rígida, se pudo evidenciar en los meses de junio y julio 50 fallos, generándose así paradas inesperadas en la operación, por otro lado, ello generó

un elevado costo de mantenimiento que fue de 169 765 soles y por último el tiempo de reparación que fue de 21 horas.

Todo ello se da a causa de que no existía una adecuada programación de actividades por cada componente de la catenaria rígida, por otro lado, también se evidencio la falta de medidas preventivas, la falta de capacitaciones hacia el personal de mantenimiento, causas que se reflejan en el diagrama de Ishikawa (ver anexo 2).

Por otro lado, se ha observado que existe una mala gestión con respecto al plan de mantenimiento. Esto trae como consecuencia una mala operatividad en el sistema generando así una demora en el recorrido del tren eléctrico, también trae consigo una mala manipulación en el mantenimiento en los equipos sin mantener la vida útil de estos.

Las catenarias rígidas han sido diseñadas con cero mantenimientos, pero se sabe que siempre va a existir fallas, de las cuales traen una demora en la operación.

Con el pasar de los años se ha visto como el mundo tecnológico ha ido evolucionando de una forma significativa conllevándonos hacia nuevas técnicas de mantenimiento, una de ellas es el Reliability Centred Maintenance (RCM) que determina las funciones a aplicar en su contexto operacional, evitando interferencias que pueden llegar a ocurrir, conllevándonos a consecuencias graves.

La metodología del mantenimiento Centrado en la confiabilidad se ha vuelto una metodología de suma importancia en las empresas, para así poder reducir los fallos más repetitivos y consecuentes, asegurando que los componentes trabajen de forma eficiente. Es por ello el motivo por el cual se hace esta investigación para demostrar cómo y de qué manera influye un plan de conservación que se centra en cada proceso del RCM en la catenaria rígida.

La empresa busca mejorar la vida útil de sus equipos es por ello que se dará un soporte técnico muy avanzado como disciplina imprescindible y se centrará en la catenaria rígida para así poder evitar demoras en sus procesos de mantenimiento.

La presente investigación referente al término de la carrera se basa en la realización de la investigación titulada "Implementación de Reliability Centred Maintenance

para reducir los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail – Lima, 2021”. Que está basado en la aplicación de la metodología del RCM para reducir los fallos, costo y tiempo de reparación.

Ello conlleva a dar un planteamiento y exposición del presente trabajo de investigación que se fundamenta en una interrogante elemental la cual da significado y le da forma al planteamiento propuesto con respecto al plan de tesis.

De esta manera se dio a conocer el problema general: ¿En qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021? Así mismo los problemas específicos son dos: ¿En qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021? y ¿En qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021?

La justificación práctica en esta investigación se da debido a que la empresa Sifel Rail no cuenta con un determinado sistema de mantenimiento, por la cual se va a realizar el análisis del Reliability Centred Maintenance, ya que al producirse los fallos inesperados se obtiene muchas interferencias, es por ello que optamos por un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, la cual, nos ayudara a reducir los fallos que se han dado y los que tengan una probabilidad así sea mínima de ocurrir llamados fallos potenciales.

La justificación teórica en esta investigación se analizó y desarrolló los conceptos teóricos del Reliability Centred Maintenance, la cual, aportaron conocimientos de la metodología para una mejora o aumento de su comprensión, por ello se realizó una correcta implementación.

La justificación económica en esta investigación demostró que se obtuvo beneficios económicos aplicando el Reliability Centred Maintenance, por ello, la magnitud de estos ahorros en soles va a superar el desembolso de dinero generado en la inversión y el mantenimiento de la herramienta.

El RCM como una metodología de mantenimiento, se basa en darle seguimiento a los equipos, donde se estudian que fallos pueden llegar a ocurrir y en la

implementación de métodos estadísticos y tecnológicos que nos ayuda a su de detección. Podemos concluir que el RCM es un estudio de mantenimiento tecnológico. (Sánchez, 2016, p. 8).

Pudieron encontrarse varias repuestas y múltiples escenarios para responder a nuestra interrogante, en donde destaco la aplicación y la importancia del RCM el cual nos va a permitir optimizar los fallos que existen en la catenaria rígida, por lo cual fue necesario implementar operaciones de revisión como inspección con video, limpieza de aisladores, también minimizar los costos y aumentar la vida útil de los equipos.

Otro autor nos dice que el RCM es una metodología usada para establecer procesos que se deben de realizar con el fin de que todos los equipos que se encuentren involucrados dentro de la operación continúen trabajando dentro de los parámetros o estándares establecidos. La metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad nos asegura de que un equipo o maquina continúe trabajando de manera eficiente. (Layme, 2014, p.3).

Para ello se planteó el objetivo general que es: Determinar en qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021, también se contó con dos objetivos específicos: Determinar en qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021 y Determinar en qué medida la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021.

En la presente investigación tiene como hipótesis general: La implementación de Reliability Centred maintenance reducirá significativamente los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021. También se cuenta con dos hipótesis específicas: La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021 y La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se mostrarán referencias que están relacionados con el tema de nuestra investigación.

Villacrés (2016), desarrollo un trabajo titulado *aplicación de un proyecto de mantenimiento utilizando el RCM para el vehículo hidrocleaner*, tuvo como objetivo, desarrollar un plan de conservación basándose en los principios del RCM para la flota de vehículos Hidrocleaners, el estudio fue de tipo mixto cuantitativo y cualitativo, se tuvo como población de estudio al personal técnico y administrativo de la empresa Etapa Ep, los instrumentos empleados fueron entrevistas al personal de la organización Etapa Ep. Luego de haber aplicado el plan de mantenimiento y haber ejecutado las actividades correctivas (que se determinaron mediante la aplicación de la metodología RCM), se evidencio que la tasa de fallos se redujo de 11 a 6 fallos por cada año, ello representa una reducción del 45% de fallos en el nuevo periodo analizado.

Inga y Choccelahua (2019), desarrollo un trabajo titulado *propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa Chejampi Biomedical SAC*, tuvo como objetivo proponer la mejora del sistema de gestión de mantenimiento, mediante la metodología centrada en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa Chejampi Biomedical SAC, el estudio fue de tipo cuantitativo, se tuvo como población de estudio el número total de equipos médicos del UPSS Centro Quirúrgico, para los Centros Hospitalarios. Luego de haber aplicado el sistema de gestión de mantenimiento mediante el uso del Reliability Centred Maintenance, se aplicaron técnicas de análisis, por la cual la secuencia para la aplicación correcta es: identificación crítica, análisis de los modos de falla y sus efectos y análisis causa-raíz. La cual obtuvo una mejora en los tiempos promedio entre fallas de 807.76 horas a 13687.77 horas, el tiempo medio de reparación se reduciría de 65.26 horas a 7.57 horas. Por lo tanto, aplicando el RCM vemos notoriamente la mejora, la cual nos aportó las técnicas de análisis para obtener esos resultados.

Mendoza (2017), en su investigación titulada *Propuesta para optimizar los tiempos del mantenimiento preventivo que se aplican en los vagones de línea 1*, tuvo como

objetivo, optimizar los tiempos de un plan de Mantenimiento Preventivo en las actividades de los trenes Alstom, los instrumentos que se emplearon fueron la inspección visual del eje, cableado de bogíes y la rueda, se tuvo como población los trenes de la Línea 1. En los principales resultados se pudo comprobar que se optimizaron los tiempos al hacer las inspecciones de las ruedas, también se redujeron los tiempos en las inspecciones de frenos y la estructura del pantógrafo, con estas mejoras durante el mantenimiento no se excedería el turno de 8 horas, Se concluyó que al optimizar los tiempos se puede observar un ahorro de 4408.26 nuevos soles.

Torres (2016), en su investigación con título *Desarrollo de una metodología para la implementación de mantenimiento para sistemas ferroviarios*, se tuvo como objetivo, desarrollar un método para permitir la implementación de índices de (CDM), como metodología se usó la recopilación de información e investigativa, se evidencio como población los sistemas ferroviarios de Latinoamérica, se justificó como instrumento empleado la distribución de Weibull. Se tuvo como resultado que el equipo auxiliar mantiene una fiabilidad mayor que el resto de subsistemas, en un tiempo de 2 semanas se observó una mejora en la confiabilidad de los bogies MC1 95.5%, MC2 94.8% y MC3 83% el conjunto del tren tiene una confiabilidad del 99.3%. Se concluyó que la organización del sistema ferroviario esta agrupada debido a que existe mucha diversidad de tecnologías que son implementadas en las distintas líneas férreas.

Cormilluni (2019), en su trabajo titulado *Mantenimiento aplicando el RCM en un proceso de producción*, el objetivo fue poner en práctica una mejora en el proceso productivo utilizando la metodología del RCM, se empleó como instrumentos formularios y herramientas como el checklist de actividades. Se tuvo como resultado que al implementar el RCM disminuirá el costo de mantenimiento en un 30%. Se llego a concluir que al usar el tiempo de parada del equipo de manera eficiente se logró disminuir en 25% el tiempo de reparación (MTTR) lo cual nos indica la eficiencia del mantenimiento y por otro lado que la empresa ICCGSA debe de elaborar un modelo inédito de gestión con respecto al mantenimiento que esté basado en el RCM.

Álvarez (2017), en su investigación de tesis titulada *Aplicación de la estrategia RCM para los carros del cuerpo de Bomberos*, se tuvo como objetivo, gestionar un plan de conservación implementando el RCM, la población que se evidenció fueron los vehículos de cuerpos de bomberos, los instrumentos utilizados fueron diagramas de Pareto y la distribución de Weibull. Se obtuvo como resultado que el 80% de los costes fueron generados y analizados en un periodo de 18 meses, por otro lado, como consecuencia nos arrojó un 20% de fallas. Se concluyó que al realizar un análisis del RCM se establecieron funciones por cada equipo de emergencia.

Sánchez (2016), en su investigación *Metodología RCM*, se dio como principal objetivo la implementación del Reliability Centred Maintenance para designar un plan de mantenimiento que aplique al proceso del plástico, se usó como instrumento el análisis FMEA. Se encontró como resultado que el desgaste que causa en la maquinaria es mucho más agresivo cuando se conecta con el plástico que con las tierras del cultivo. Se concluyó que al implementar el RCM en la organización esta cuenta con una mejora continua de sus procesos como resultados se pudieron evidenciar que los fallos de Enero: 17, Febrero: 14, Marzo: 13 y Abril: 17 se redujeron a Mayo: 14, Junio: 12, Julio: 10 y Agosto: 7.

Castillo (2017), en su trabajo *Mantenimiento centrado en confiabilidad*, se tuvo como objetivo Implementar un plan del Reliability Centred Maintenance, los instrumentos que se usaron para la investigación fue el análisis del modo y efecto de fallas y el diagrama de decisión. Por otro lado, se obtuvo como resultado que en la cámara de empuje es donde ocurren la mayor cantidad de fallos, convirtiéndose este en un elemento de menor confiabilidad. Se concluyó que al aplicar el RCM al Power Oil, disminuirá el tiempo medio entre fallas de 29 a 69 días, al evidenciar dicha información en porcentaje se obtuvo una reducción con respecto a la tasa de fallos en un 57.95%

Macedo (2018), En su trabajo de investigación *que está basado en el RCM*, se tuvo como objetivo, estimar como aplicando Reliability Centred Maintenance dará una mejora en el envasado, fue un estudio de tipo descriptivo y explicativo, con enfoque cuantitativo, el diseño que se le dio a la tesis es experimental, encontramos como población de estudio la producción que se da en la línea 14, la muestra es la misma que la población, como instrumentos se usaron hojas de registros. Se obtuvo como

resultados que al aplicar la metodología del RCM se pudo evidenciar que la productividad aumento del 49% al 69% logrando un aumento del 20%. Se concluyó que la empresa aumento su productividad significativamente mediante la metodología del RCM.

Pajares (2018), en su informe de tesis *el RCM para el área de envasado en la empresa Danper Trujillo*, se dio como objetivo la implementación de un programa con respecto al mantenimiento basado en el RCM para aumentar la disponibilidad de las maquinas. Se tuvo como población a todas las máquinas de la empresa Danper Trujillo y como muestra los equipos de la línea de escaldado, sellado y envasado. Se usaron como instrumentos la recolección de datos a partir de fichas de registros. Los resultados fueron que los costos de mantenimiento se redujeron aplicando el RCM de un 78% a un 63%. Se concluyó que la disponibilidad promedio de los equipos aumento en un 2.99%.

Por otro lado, hemos recolectado muchos conceptos de varios autores de temas que se relacionan directamente con nuestra investigación, conceptos que nos servirán de gran ayuda en el desarrollo de la presente tesis.

De acuerdo a Sánchez nos dice que el Reliability Centred Maintenance es un desarrollo para precisar exactamente que operaciones se tiene que realizar para que el sistema, maquina o equipo sigan cumpliendo con las funciones que le hayan designado siempre y cuando la empresa obtenga ventajas de rentabilidad. (Sánchez, 2016, p.11).

Otro autor precisa que el RCM es una metodología usada para establecer procesos que se deben de realizar con el fin de que todos los equipos que se encuentren involucrados dentro de la operación continúen trabajando dentro de los parámetros o estándares establecidos. La metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad nos asegura de que un equipo o máquina continúe trabajando de manera eficiente. (Layme, 2014, p.3).

La metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad se centra en 5 fases, las cuales son: fase 1: Conformación del equipo de trabajo, fase 2: Listado y codificación de componentes, fase 3: Análisis de criticidad de los componentes, fase 4: análisis de modos y efectos de falla (AMEF), fase 5: Hoja de decisión del

RCM. Y en otro punto están las 7 preguntas fundamentales que permitirán identificar de una mejor manera todos los fallos que se dan en el proceso.

El análisis de modos de fallos es aquellos que tienden a tener una pequeña probabilidad de que puedan ocurrir, son denominados fallos potenciales. Estos se dan en el Reliability Centred Maintenance, metodología que está encargada en estudiar a los equipos o máquinas en los modos de fallas que estos pueden presentar para ello se usa tecnologías de detección o técnicas estadísticas. (Jiménez, Borraez y Cantor 2017, p. 9).

Se le puede describir al mantenimiento preventivo como el sostenimiento planeado, cuya función es aprobar el conocimiento con respecto al estado de los componentes y máquinas, para así planificar las actividades que se debe de realizar en momentos adecuados y precisos reduciendo el impacto. Este mantenimiento ayuda a prevenir alguna falla en el equipo o máquina, nos indica que no debemos de esperar a que un suceso ocurra, (Flores et al, 2016, p. 13).

Otros autores nos dicen que el mantenimiento preventivo tiene como finalidad encontrar los mínimos problemas que se puedan generar en un equipo antes de que estos provoquen paros. Por otro lado, también se puede explicar al mantenimiento preventivo como una lista de control de actividades, realizadas por el personal de mantenimiento o los operadores de los equipos para que así pueda a ver un correcto funcionamiento de estos, conllevando así a la organización a una producción confiable con menos paros imprevistos, menos costos de mantenimiento y más tiempo los tiempos de producción. (Flores et al, 2016, p. 13).

En otro punto está el mantenimiento correctivo, es una rama del mantenimiento que más se ha desarrollado en el entorno mundial en los medios físicos de las empresas, actúa inmediatamente ante una falla que se ha dejado pasar, afectando así la calidad de servicio, ante ellos se tiene que realizar inmediatamente el cambio o reposición de los componentes y equipos. (Córdoba, 2017, p. 2).

Otro concepto que también nos servirá de ayuda es el mantenimiento proactivo, se encarga de generar el hincapié a cada una de las áreas de cada planta de producción para poder tener un proceso correcto esto se da en colaboración con el personal encargado de mantenimiento. Ello ayuda de manera positiva en el ámbito

económico ya que logra reducir los paros de producción que no han sido programados. (González, 2018, p.212).

También tenemos como concepto al mantenimiento se puede describir como el grupo de procesos que están encaminados a restablecer, conservar, perseverar, perdurar y sostener una mejor calidad para un buen estado y obtener condiciones aptas para aprovechar el uso de los componentes. Este concepto nos permite tener condiciones estables, a prevenir los fallos, para así tener previstos ante cualquier avería. Por último, es una actividad planificada para mantener en buen estado las actividades y evitar así una dificultad o demora en los procesos que se presenten. (Calvo, 2017, p. 6)

Los objetivos a cumplir de un mantenimiento son reducir el uso de energía, minorar el estrés del personal, el incremento al trabajar con seguridad, minimizar los costos, en caso de que exista o se detecte un fallo y no se pueda evitar la idea es disminuir los efectos del mismo, la optimización de los bienes que tenemos, alargar la vida útil de todas las máquinas, equipos y componentes mecánicos que se encuentren en la actividad, hacer que las máquinas no fallen y estén en un estado controlado, es decir prevenir las fallas que de alguna manera nos ayuda a realizar la programación del tiempo de parada en lo que es la reposición o reparación. (Calvo, 2017, p.10).

La catenaria rígida es un sistema que permite la electrificación mediante el pantógrafo y el hilo de contacto que permite la captación de corriente, cuenta con un galibo reducido, un perfil de aluminio, ménsulas, aisladores, tirantes y postes. (Robles, 2018, p.15).

El modo de falla es usado para relacionar las posibles maneras de que pueda fallar un elemento, como también puede tener una o más modos de falla. Estos modos de fallo causan fallos funcionales, incluyendo error humano, deterioro y defectos de diseño, la cual es causada por mantenedores y operadores. (Aguilar y Tandazo, 2017, p.6).

El efecto de falla se describe como la consecuencia de una falla funcional que se detecta y observa. La cual siempre deberían detectarse en términos de eficacia, rendimiento y proceso del sistema. (Aguilar y Tandazo, 2017, p.6).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación está basada en un enfoque cuantitativo debido a que se recolecto y analizo información cuantitativa con respecto a las variables. Se recolectaron datos numéricos que se dieron mediante mediciones semanales, posteriormente se plasmaron los datos en métodos estadísticos para así poder determinar la hipótesis. Para recolectar los datos se elaboró registros por cada variable. El enfoque cuantitativo se basa en recolectar fenómenos que se pueden medir, mediante técnicas estadísticas para posteriormente analizar los datos. (Sánchez, 2019, p.105).

La presente investigación es aplicada debido a que busca resolver un problema específico, en este caso aquellos problemas que se presenten a futuro en la catenaria rígida, ello va dirigido a los fallos, teniendo como principal metodología al Reliability Centred Maintenance, con el fin de poder reducir los fallos. La investigación aplicada está encargada de buscar la manera de poder resolver los problemas, para ello se apoya en hallazgos de conocimientos tecnológicos. (Lozada, 2014, p.34).

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es preexperimental debido a que se manipulará la variable independiente, variable que ayuda resolver la problemática, cuyo efecto se ve reflejado en la variable dependiente. Se trabajo con un grupo de tratamiento (que tendrá un pre - test y post - test) y la muestra utilizada no es aleatoria si no a voluntad de los investigadores. debido a que se midió el efecto del Reliability Centred Maintenance sobre la variable dependiente.

Presentan el más bajo control de variables y no efectúan asignación aleatoria de los sujetos al experimento, y son aquellos en los que el investigador no ejerce ningún control sobre las variables extrañas o intervinientes, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación ni hay grupo control. (Bernal, 2010, p.146).

En otro punto esta investigación es de nivel explicativo ya que busca explicar de qué manera y como se manipulará la variable, las condiciones en las que se da la investigación y los sucesos que la acontecen dando respuestas a la problemática.

El nivel explicativo se basa en darle respuesta a una pregunta, dando a conocer la realidad, características, propiedades y cualidades, en este punto el investigador da a conocer los factores o causas por las cuales se ha originado el fenómeno. (Hernández, Fernández y baptista, 2014, p.95).

3.2 Variables y operacionalización

Para la presente tesis se usaron dos variables, como primera variable el Reliability Centred Maintenance (variable independiente), como segunda variable los fallos en la catenaria rígida (variable dependiente). A continuación, se definirán las variables.

3.2.1. Variable Independiente: Reliability Centred Maintenance

Definición Conceptual: "Es un procedimiento que establece que operaciones debemos realizar para que un sistema o equipo se desempeñe con las funciones deseadas en su contexto operacional, siempre y cuando sea beneficioso para la empresa." (Sánchez, 2016, p11).

Definición Operacional: Metodología que determina un mantenimiento adecuado, identificando los modos de fallos que ayuda a priorizar y reflejar la funcionalidad del sistema de catenaria rígida, la cual tiene como objetivo la reducción de fallos y el aumento de la confiabilidad.

Sus dimensiones son:

- ✓ Tiempo promedio entre fallos
- ✓ Confiabilidad

Dimensión 1: Tiempo promedio entre fallos

Determina el tiempo que es más probable entre la aparición o duración del fallo, esto quiere decir que es el tiempo que se transcurre de fallo a fallo. Mientras más grande sea su valor, más grande es la confiabilidad del equipo. (Nuñez, 2016, p.14).

Indicador:

- ✓ Tiempo promedio entre fallos (MTBF)

$$MTBF = \frac{TTT - TA}{NF}$$

Leyenda:

MTBF = Tiempo promedio entre fallos

TTT = Tiempo total de trabajo

TA= Tiempo de avería

NF = Numero de fallos

Dimensión 2: Confiabilidad

Es la probabilidad de que un activo no tienda a fallar, es decir, que funcione de manera adecuada con respecto a los límites del desempeño establecido. Con respecto a la vida útil para el tiempo que fue diseñado el equipo. (Nuñez, 2016, p.12).

Indicador:

- ✓ Confiabilidad

$$C = e^{-\left(\frac{T}{MTBF}\right) \times 100}$$

Leyenda:

C = Confiabilidad

e = 2.718

T = Tiempo de ciclo

MTBF = Tiempo promedio entre fallos

3.2.2. Variable Dependiente: Fallos en la catenaria rígida

Definición Conceptual: Son los percances que se dan en la catenaria rígida (sistema de electrificación).

Definición Operacional: Percances que se dan en la catenaria rígida que incrementan costos y tiempo.

Sus componentes o dimensiones son:

- ✓ Costos
- ✓ Tiempos de reparación

Dimensión 1: Costos

Se entiende por costos a todos los valores monetarios utilizados en un determinado tiempo para la elaboración de productos o servicios, los costos son recuperables y se clasifican en costos directos e indirectos. (Pacheco, 2019, p.8).

Indicador:

- ✓ Costo total de los fallos (CTF) con respecto al costo total del mantenimiento

$$CTFCTM = \left(\frac{CTF}{CTM} \right) \times 100$$

Leyenda:

CTFCTM = Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento

CTF = Costo total de los fallos

CTM = Costo total de mantenimiento

Dimensión 2: Tiempos de reparación

Es la deducción del tiempo que se realiza la reparación del fallo de un sistema o equipo. Mide la efectividad de restituir en condiciones y mejoras optimas dentro de un tiempo dado. (Nuñez, 2016, p.14).

Indicador:

- ✓ Tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{CHA}{NA}$$

Leyenda:

MTTR = Tiempo medio de reparación CHA = Cantidad de horas por avería

NA = Numero de averías

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Se entiende a la población de estudio como un conjunto de casos que se encuentra definido, accesible y limitado, con ello se formará el referente para la selección de la muestra que cumple con una cadena de criterios, cuando hablamos de población, el término no se dirige exactamente a un conjunto de seres humanos, si no también se dirige a expedientes, animales, objetos, organizaciones, hospitales y familias. (Gómez, Villasís y Miranda, 2016, p.202).

En la presente investigación la población se definió como la cantidad de fallos semanales que ocurren en la catenaria rígida en el lapso de un bimestre que ascienden a 50 fallos.

- **Criterios de inclusión:** Se consideró los días de la semana de lunes a sábado que se dan en la operación del sistema.

3.3.2 Muestra

La muestra es la selección de una cierta cantidad de la población que nos ayudara a conocer datos específicos de la misma. Entonces se puede decir que la muestra se usa para dar a conocer los datos de un universo de forma simplificada. (Cabezas, Naranjo y Torres, 2018, p.93).

La muestra en el pre test está dada por todos los fallos que se presentan durante las 8 semanas de los meses de junio y julio del 2021. En el post test la muestra de igual manera se define por todos los fallos que se dan en el lapso de 8 semanas, 2 semanas del mes de agosto, todo el mes de octubre y 2 semanas del mes de setiembre del 2021.

3.3.3 Muestreo

El muestreo es no probabilístico y es por conveniencia, tenemos como muestra al 100% de la población.

Unidad de análisis

Se define como todos los fallos que se encontraran en las 8 semanas.

Diseño muestral

Se define como la evaluación de los fallos de dos meses sin aleatoriedad alguna.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Las técnicas de recolección de datos son medios o herramientas utilizadas por el investigador para poder mostrar los datos encontrados. Como técnicas podemos citar a: las entrevistas, cuestionarios, encuestas, observación, etc. Cada uno de estos instrumentos se usa de diferente manera. (Arias, 2020, p.9).

3.4.2 Instrumentos

El presente trabajo de investigación se dará uso a las técnicas de observación debido a que se determinará las fallas que se encuentren en la catenaria rígida llevando un control de estos para posteriormente analizarlos, a continuación, se muestran los registros empleados:

Registro 001. Ficha de registro de tiempo promedio entre fallos (MTBF): ayudara a medir los tiempos que pueda existir de fallo entre fallo. (Ver Anexo N°2)

Registro 002. Ficha de registro de confiabilidad ©: ayudara a medir la confiabilidad de los fallos. (Ver Anexo N°3)

Registro 003. Ficha de registro de costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM): ayudara a medir los costos por cada fallo. (Ver Anexo N°4)

Registro 004. Ficha de registro de tiempo medio de reparación (MTTR): ayudara a medir el tiempo promedio de reparación por cada fallo. (Ver Anexo N°5)

La observación es una técnica de suma importancia para el analista o investigador para conseguir la información que desea plasmar y encontrar la realidad de esta. (Pérez, 2017, p.47).

3.4.3 Validez

Para poder dar validez a la presente investigación se sometieron los instrumentos que se usaron para recolectar los datos a los juicios de expertos, constituido por 3

profesionales pertenecientes a la escuela de ingeniería industrial de la Universidad Cesar Vallejo – Lima Este.

Tabla 1. Juicio de expertos

Validador	Pertinencia	Relevancia	Claridad
Betsy Cerna Garnique	SI	SI	SI
Conde Rosas Roberto Carlos	SI	SI	SI
José Luis Carrión Nin	SI	SI	SI

Fuente: elaboración propia.

3.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad prueba que los resultados obtenidos mediante algún instrumento sean consistentes, sólidos y útiles. (Martinez y March, 2015, p.116).

Para poder medir los indicadores sin tener error alguno se contó con información confiable de la data obtenida con respecto a los fallos, costos, confiabilidad y tiempo de reparación, es por ello que se hicieron los trámites correspondientes para contar con el respaldo de la autorización de la empresa Sifel Rail. (Ver Anexo N°49)

3.5 Procedimientos

En esta investigación, las actividades que se realizarán para ejecutar este proyecto serán las siguientes:

3.5.1 Situación actual de la empresa

A.- Datos generales de la empresa

La empresa Sifel Rail es una empresa nacional enfocada en sistemas Ferroviarios Electromecánicos, la cual está conformada por ingenieros y personal técnico que cuentan con una gran experiencia de muchos años aproximadamente 25 años, en el ramo internacional del sistema ferroviario, donde se encuentran países como Colombia, Panamá, México y Perú, con respecto a las actividades propuestas como instalación y montaje de Catenaria Convencional y Catenaria Rígida por otro lado montaje de subestaciones, Sistemas de Peaje, tendidos de cables de energía y telecomunicaciones.

B.- Misión y visión de la empresa

- Misión:

Como empresa, nuestra misión es bajo los criterios de sostenibilidad, eficiencia económica, cooperar con el gran desarrollo de la comunidad mediante un buen plan de gestión, mejora y desarrollo de red ferroviaria que agrade y promueva el desarrollo económico y social.

- Visión:

Como empresa, se aspira en el año 2022, tener una buena referencia en el desarrollo de infraestructuras y montajes en telecomunicación, subestación y catenaria rígida, dándole calidad a las actividades dadas con garantía propuesta.

C.- Localización de la empresa:

El estudio para la implementación del Reliability Centred Maintenance se realiza en la empresa Sifel Rail, ubicada en Perú, en el departamento de Lima, Distrito Ate, en el pasaje Rafael Santa Chiara.



Figura 1. Localización de la empresa

D.- Organización

La empresa Sifel Rail posee un organigrama la cual está conformada por un Gerente General, Supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional, Supervisor encargado del área de Calidad y Supervisor de Operaciones. Esto nos permite

identificar cuáles son los cargos y funciones de cada uno de los trabajadores, para así poder realizar las actividades correctamente.

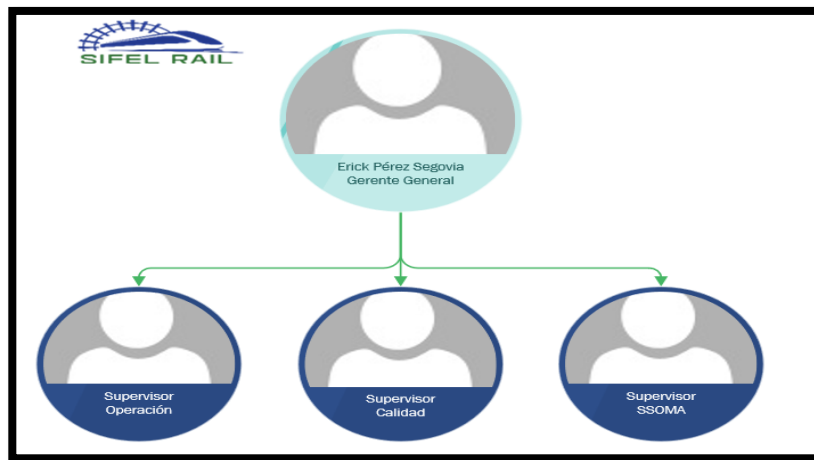


Figura 2. Organigrama de la empresa

E. Servicios de la empresa


SUBESTACIONES	CATENARIA RÍGIDA	TRANSPORTE FERROVIARIO
Una subestación eléctrica es un conjunto de dispositivos, la cual forma parte de un sistema eléctrico que actúa como fuente de energía, distribución, conversión y regulación de niveles de tensión.	La catenaria rígida es un sistema de electrificación para el transporte ferroviario, la cual se utiliza frecuentemente en túneles, por sus menores costos de mantenimiento y un gálibo reducido.	Transporte ferroviario es un transporte terrestre en vía férrea, la cual permite el traslado de personas mediante el tren eléctrico.
		

Figura 3. Servicios de la empresa

3.5.2 Modo de recolección de información

Luego de contar con la autorización de la empresa Sifel Rail (Ver Anexo N°49) para el recojo de información para validar las hipótesis planteadas, en la presente investigación se procedió de la siguiente manera:

- El procedimiento que se llevó a cabo en la empresa Sifel Rail para realizar un plan de conservación, comenzó con un mantenimiento preventivo que consto en realizar una inspección inicial para luego hacer una inspección ordinaria y finalizando con una inspección extraordinaria. Luego se procedió a hacer una inspección del sistema de Catenaria Rígida, donde se realizó un examen detallado de Catenaria Rígida, un control de componentes y finalizo con un mantenimiento correctivo.
- Se coordinó con el gerente general de la empresa Sifel Rail, para recolectar e identificar las fallas que se encuentre en la catenaria rígida durante el periodo de 8 semanas, esta recolección de datos se inició en el mes de junio y se culminó en el mes de Julio.

A continuación, vamos a mostrar la situación actual aplicando el Pre Test, mediante los registros de recolección de datos de la variable independiente

- **Tiempo promedio entre fallos**

Para ello, se midió en primer lugar el tiempo total de trabajo, en segundo lugar, el tiempo de avería que tiene cada componente y por último el número de fallos que se dieron por cada semana, obteniéndose así el tiempo promedio de fallos.

Registro 001. Ficha de registro de tiempo promedio entre fallos (MTBF) (Ver Anexo N°7)

- **Confiabilidad**

Para esta dimensión se evaluó la relación del número neperiano con el tiempo de ciclo de cada componente y el tiempo promedio de fallos que se halla de la primera dimensión dándonos como resultado la confiabilidad de cada componente de la catenaria rígida. **Registro 002.** Ficha de registro de confiabilidad (C) (Ver Anexo N°8)

Luego, vamos a mostrar la situación actual aplicando el Pre Test, mediante los registros de recolección de datos de la variable dependiente

- **Costos**

Para poder evaluar los costos se recolecto información de costo de materiales directos, costo de mano de obra, costos indirectos, costo total de los fallos y por último el costo total del mantenimiento hallando el resultado de costos. **Registro 003.** Ficha de registro de costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM) (Ver Anexo N°9)

- **Tiempos de reparación**

Para la presente dimensión se tuvo relación el número de horas de para por avería por el número de averías. **Registro 004.** Ficha de registro de tiempo medio de reparación (MTTR) (Ver Anexo N°10)

A continuación, se muestra el resumen de los resultados obtenidos de las cuatro dimensiones en el pre – test

Tabla 2. Resultados del Pre – Test

Sifel Rail - Pre test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Catenaria Rígida				Código: SIFEL-ML2-001					
Revisado por: Carrión Nin, José Luis								Versión: 01					
									Fecha: 06/2021 - 07/2021				
Item	Fallo	Semana (50 fallos)								Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	Confiabilidad (C)	Costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)	Tiempo medio de reparación (MTTR)
		Junio				Julio							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Rotura de aislador de campana	✓			✓			✓		868	80%	9%	92
2	Rotura de aislador de punto fijo	✓				✓				1382	87%	4%	58
3	Caída de cable de acero de punto fijo	✓						✓	✓	929	81%	3%	31
4	Rotura de aislador de sección	✓						✓	✓	867	80%	17%	93
5	Rotura de aislador de barra	✓						✓		1377	87%	5%	63
6	Rotura de descargador	✓			✓	✓		✓		716	76%	8%	4
7	Corte del sustentador en el punto de unión		✓							2848	93%	4%	32
8	Corte de hilo de contacto		✓	✓				✓	✓	600	73%	44%	120
9	Corte de cable sustentador sin arrollamiento		✓							2790	93%	2%	90
10	Desgaste del hilo de contacto		✓		✓	✓			✓	669	75%	16%	51
11	Mal ángulo de inclinación		✓				✓			1428	87%	1%	12
12	Mal dimensionamiento de pernos		✓					✓	✓	949	82%	6%	11
13	Rotura de tirante		✓	✓	✓			✓		695	76%	6%	25
14	Falso contacto de conmutadores			✓	✓	✓				703	76%	16%	17
15	Desviación de las mesillas del pantógrafo			✓						2845	93%	3%	35
16	Generación de arcos eléctricos			✓				✓		1320	86%	10%	120
17	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del pantógrafo				✓					2820	93%	3%	60
18	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓	✓				1380	87%	4%	60
19	Desviación del perfil de aluminio							✓	✓	1280	86%	7%	160
20	Altas variaciones de la fuerza de contacto								✓	2820	93%	2%	60
21	Desviación del hilo de contacto					✓				2820	93%	6%	60
Total de fallos por semana		6	7	6	8	6	4	8	5	1529	85%	8%	1254

Fuente: elaboración propia.

En la tabla número 2 se puede apreciar los resultados de cada dimensión del pre - test que fueron recolectados en las 8 semanas de los meses de junio y julio, se pudo evidenciar 50 fallos, con un tiempo promedio de fallos de 1529 minutos, una confiabilidad del 85%, un porcentaje de un costo total de mantenimiento de un 8% y finalmente un tiempo medio de reparación de 1254 minutos.

- Luego se manipulo la variable independiente, la cual es la metodología RCM que se basa en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, la implementación se realizó en las dos primeras semanas de agosto, la metodología se basa en 5 fases (Ver Figura N°4), dentro de las fases se encuentran las 7 preguntas fundamentales del RCM (Ver Anexo N°45).

- Una vez obtenida la información se Verificaron los datos y posteriormente se consolidó los resultados con tablas y gráficos de barras para poder plasmar los datos obtenidos y hacer una comparativa del antes y después, estos datos se ven reflejados en el apartado de resultados. (Ver gráfico N°1)
- Luego se procedió a organizar los datos utilizando los estadísticos media y proporciones, así mismo presentar los datos mediante la estadística descriptiva e inferencial.
- Una vez obtenida toda la data se procedió a interpretar los resultados y redactar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3.5 Implementación del Reliability Centred Maintenance (RCM)

En este punto se detallarán todas las fases a seguir en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, en total son 5 fases y cada una de ellas son de suma importancia que deben de cumplirse de la manera adecuada para así poder tener resultados positivos y mejoras en la organización, de lo contrario habrá un costo innecesario por parte de la empresa.

La implementación del Reliability Centred maintenance está compuesta por las siguientes fases: la cual nos permite realizar la implementación como la fase 1 : Conformación del equipo de trabajo, la fase 2 el listado y codificación de componentes mecánicos del sistema de catenaria rígida, la fase 3 el análisis de criticidad de los componentes del sistema de catenaria rígida, la fase 4 el análisis de modos y efectos de falla, por último la fase 5 la hoja de decisión del Reliability Centred Maintenance. La cual permite disminuir los costos de mantenimiento y aumenta la confiabilidad del sistema de catenaria rígida, realizándose una mejora en el funcionamiento de los equipos y desarrolla mecanismos para prevenir cualquier tipo de fallos.

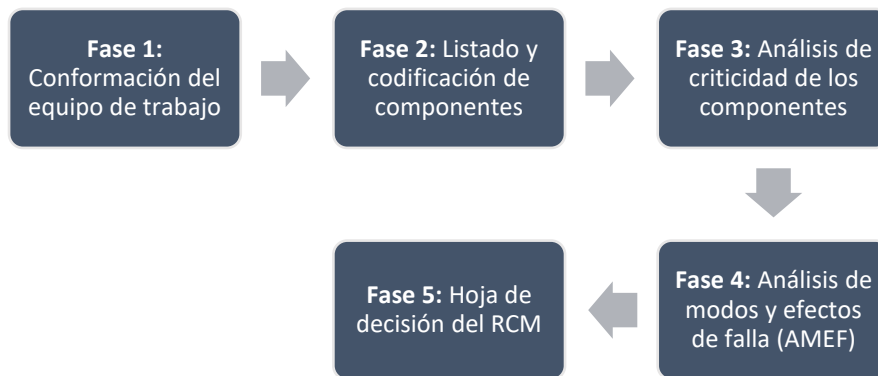


Figura 4. Las 5 Fases del RCM

Para ello se trabajó con un cronograma de actividades dándole fechas a cada etapa de la implementación.

Tabla 3. Cronograma de la implementación de la mejora

NRO	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	DURACIÓN	INICIO	FIN	AGOSTO							
					1° SEMANA		2° SEMANA					
					L	M	J	V	L	M	J	V
Fase 1	Conformación del equipo de trabajo	3 días	Lunes 2 de Agosto de 2021	Miércoles 4 de Agosto de 2021								
Fase 2	Listado y codificación de componentes	3 días	Lunes 2 de Agosto de 2021	Miércoles 4 de Agosto de 2021								
Fase 3	Análisis de criticidad de los componentes	3 días	Jueves 5 de Agosto de 2021	Sábado 7 de Agosto de 2021								
Fase 4	Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) (Hoja de información del RCM)	3 días	Lunes 09 de Agosto de 2021	Miércoles 11 de Agosto de 2021								
Fase 5	Hoja de decisión del RCM	3 días	Jueves 12 de Agosto de 2021	Sábado 14 de Agosto de 2021								

Fuente: elaboración propia.

3.5.1 Fase 1: Conformación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo que está designado para el mantenimiento, permite de forma sistemática con respecto a la experiencia y conocimiento cualquier revisión y actividad que se realice durante el mantenimiento, las cuales están conformadas por:

el supervisor de mantenimiento, supervisor de seguridad ocupacional, jefe de cuadrilla, técnicos en mantenimiento y ayudantes.

- **Supervisor de mantenimiento**

La función del supervisor de mantenimiento, es analizar y verificar cada proceso para así aplicarlo en el análisis del RCM.

- **Supervisor de seguridad ocupacional**

Su función es ver y cuidar la integridad de todo el personal que pertenece a Sifel Rail, analiza y previene cualquier accidente e incidente que podría ocurrir en el punto de trabajo, como también las medidas de control para la mejora del personal consecutivamente.

- **Jefe de cuadrilla**

Personal a cargo de que se cumpla todos los procedimientos de trabajo con una mejora continua en cualquier actividad que se realice.

- **Técnicos en mantenimiento**

Personal capacitado, con mucha experiencia y conocimiento para realizar mantenimiento del sistema de catenaria rígida con los instructivos correspondientes.

- **Ayudantes**

Personal que cumple con una función muy importante, ayuda al personal capacitado para que se realicen los trabajos de manera más rápida y con los procedimientos correspondientes.

3.5.2 Fase 2: Listado y codificación de los componentes de catenaria rígida

El listado y codificación de equipos nos ayudaran a tener un mejor control de estos, ya que al presentar alguna falla serán más fáciles de ser ubicados y reconocidos, por otro lado, ello ayudara a tener una mejor ejecución en la implementación del RCM

A continuación, se muestra la tabla con los componentes de la catenaria rígida:

Tabla 4. Componentes de la catenaria rígida

ITEM	CÓDIGO	COMPONENTES DE CATENARIA RIGIDA
1	HC - 001	Hilo de contacto
2	CE - 002	Conexiones eléctricas
3	CA - 003	Conexiones de alimentación
4	PTM - 004	Puesta a tierra manual
5	EM - 005	Estructuras de metal
6	SUS - 006	Suspensiones
7	PA - 007	Perfil de aluminio
8	BU - 008	Bridas de unión
9	AS - 009	Aislador de sección
10	PF - 010	Punto fijo
11	PTA - 011	Puesta a tierra automática
12	CEM - 012	Contacto eléctrico móvil
13	DES - 013	Descargadores
14	CON - 014	Conmutadores
15	POS - 015	Poste
16	VIG - 016	Vigas
17	POR - 017	Porticos
18	AC - 018	Aislador de campana
19	APF - 019	Aislador de punto fijo
20	AB - 020	Aislador de barra
21	PU - 021	Punto de unión
22	MEN - 022	Mensula
23	PAN - 023	Pantógrafo
24	TIR - 024	Tirante

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se hace referencia a los conceptos con respecto a cada componente de la catenaria rígida.

- **Hilo de contacto**

Es un conductor eléctrico que capta energía de la línea aérea, la cual mediante este hilo de 150mm² que entra en contacto con el pantógrafo, permite la electrificación del sistema que conforma la catenaria rígida.

- **Conexiones eléctricas**

Es una trayectoria o interconexión cerrada, la cual su principal finalidad es trasladar energía eléctrica de los productores hasta los consumidores.

- **Puesta a tierra**

Para poder realizar las actividades de mantenimiento en la catenaria rígida y poder poner a tierra la instalación es necesario el uso de estribos de toma tierra, que se

encuentran ubicados y fijados en cada armazón de sustentación para suspender la barra de toma de tierra.

- **Suspensiones**

El principal objetivo de las suspensiones que se encuentran en la catenaria rígida, es que el perfil laminado se encuentre en el eje de rodamiento, de tal manera permitirá que ambos lados de la catenaria rígida se deslicen de manera correcta.

- **Perfil de aluminio**

Perfil o barra con elevación que permite el ingreso suave del contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto.

- **Bridas de unión**

Conjunto de placas roscadas que se colocan por la parte interior de los perfiles, sirven como conexión eléctrica y mecánica.

- **Aislador de sección**

El aislador de sección tiene la función de separar eléctricamente una vía de otra vía, generando así paquete de vías.

- **Punto fijo**

Elemento donde permite la inmovilización de un cantón que corresponde a la catenaria rígida, para cuando exista una fuerza o dilatación que afecte a la operación.

- **Descargadores**

Actúa como protección a la conexión de la catenaria rígida, en caso de un rayo o una derivación a una de las estructuras que compone el sistema, estos descargadores actúan como conductor, la cual permite el corte de la corriente.

- **Conmutadores**

Este componente del sistema, permite o actúa con la función de energizar y desenergizar cantones mediante el manejo de llaves para la catenaria rígida.

- **Poste**

Son estructuras que tienen como función soportar todo el peso originado por la catenaria rígida y también los vientos que son transmitidos a través de la ménsula. Los perfiles en su mayoría están fabricados con perfiles laminados galvanizado, los postes están posicionados mediante un macizo de hormigón.

- **Vigas**

Las vigas sirven para amortiguar las oscilaciones que genera la catenaria rígida, estas vigas se encuentran instaladas en la entrada y salida de los túneles.

- **Pórticos**

Compuesto por componentes mecanizados, las cuales sostienen al perfil de aluminio y al hilo de contacto, por su gran resistencia.

- **Aislador de punto fijo**

El aislador de punto fijo permite las dilataciones sin obstrucción con respecto al camino del pantógrafo.

- **Aislador de barra**

Permite el gran desplazamiento para mejorar el descentramiento a lo largo de toda la catenaria rígida.

- **Aislador de campana**

El aislador de campana permite que la catenaria rígida pueda tener movimientos libremente sin rodamientos o algún sobreesfuerzo.

- **Punto de unión**

Punto donde se restringen y se permiten si un segmento pasa a través del punto de unión dentro del sistema.

- **Ménsula**

Barra o viga que sostiene el tirante, la cual permite el ajuste para un correcto descentramiento del hilo de contacto con respecto al eje de la vía.

- **Pantógrafo**

El pantógrafo está conformado por varios elementos que permiten la electrificación del tren para su funcionamiento, energía que es proporcionada por las subestaciones mediante el hilo de contacto.

- **Tirante**

Es una cuerda que ayuda a regular el descentramiento y altura del hilo de contacto con respecto al eje de la vía.

- **Perfil de aluminio**

Fabricado a partir de una aleación de aluminio que está basado en el procedimiento de prensa de extrusión, el perfil de aluminio debe de tener una rigidez adecuada para poder soportar el hilo de contacto.

3.5.3 Fase 3: análisis de criticidad de los componentes de la catenaria rígida

El análisis de criticidad es definido como una metodología que faculta establecer prioridades en un sistema, equipo o procesos, creando así una estructura que permita tomar decisiones precisas y acertadas para poder determinar qué áreas, equipos o dispositivos tengan la importancia de tener una mejora en su fiabilidad operacional todo ello basándose en la realidad en que se encuentren.

Este análisis, consta esencialmente en la calificación de dos atributos: uno verificar el origen del fallo y el segundo se da por el nivel de criticidad que tiene el fallo. Por lo tanto, las valorizaciones de los componentes, su calificación puede ser cuantitativo y una parte cualitativa. (Yam, Pali, Zavala, 2017, p.37).

A continuación, se hará una evaluación de los componentes de la catenaria rígida para así poder determinar que componentes tienden a tener una criticidad alta, media y baja.

Matemáticamente la criticidad se representa de la siguiente manera:

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

Donde:

La frecuencia: está asociada con el número de fallos o eventos que se dan en un determinado tiempo, en este caso tomaremos como datos todos los fallos que se han dado en las 8 semanas de los meses de junio y julio.

La consecuencia: está asociada con el impacto y flexibilidad operacional, los costos de mantenimiento y los impactos de seguridad y ambiente.

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto operacional} \times \text{flexibilidad operacional} + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto en la seguridad humana y ambiente.}$$

Los criterios que se tomaron en cuenta para realizar el análisis de criticidad son los siguientes: Frecuencia de ocurrencia, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, impacto en la seguridad humana y medio ambiente, a continuación, se presenta la tabla con los criterios mencionados.

Tabla 5. Criterios para determinar la criticidad de los componentes de la catenaria rígida

Criterios para determinar la criticidad	
Frecuencia de fallas	Cuantificación
Mayor a 8 fallos/8 semanas	5
7-8 fallos/8 semanas	4
5-6 fallos/8 semanas	3
3-4 fallos/8 semanas	2
Menos de 3 fallos/8 semanas	1
Impacto operacional	
Parada inmediata del sistema	9
Parada inmediata del sistema /recuperable con otro sistema)	7
Impacto en los niveles de Servicio	5
Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	3
No genera ningun efecto o impacto significativo sobre las demas operaciones	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de seguir con la operación	4
hay opcion de repuestos	3
Función de respuesto disponible	2
Costos de mantenimiento	
Mayor a S/10000	4
S/5000 a S/10000	3
S/1000 a S/4999	2
menores a S/1000	1
Impacto en la seguridad humana y ambiente	
Afecta a la seguridad humana interna y externa	7
Afecta al ambiente	5
Afecta a las instalaciones causando daños severos	3

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificada y obtenida la información necesaria para poder realizar el análisis de criticidad se procederá a realizar los cálculos para determinar que componentes resultan críticos.

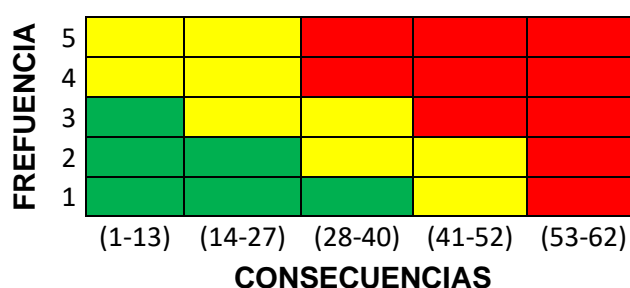
Los resultados se pueden apreciar en el Anexo N°15, Análisis de criticidad de los componentes de la catenaria rígida. Se determina como componentes críticos a los siguientes: HC – 001 representando un valor de 170 de criticidad siendo este el más crítico, en segundo lugar, se encuentra el componente PAN – 023 teniendo un valor de criticidad de 123.

De acuerdo a la tabla 41 que se encuentra en el anexo N°14 se puede apreciar los resultados, dándonos como componentes críticos a los siguientes: HC – 001 representando un valor de 170 de criticidad siendo este el más crítico, en segundo lugar, se encuentra el componente PAN – 023 teniendo un valor de criticidad de 123.

3.5.3.1 Matriz de criticidad de los componentes de catenaria rígida

Una vez obtenido los resultados del análisis de criticidad, se procederá a realizar la matriz de criticidad donde se usarán los resultados de la tabla 53, (Ver Anexo N°15) la matriz de criticidad nos permitirá ubicar los componentes en el respectivo cuadrante de acuerdo a las consecuencias y frecuencia de fallos.

Tabla 6. Matriz de criticidad



Fuente: Elaboración propia.

La matriz de criticidad está compuesta por los colores rojo, amarillo y verde donde:

Rojo: Representa la criticidad alta

Amarillo: Representa la criticidad media

Verde: Representa la criticidad baja

3.5.3.2 Cálculo de la criticidad de HC – 001

Frecuencia de ocurrencia: 5

Consecuencia: $9 \cdot 3 + 4 + 3 = 34$

Criticidad: $5 \cdot 34 = 170$

Tabla 7. Matriz de criticidad de HC - 001

FRECUENCIA	5		HC-001		
	4				
	3				
	2				
	1				
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52) (53-62)

CONSECUENCIAS

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.3 Cálculo de la criticidad de CE – 002

Frecuencia de ocurrencia: 1

Consecuencia: $9 \cdot 4 + 2 + 7 = 45$

Criticidad: 45

Tabla 8. Matriz de criticidad de CE - 002

FRECUENCIA	5				
	4				
	3				
	2				
	1			CE-002	
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52) (53-62)

CONSECUENCIAS

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.4 Cálculo de la criticidad de SUS – 006

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $1 \cdot 2 + 1 + 3 = 6$

Criticidad: 6

Tabla 9. Matriz de criticidad de SUS - 006

FRECUENCIA	5					
	4					
	3					
	2	SUS006				
	1					
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)

CONSECUENCIAS

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.5 Cálculo de la criticidad de PA – 007

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $9 \cdot 4 + 2 + 3 = 41$

Criticidad: 82

Tabla 10. Matriz de criticidad de PA - 007

FRECUENCIA	5					
	4					
	3					
	2				PA-007	
	1					
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)

CONSECUENCIAS

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.6 Cálculo de la criticidad de AS – 009

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $9 \cdot 4 + 2 + 5 = 43$

Criticidad: 86

Tabla 11. Matriz de criticidad de AS - 009

FRECUENCIA	5					
	4					
	3					
	2				AS-009	
	1					
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)

CONSECUENCIAS

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.7 Cálculo de la criticidad de PF – 010

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $5 \cdot 2 + 1 + 3 = 14$

Criticidad: 28

Tabla 12. *Matriz de criticidad de PF - 010*

FRECUENCIA	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	PF-010	Yellow	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.8 Cálculo de la criticidad de DES – 013

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $7 \cdot 2 + 1 + 3 = 18$

Criticidad: 36

Tabla 13. *Matriz de criticidad de DES - 013*

FRECUENCIA	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	DES013	Yellow	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.9 Cálculo de la criticidad de CON – 014

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $7 \cdot 2 + 1 + 3 = 18$

Criticidad: 36

Tabla 14. Matriz de criticidad de CON - 01

FRECUENCIA	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	CON014	Yellow	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.10 Cálculo de la criticidad de AC – 018

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $7 \cdot 3 + 2 + 5 = 28$

Criticidad: 56

Tabla 15. Matriz de criticidad de AC - 018

FRECUENCIA	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	Green	ACA020	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.11 Cálculo de la criticidad de APF – 019

Frecuencia de ocurrencia: 1

Consecuencia: $5 \cdot 2 + 1 + 3 = 14$

Criticidad: 14

Tabla 16. Matriz de criticidad de APF - 019

FRECUENCIA	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
	1	Green	APF-019	Green	Yellow	Red
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.12 Cálculo de la criticidad de AB – 020

Frecuencia de ocurrencia: 1

Consecuencia: $5 \cdot 2 + 1 + 3 = 14$

Criticidad: 14

Tabla 17. Matriz de criticidad de AB - 020

FRECUENCIA	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
		ACA-020			
	(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
	CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.14 Cálculo de la criticidad de PU – 021

Frecuencia de ocurrencia: 1

Consecuencia: $5 \cdot 2 + 1 + 3 = 14$

Criticidad: 14

Tabla 18. Matriz de criticidad de PU - 021

FRECUENCIA	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
		PU-021			
	(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
	CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.15 Cálculo de la criticidad de PAN – 023

Frecuencia de ocurrencia: 3

Consecuencia: $9 \cdot 4 + 2 + 3 = 41$

Criticidad: 123

Tabla 19. Matriz de criticidad de PAN - 023

FRECUENCIA	5					
	4					
	3			PAN023		
	2					
	1					
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.16 Cálculo de la criticidad de TIR – 024

Frecuencia de ocurrencia: 2

Consecuencia: $5 \cdot 4 + 1 + 3 = 24$

Criticidad: 48

Tabla 20. Matriz de criticidad de TIR - 024

FRECUENCIA	5					
	4					
	3					
	2		TIR-024			
	1					
		(1-13)	(14-27)	(28-40)	(41-52)	(53-62)
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.17 Resultados de análisis de criticidad

En la tabla 22 se reflejan los resultados de criticidad de cada componente de la catenaria rígida, con su respectivo color que define el nivel de criticidad al cual pertenecen nos ayudan a definir que componente merece mayor prioridad.

Tabla 21. Resultado de criticidad de los componentes de la catenaria rígida

ITEM	CÓDIGO	CRITICIDAD	COLOR
1	HC - 001	170	Red
2	CE - 002	45	Yellow
3	SUS - 006	12	Green
4	PA - 007	82	Yellow
5	AS - 009	86	Yellow
6	PF - 010	28	Green
7	DES - 013	36	Green
8	CON - 014	36	Green
9	AC - 018	56	Yellow
10	APF - 019	14	Green
11	AB - 020	14	Green
12	PU - 021	14	Green
13	PAN - 023	123	Red
14	TIR - 024	48	Green

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Fase 4: Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) (Hoja de información del RCM)

En AMEF es una herramienta que nos permitirá conocer a más profundidad la función que cumple cada componente, la falla funcional que se da en cada componente, el modo de falla de cada falla funcional y por último el efecto de falla.

- Función
- Falla funcional
- Modo de falla
- Efecto de falla

Elementos que se identifican con las 7 preguntas del RCM (Ver Anexo N°45)

A continuación, se presentan las hojas de información desarrolladas por cada componente. hilo de contacto, conexiones eléctricas, suspensiones, perfil de aluminio, aisladores de sección, punto fijo, descargadores, conmutadores, aislador de campana, aislador de punto fijo, aislador de barra, punto de unión, pantógrafo y tirante. Cada uno contiene su función, su falla funcional como su modo de falla y

efecto, ante ello nos demuestra las causas por las cuales se originan y consecuencias que tiene al producirse esa falla funcional.

Tabla 22. Hoja de información del RCM

SUBSISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFFECTO DE LA FALLA		
HILO DE CONTACTO (HC-001)	Capta energía en la línea aérea con el pantógrafo.	A	Corte de hilo de contacto	1	Mala ejecución del empalme del hilo de contacto	Menora su velocidad el tren eléctrico.
					2	Bajada inesperada del pantógrafo.
		B	Desgaste del hilo de contacto	1	Mala medición de altura del hilo de contacto.	Surge una desviación entre el hilo de contacto y pantógrafo.
		C	Desviación del hilo de contacto	1	Mal descentramiento con respecto al eje de la vía	Menora su velocidad el tren eléctrico.
CONEXIONES ELÉCTRICAS (CE-002)	Permite el abastecimiento de energía	A	Generación de arcos eléctricos	1	Perdida de contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto.	Desgaste muy prematuro de los sistemas
SUSPENSIONES (SUS-006)	Instala la catenaria	A	Mal dimensionamiento de pernos	1	Esfuerzos elevados anormales.	Surge una demora en el sistema y desgaste de pernos.
				2	Vibración del propio sistema.	Surge una demora en el sistema y desgaste de pernos.
PERFIL DE ALUMINIO (PA-007)	Permite la sustentación del hilo de contacto	A	Desviación del perfil de aluminio	1	Falta de conocimiento por parte del personal encargado.	Produce un desgaste al hilo de contacto
		B	Mal ángulo de inclinación	1	Alta vibración por fuerza ante la presión del hilo de contacto y el perfil de aluminio.	Produce el corte del hilo de contacto
AISLADOR DE SECCIÓN (AS-009)	Corta la continuidad de energía en la catenaria rígida.	A	Rotura de aislador de sección.	1	Aplicación de un esfuerzo mucho mayor al máximo, para lo cual han sido diseñadas.	Sustituir el aislador de sección, perdiendo horas durante la operación.
				2	Esfuerzos mecánicos en los aisladores de sección con una mala inclinación.	Sustituir el aislador de sección, perdiendo horas durante la operación.
PUNTO FIJO (PF-010)	Impide el movimiento de barras por arrastre o dilatación.	A	Caída de cable de acero de punto fijo.	1	Fuerza de contacto entre el perfil de aluminio y el hilo de contacto	Sustitución del cable de acero, la cual surge una demora en el tránsito de trenes.
DESCARGADORES (DES-013)	Es un elemento de protección ante una descarga.	A	Rotura de descargador	1	Sobrecarga de corriente.	Parada del sistema por la descarga eléctrica.
CONMUTADORES (CON-014)	Energiza y desenergiza por medio de los aisladores de sección	A	Falso contacto de conmutadores	1	Mala limpieza de conmutadores	Fugas de corriente durante la operación
AISLADOR DE CAMPANA (AC-018)	Permite el libre movimiento de la catenaria	A	Rotura de aislador de campana	1	Por la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y pantógrafo	Descentramiento del hilo de contacto
AISLADOR DE PUNTO FIJO (APF-019)	Ayuda a dirigir las dilataciones de la catenaria rígida.	A	Rotura de aislador de punto fijo	1	Presión entre el hilo de contacto y el pantógrafo	Descentramiento del hilo de contacto
AISLADOR DE BARRA (AB-020)	Es útil para cruzamientos y voladizos en estaciones.	A	Rotura de aislador de barra	1	Por la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y pantógrafo	Descentramiento del hilo de contacto
PUNTO DE UNIÓN (PU-)	Conecta aquellos perfiles de aluminio en la catenaria rígida	A	Corte del sustentador en el punto de unión	1	Colocación defectuosa del sustentador	Demora en el tránsito de trenes
		B	Corte de cable sustentador sin arrollamiento	1	Gran cantidad de fuerza por el contacto	Demora en el tránsito de trenes
PANTÓGRAFO (PAN-023)	Suministra energía eléctrica	A	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del pantógrafo	1	Mucha presión de contacto durante la operación	Demora en la operación
		B	Desviación de las mesillas del pantógrafo	1	Mala colocación de las mesillas en el pantógrafo	Demora en la operación
		C	Desgaste excesivo del pantógrafo	1	Mala ubicación del pantógrafo en el tren eléctrico	Demora en la operación
		D	Altas variaciones de la fuerza de contacto	1	Falta de pruebas en las variaciones	Demora en la operación
TIRANTE (TIR-024)	Permite el ajuste y desajuste para un buen descentramiento del hilo de contacto	A	Rotura de tirante	1	Ajuste forzado manualmente	Existe demora en la operación

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5 Fase 5: hoja de decisión del RCM

Una vez identificado las fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla de los componentes se procede a realizar la hoja de información del RCM donde se propondrán tareas con tiempos determinados para poder disminuir los fallos, a continuación, se detalla la tabla de la hoja de decisión del RCM.

Tabla 23. Hoja de decisión del RCM

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA CATENARIA RÍGIDA										SISTEMA : CR	FECHA: 05/08/2021
			SUBSISTEMA COMPONENTES MECÁNICOS										SUB SISTEMA : PA-007	
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
COMPONENTE	TEM	FF	MF	H	S	E	O	H4	H5	S4				
HILO DE CONTACTO	1	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
			2	N				S						Trimestral
	C	B	1	N				S					Semestral	Operario de mantenimiento
		1	N				S						Semestral	Operario de mantenimiento
CON. ELÉCTRICAS	2	A	1	S	N	N	S	S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
SUSPENSIONES	3	A	1	N				S					Semestral	Productivo
			2	N				S						Semestral
PERFIL DE ALUMINIO	4	A	1	S	N	N	S	S					Anual	Personal técnico de mantenimiento
		B	1	S	N	N	S	S					Semestral	Productivo
ASILADOR DE SECCIÓN	5	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
			2	S	N	N	S	S						Semestral
PUNTO FIJO	6	A	1	N				S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
DESCARGADORES	7	A	1	S	S			S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
CONMUTADORES	8	A	1	S	N	N	S	S					Anual	Personal técnico de mantenimiento
AISLADOR DE CAMPANA	9	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
AISLADOR DE PUNTO FIJO	10	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
AISLADOR DE BARRA	11	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
PUNTO DE UNIÓN	12	A	1	S	N	N	S	S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
		B	1	N				S					Semestral	Personal técnico de mantenimiento
PANTÓGRAFO	13	A	1	N				S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
		B	1	N				S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
		C	1	S	N	N	S	S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
		D	1	N				S					Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
TIRANTE	14	A	1	N				S					Trimestral	Productivo

Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente a la implementación, se aplicó las pruebas post test que se llevó a cabo en las dos últimas semanas de agosto, las cuatro semanas de setiembre y las dos primeras semanas de octubre, un total de 8 semanas tal y como fue en el pre test, los datos recogidos se plasmaron en los siguientes registros:


Registro 005. Ficha de registro de tiempo promedio entre fallos (MTBF) (Ver Anexo N°11)

Registro 006. Ficha de registro de confiabilidad (C) (Ver Anexo N°12)

Registro 007. Ficha de registro de costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM) (Ver Anexo N°13)

Registro 008. Ficha de registro de tiempo medio de reparación (MTTR) (Ver Anexo N°14)

Tabla 24. Resultados del Post – Test

 Sifel Rail - Post-test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana			Catenaria Rígida					Código: SIFEL-ML2-001					
Revisado por: Carrión Nin, José Luis								Versión: 01					
								Fecha: 08/2021 - 09/2021 - 10/2021					
Item	Fallo	Semana (22 fallos)								Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	Confiabilidad (C)	Costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)	Tiempo medio de reparación (MTTR)
		Agosto		Setiembre			Octubre						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Falso contacto de conmutadores	✓			✓					1423	87%	10%	17
2	Desviación del perfil de aluminio	✓		✓						1280	86%	9%	160
3	Corte del sustentador en el punto de unión	✓								2848	93%	5%	32
4	Corte de cable sustentador sin arrollamiento	✓								2790	93%	2%	90
5	Altas variaciones de la fuerza de contacto		✓							2820	93%	3%	60
6	Rotura de aislador de barra		✓							2817	93%	2%	63
7	Rotura de aislador de punto fijo			✓						2822	93%	1%	58
8	Mal ángulo de inclinación			✓						2868	94%	7%	12
9	Generación de arcos eléctricos				✓					2760	93%	5%	120
10	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓				✓	1380	87%	4%	60
11	Rotura de aislador de campana					✓				2788	93%	2%	92
12	Rotura de descargador					✓				2876	94%	1%	4
13	Caída de cable de acero de punto fijo					✓				2849	93%	2%	31
14	Rotura de tirante						✓			2855	93%	7%	25
15	Desviación del hilo de contacto						✓			2820	93%	14%	60
16	Corte del hilo de contacto							✓		2760	93%	7%	120
17	Rotura de aislador de sección							✓		2787	93%	5%	93
18	Desgaste del hilo de contacto								✓	2829	93%	2%	51
19	Mal dimensionamiento de pernos								✓	2869	94%	5%	11
Total de fallos por semana		4	2	3	3	3	2	2	3	2592	92%	5%	1159

Fuente: elaboración propia.

En la tabla número 3 se aprecia los resultados dados por cada dimensión del post test que fueron recolectados en un periodo 8 semanas de los meses de agosto, setiembre y octubre se pudo evidenciar 22 fallos, con un tiempo promedio de fallos de 2592 minutos, una confiabilidad del 92%, un porcentaje de un costo total de mantenimiento de un 5% y finalmente un tiempo medio de reparación de 1159 minutos.

3.6 Método de análisis de datos

3.6.1 Análisis descriptivo:

El análisis descriptivo apunta a la presentación de información mediante gráficas y tablas que ayuden a entender el comportamiento de los mismos. (Posada, 2016, p.14).

En la actual investigación se trabajó con la estadística descriptiva con el fin de poder contrastar los resultados tanto como en la situación inicial del pre test y luego de la mejora en el post test, para ello se emplearon gráficos de barras, con la finalidad de poder interpretar de una forma clara y sencilla los resultados.

3.6.2 Análisis inferencial:

El análisis inferencial proviene de la muestra, observaciones y mediciones que está encargada de analizar e investigar una población. (Posada, 2016, p.14).

En esta investigación para poder determinar la hipótesis se introdujo los datos obtenidos del pre test y post test en el software estadístico SPSS, donde se empleó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk para verificar si la investigación es paramétrica o no paramétrica con la finalidad de poder saber con qué estadígrafo trabajar, Wixcoson o T de Student.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación está apoyada en la guía de resolución de vicerrectorado de investigación N°011-2020-VI-UCV, salvaguardando la propiedad de los autores con respecto a las diversas teorías y conocimientos citándose de la manera correcta mencionando al autor y dando a conocer las fuentes bibliográficas.

Por otro lado, se encuentra la reserva de información debido a que los datos que se recolectó es propia de la empresa donde se realizó la presente investigación, la cual se cuenta con una constancia de autorización por parte de la empresa Sifel Rail (Ver Anexo N°49) para la recolección de datos, es por ello que se consideró contar con los permisos y autorizaciones correspondientes para su posterior publicación o exhibición.

Las metodologías y procedimientos desarrollados e implementados en la presente investigación son de propiedad intelectual con respecto a su aplicación y desarrollo en la organización.

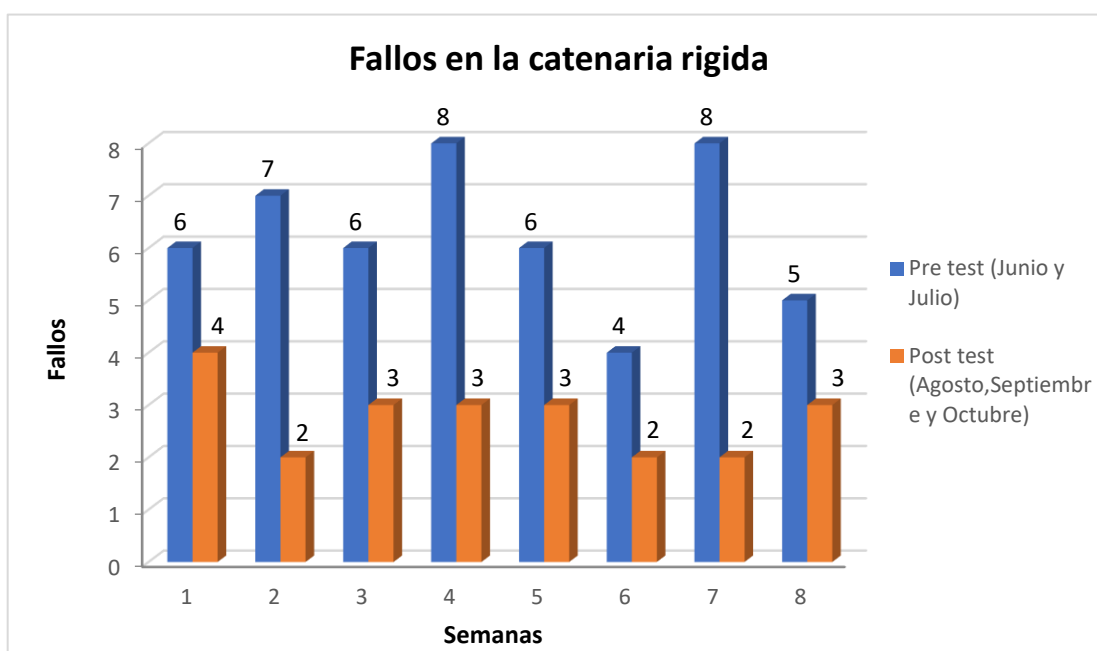
En otro punto se puede afirmar que toda la información y data presentada de la actual investigación es confiable y veraz.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis descriptivo de los fallos de la catenaria rígida

Se puede apreciar en la gráfica N°1 los resultados del antes y después de aplicar la implementación del RCM, durante el periodo de 8 semanas en la empresa Sifel Rail S.A.C, con respecto a la variable dependiente que son: los fallos en la catenaria rígida, en el pre test se tuvo como resultado la cantidad de 50 fallos y en el post test una cantidad de 22 fallos, teniéndose así un resultado positivo con una diferencia significativa.

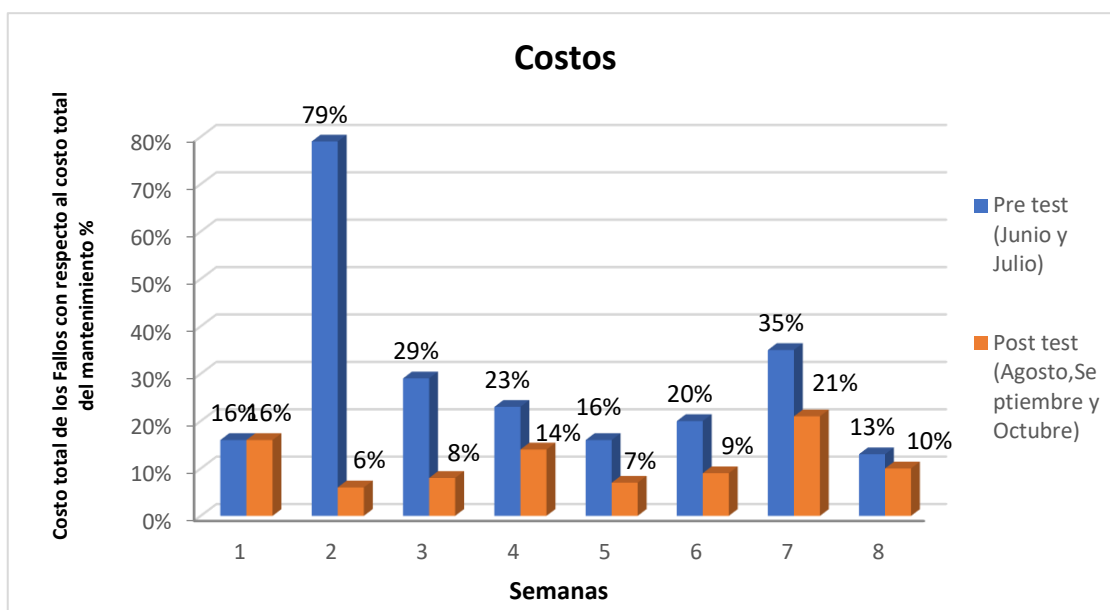
Gráfico N°1. Resultados pre test y post test de la variable dependiente



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la gráfica N°2, se muestran los resultados del antes y después de la dimensión de costos con respecto a la implementación del Reliability Centred Maintenance en el periodo de 8 semanas en la empresa Sifel Rail S.A.C, obteniéndose así un resultado positivo, la gráfica nos muestra que en el pre test el porcentaje de los costos son altos y en el post test se logra diferenciar una gran reducción de los costos.

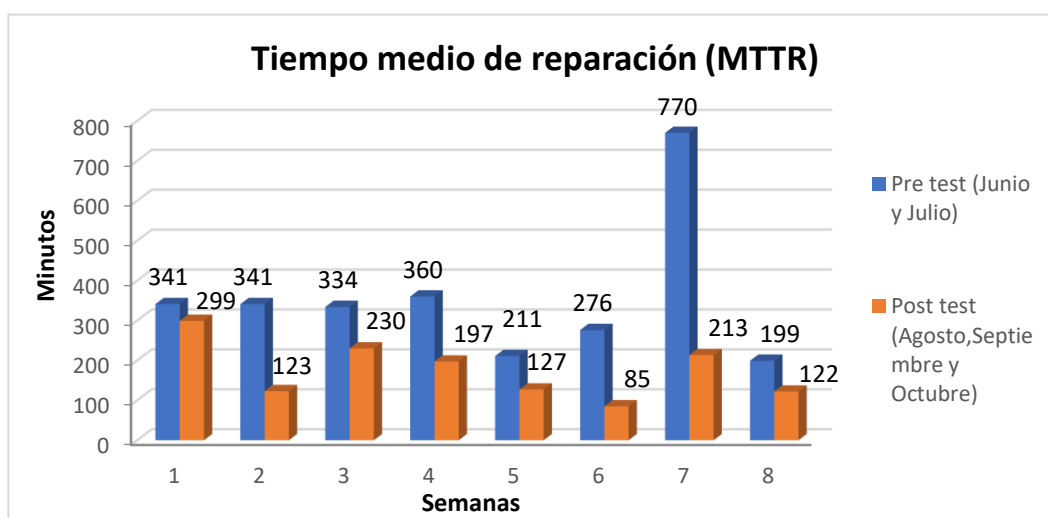
Gráfico N°2. Resultados pre test y post test de la variable dependiente de la dimensión de costos.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura grafica N°3, se pueden observar los resultados del pre test y post test en el periodo de 8 semanas con respecto a la dimensión: Tiempo de Reparación, la gráfica muestra como resultado que en el pre test el tiempo medio de reparación es alto y en el post test el tiempo medio de reparación disminuye teniéndose así una mejora significativa.

Gráfico N°3. Resultados pre test y post test de la variable dependiente de la dimensión de tiempos medio de reparación



Fuente: Elaboración propia.

Análisis Estadístico de costos

La tabla que se realizó con el programa SPSS, la cual se puede analizar como la media de fallos en la catenaria rígida antes de la aplicación de la herramienta es S/ 29 y luego de la implementación de la metodología S/11, verificando una reducción de costos en el sistema.

Tabla 25. *Análisis Estadístico del Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento Por SPSS*

Estadísticos

		Estadístico	Error típ.	
Pretest	Media	28,8750	7,61445	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	10,8697	
		Límite superior	46,8803	
	Media recortada al 5%	26,9722		
	Mediana	21,5000		
	Varianza	463,839		
	Desv. típ.	21,53693		
	Mínimo	13,00		
	Máximo	79,00		
	Rango	66,00		
	Amplitud intercuartil	17,50		
	Asimetría	2,231	,752	
	Curtosis	5,363	1,481	
Posttest	Media	11,3750	1,83164	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7,0439	
		Límite superior	15,7061	
	Media recortada al 5%	11,1389		
	Mediana	9,5000		
	Varianza	26,839		
	Desv. típ.	5,18066		
	Mínimo	6,00		
	Máximo	21,00		
	Rango	15,00		
	Amplitud intercuartil	8,25		
	Asimetría	,980	,752	
	Curtosis	,075	1,481	

Fuente: SPSS

Análisis Estadístico de la Reducción de tiempos de reparación

La tabla que se realizó con el programa SPSS, la cual se puede analizar como la media de fallos en la catenaria rígida antes de la aplicación de la herramienta es 354 min y luego de la implementación de la metodología 175 min, verificando una reducción de tiempos de reparación en el sistema.

Tabla 26. Análisis Estadístico del Tiempo medio de reparación. Por SPSS

Estadísticos

		Estadístico	Error típ.	
Pretest	Media	354,0000	63,30030	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	204,3186	
		Límite superior	503,6814	
	Media recortada al 5%	339,5000		
	Mediana	337,5000		
	Varianza	32055,429		
	Dev. típ.	179,04030		
	Mínimo	199,00		
	Máximo	770,00		
	Rango	571,00		
	Amplitud intercuartil	128,00		
	Asimetría	2,152	,752	
	Curtosis	5,437	1,481	
Posttest	Media	174,5000	25,44041	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	114,3430	
		Límite superior	234,6570	
	Media recortada al 5%	172,5556		
	Mediana	162,0000		
	Varianza	5177,714		
	Dev. típ.	71,95634		
	Mínimo	85,00		
	Máximo	299,00		
	Rango	214,00		
	Amplitud intercuartil	103,50		
	Asimetría	,544	,752	
	Curtosis	-,602	1,481	

Fuente: SPSS

4.2 Análisis inferencial

4.2.1 Hipótesis general

Para poder contrastar la hipótesis general, primero se evaluaron los datos de los fallos en la catenaria rígida del pre test y post test en la prueba de normalidad usando como recurso el test de Shapiro Wilk, ya que la muestra es de 8 semanas.

Tabla 27. Prueba de normalidad de los fallos en la catenaria rígida

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,196	8	,200*	,931	8	,521
Posttest	,263	8	,109	,827	8	,056

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS.

Se observa en la tabla 27 que el nivel de significancia para el pre - test es de 0,521 siendo mayor al 0,05 y el nivel de significancia para para el post – test es de 0,056 siendo también este mayor que 0,05 lo cual conlleva a un comportamiento paramétrico.

Se procede a realizar la prueba T Student con las siguientes hipótesis generales

H0: La implementación de Reliability Centred Maintenance no reducirá significativamente los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail.

H1: La implementación de Reliability Centred Maintenance reducirá significativamente los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail.

Comparación de las medias de los fallos en la catenaria rígida antes y después con la T de Student.

Tabla 28. Prueba T Student

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Pretest - Posttest	3,50000	1,60357	,56695	2,1593	4,84062	6,173	7	,000

Fuente: SPSS.

El nivel de significancia en la prueba de T de student dio como resultado 0,000 entonces se puede afirmar que la implementación de Reliability Centred Maintenance reducirá significativamente los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail.

4.2.2 Hipótesis específicas

Para la comparación de una de las hipótesis específicas, en primer lugar, se calculó los datos de reducción de costos del pre – test y así mismo del post – test en la

prueba de normalidad usando el test de Shapiro – Wilk, ya que la muestra es igual a 8 semanas.

Tabla 29. Prueba de Normalidad de la Reducción de costos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,263	8	,109	,721	8	,004
Posttest	,230	8	,200*	,904	8	,312

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

En la tabla 29 se verifica que en la prueba de normalidad el nivel de significancia en el pre – test es de 0,004 siendo menor a 0,05 causando un comportamiento no paramétrico y en el post – test es 0,312 siendo mayor a 0,05 originando un comportamiento paramétrico.

Correspondiendo a realizar la prueba de Wilcoxon con las siguientes hipótesis específicas:

H0: La implementación de Reliability Centred Maintenance no reducirá significativamente los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

H1: La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

Tabla 30. Comparación de las medias de Reducción de fallos Pre – test y Post – test con Wilcoxon

Rangos			
	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	7 ^a	4,00	28,00
Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
Empates	1 ^c		
Total	8		

Estadísticos de contraste	
	Posttest - Pretest
Z	-2,371 ^b
Sig. asintótica. (bilateral)	,018
a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
b. Basado en los rangos positivos.	

Fuente: SPSS

Se puede observar en la tabla 30 que el nivel de significancia es 0,018 siendo este valor menor a 0,05, por lo tanto, se discrimina la hipótesis nula.

Además de ello, se confirma que la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

Para la comparación de la segunda hipótesis específica, en primer lugar, se estimó los datos del tiempo medio de reparación del pre – test y también del post – test en la prueba de normalidad utilizando así el test de Shapiro – Wilk, ya que nuestra muestra es igual a 8 semanas.

Tabla 31. Prueba de Normalidad de la Reducción de tiempos de reparación

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,362	8	,003	,729	8	,005
Posttest	,245	8	,171	,928	8	,495

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

Se verifica en la tabla 31 que el nivel de significancia en el pre – test es 0,005 siendo menor a 0,05 originando un comportamiento no paramétrico y en el post – test es de 0,495 siendo mayor a 0,05 originando un comportamiento paramétrico.

Produciéndose a realizar la prueba de Wilcoxon con las siguientes hipótesis específicas:

H0: La implementación de Reliability Centred Maintenance no reducirá significativamente los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

H1: La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

Tabla 32. Comparación de las medias de Reducción de tiempos de reparación Pre – test y Post – test con Wilcoxon

Rangos				
	N	Rango promedio	Suma de rangos	
Posttest - Pretest	Rangos negativos	8 ^a	4,50	36,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	0 ^c		
	Total	8		

Fuente: SPSS

Estadísticos de contraste	
	Posttest - Pretest
Z	-2,521 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,012
a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
b. Basado en los rangos positivos.	

Se puede observar en la tabla 32 que su nivel de significancia es 0,012 siendo este valor menor que 0,05, por lo tanto, se discrimina la hipótesis nula. Como también se afirma que la implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail Lima 2021.

Posteriormente se realizó el análisis económico financiero que conlleva la implementación del Reliability Centred Maintenance en la empresa por medio de información recopilada. Por consiguiente, se evaluarán los siguientes puntos: Inversión, Ahorro generados de la implementación y Flujo de caja económico.

4.3 Análisis económico financiero

Se realizó el análisis económico financiero que conlleva la implementación del Reliability Centred Maintenance en la empresa, por medio de información recopilada. Por consiguiente, se evaluarán los siguientes puntos: Inversión, Ahorros generados de la implementación y Flujo de caja económico.

- **Inversión**

Luego de obtener el ahorro de costo semanal (Ver Tabla N°34), se estima una inversión de S/6,992 (Ver Tabla N°33), la cual incluye las 5 fases de la implementación del Reliability Centred Maintenance, como la conformación del equipo de trabajo, listado y codificación de componentes, análisis de criticidad de componentes, análisis de modos y efectos de falla y hoja de decisión del Reliability Centred Maintenance, dado por entender que este último financiará los gastos del mantenimiento de la implementación.(Ver Tabla N°35).

Tabla 33. Inversión de la implementación

INVERSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN (2 Semanas)			
FASES	NOMBRE	DETALLES	COSTO S/
FASE 1	Conformación del equipo de trabajo (CAPACITACIÓN)	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	200
		SUPERVISOR DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	150
		JEFE DE CUADRILLA	100
		2 TECNICO DE MANTENIMIENTO	260
		4 AYUDANTES	280
FASE 2	Listado y codificación de componentes	1 TALADRO HILTI TE-7	250
		1 EQUIPO DE SOLDADURA INVERTER	450
		3 PANTOGRAFO DIGITAL	700
		1 GRUPO ELECTROGENO PORTATIL	1500
		1 CIZALLA DE ALTURA 1000	70
		4 TORQUIMETROS	672
		1 CARRO DE TENDIDO – HILO DE CONTACTO	300
		1 TELUROMETRO	600
		1 PRENSA TERMINALES PARA TERMINALES DE 120mm 150mm	320
FASE 3	Análisis de criticidad de los componenetes	CRITICIDAD POR CADA FALLO	650
FASE 4	Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)	CAUSAS Y CONSECUENCIAS POR CADA FALLO	500
FASE 5	Hoja de decisión del RCM	TIEMPOS DETERMINADOS	700
TOTAL INVERSIÓN			6992

Fuente: Elaboración propia.

Ante la inversión de la implementación (ver tabla 33), este financió los gastos de mantenimiento que se produjo durante la implementación (ver tabla 35).

Ahorros generados de la implementación (Beneficios)

Para la precisión del ahorro de costos se tomaron el costo total de los fallos con respecto al costo total del mantenimiento.

Tabla 34. Ahorros generados de la implementación

SEMANA	PRE - TEST Costos (2 meses)		POST - TEST Costos (2 meses)		AHORROS	
	COSTO TOTAL DE FALLOS (S/)	COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO (S/)	COSTO TOTAL DE FALLOS (S/)	COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO (S/)	COSTO TOTAL DE FALLOS (S/) - COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO (S/)	
1	2,585	16,300	2,120	12,860	465	3,440
2	13,880	16,300	820	12,860	13,060	3,440
3	5,610	16,300	1,020	12,860	4,590	3,440
4	3,765	16,300	1,810	12,860	1,955	3,440
5	2,600	16,300	955	12,860	1,645	3,440
6	3,190	16,300	1,150	12,860	2,040	3,440
7	5,635	16,300	934	12,860	4,701	3,440
8	2,100	16,300	1,260	12,860	840	3,440
TOTAL		169,765		112,949	56,816	

Ahorro S/		Semana
56,816	→	8
x	→	1

AHORRO DE COSTO SEMANAL S/	7,102
----------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en la tabla N°34, que se tiene como beneficio de costo S/56,816 durante 8 semanas, la cual mediante la regla de tres simple se obtuvo S/7,102 como ahorro de costo semanal, es decir por periodo.

Tabla 35. Gastos de mantenimiento de la implementación

GASTOS DE MANTENIMIENTO DE LA IMPLEMENTACIÓN									
		SEMANAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/
INSUMOS	GUANTES DE LATEX	50	50	50	50	50	50	50	50
	TRAPOS INDUSTRIALES	70	70	70	70	70	70	70	70
	PERNOS	100	100	100	100	100	100	100	100
	GASOLINA	150	150	150	150	150	150	150	150
	AGUA POTABLE	120	120	120	120	120	120	120	120
	CINTILLO	70	70	70	70	70	70	70	70
	MOVILIDAD	50	50	50	50	50	50	50	50
	IMPRESIONES	20	20	20	20	20	20	20	20
	SUBTOTAL S/	630	630	630	630	630	630	630	630
	TOTAL S/	5040							

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°35 se visualiza los gastos de mantenimiento de la implementación, en la donde se consideró los insumos como los guantes de látex, trapos industriales, pernos, gasolina, agua potable y cintillos. Como también la movilidad e impresiones que se utilizó, dando un total de S/ 5,040.

- **Flujo de caja económico**

Para obtener el flujo de caja financiero (Ver Tabla N°36), la cual se realizó con los valores de los ahorros de costos semanales, los gastos de mantenimiento de la implementación (Ver Tabla N°35), para este último valor se considera S/ 630 durante las dos primeras semanas de agosto, la cual se da sostenimiento en la implementación. También, se considera un costo de oportunidad de capital (COK) del 3% equivalente a S/ 290.76 y finalmente el flujo de caja económico se realiza durante 8 semanas durante el Post Test, obteniendo como resultado en el mes de agosto, septiembre y octubre S/ 6,472.

Tabla 36. Flujo de caja

SEMANAS	INVERSIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8
AHORROS (Ver tabla 34)									
Ahorros generados por inversión		S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102	S/ 7,102
GASTOS DE MANTENIMIENTO DE LA INVERSIÓN (Ver anexo xx)									
Gastos de mantenimiento de la inversión		S/ 630	S/ 630	S/ 630	S/ 630	S/ 630	S/ 630	S/ 630	S/ 630
INVERSIÓN (Ver tabla xx)	S/ 6,992								
COK (3%)	S/ 290.76								
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	S/7,201.76	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472	S/ 6,472

Fuente: Elaboración propia.

VAN

Para poder realizar el VAN (Valor Actual Neto) se tomó en cuenta la inversión que fue efectuada por la empresa (S/ 34,527), así mismo el costo de oportunidad de capital (3%) la cual está indicada en la tabla anterior. Para el análisis económico se analizó el Valor Actual Neto, en donde se obtuvo S/ 10,904 confirmando que el presente trabajo de investigación es viable para la empresa.

$$VAN = -IO + \frac{F1}{(1+k)} + (\dots) + \frac{Fn}{(1+k)^n}$$

IO= Inversión = -34,527

F1= Flujo por cada periodo = Semanal

K= Costo de oportunidad = 3%

N= Número de periodos=8

Tabla 37. Valor actual neto (VAN)

VAN	S/10,904
------------	----------

Fuente: Elaboración propia.

TIR

Ya planteado del VAN se procede a hallar la TIR, la cual es la tasa interna de retorno para así demostrar que el porcentaje obtenido es el gran beneficio por parte de la empresa de la inversión efectuada 10%, indicando que la tasa de rentabilidad es aceptable para la presente investigación. Además, $TIR > COK$ la cual significa que esta implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad es viable.

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + (\dots) + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

$VAN=0$

$I_0 =$ Inversión = -34,527

$F_1 =$ Flujo por cada periodo = Semanal

$K =$ Costo de oportunidad = 3%

$N =$ Número de periodos=8

Tabla 38. Tasa interna de retorno (TIR)

TIR	10%
------------	-----

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Beneficio-Costo

Para obtener del resultado beneficio - costo está dado por los ahorros y gastos donde:

Ahorros = S/ 7,102

Gastos = S/ 630

Por consiguiente, se ha demostrado que la relación entre ambos es de S/ 11.27, ello quiere decir que por cada 1 sol que invierte la empresa al implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad, se tiene una ganancia de 10.27 céntimos de sol.

Tabla 39. Relación beneficio/costo

RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	S/11.27
-------------------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

En este apartado de la investigación se realizó las respectivas discusiones con respecto a la hipótesis general y las hipótesis específicas, en donde se acepta las hipótesis alternativas, cumpliendo así con los objetivos trazados.

Después de analizar los resultados obtenidos con respecto al objetivo general se pudo constatar que la “Implementación de Reliability Centred Maintenance, reduce los fallos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021” se obtuvo un resultado positivo debido a que la reducción de fallos fue significativa, en el pre test que consto de 8 semanas dentro de los meses de setiembre y octubre se presentaron 50 fallos y en el post test que se dio en 8 semanas de los meses de agosto, setiembre y octubre se obtuvo como resultado 22 fallos, comparando el pre - test con el post - test se evidencio la reducción de 28 fallos, ello se logró gracias a la implementación de la metodología RCM la cual cuenta con 5 fases. Para poder comprobar la validez de la presente investigación los resultados obtenidos del objetivo general se compararon con otras investigaciones, como es el caso de la investigación Villacrés (2016), desarrollo un trabajo titulado aplicación de un proyecto de mantenimiento utilizando el RCM para el vehículo hidrocleaner, tuvo como objetivo, desarrollar un plan de conservación basándose en los principios del RCM para la flota de vehículos Hidrocleaners, el estudio fue de tipo mixto cuantitativo y cualitativo, se tuvo como población de estudio al personal técnico y administrativo de la empresa Etapa Ep, los instrumentos empleados fueron entrevistas al personal de la organización Etapa Ep. Luego de haber aplicado el plan de mantenimiento y haber ejecutado las actividades correctivas (que se determinaron mediante la aplicación de la metodología RCM), se evidencio que la tasa de fallos se redujo de 11 a 6 fallos por cada año, ello representa una reducción del 45% de fallos en el nuevo periodo analizado. Ello se apoyó mediante la primera dimensión con respecto al tiempo promedio entre fallos que ayudo a determinar cada cuanto tiempo se presentaba un fallo para ello se pudo evidenciar en la data del Pre - test un resultado de 1529 minutos y en los resultados obtenidos en el Post – Test después de la implementación se pudo apreciar un valor de 2592 minutos obteniéndose así una mejora ya que al momento de poder tener un mayor tiempo

promedio entre fallos, estos se darán en periodos de tiempos más largos, ayudando así a reducir los fallos que se presenten en la catenaria rígida

En otro punto esta la segunda dimensión que es la confiabilidad que tiene relación directa de igual manera con la reducción de fallos, en el Pre – Test se tuvo como resultado un 85 % y en el Post Test un 92% mejorándose así la confiabilidad en el funcionamiento de la catenaria rígida en un 7%. La mejora se llegó a culminar gracias al compromiso y responsabilidad del personal de la empresa Sifel Rail, la implementación del RCM se desarrolló exitosamente, ello se comprobó mediante los resultados dados por el software SPSS con el análisis de las hipótesis, donde finalmente mediante estadígrafo de Wilcoxon se tuvo un nivel de significancia de 0,018 permitiendo discriminar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Ello nos permite dar respuesta a la importancia e influencia que tiene el RCM en los fallos de un sistema o equipo. No obstante, por parte del mantenimiento centrado en confiabilidad está centrado en tener el índice de fallos del sistema de catenaria rígida, como simples revisiones técnicas, la cual es factible con una buena planificación, programación que es generado por un cronograma de operaciones que se obtiene durante el transcurso del pre test, la cual se implementara para la reducción de fallos dándole fiabilidad a la investigación.

En referencia al primer objetivo específico, “La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá significativamente los costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021”, en esta investigación se pudo evidenciar una reducción de costos, en el pre test se evidencio un costo de S/. 169 7655 nuevos soles y después de la aplicación del RCM en el post test el costo fue de S/. 112 949 nuevos soles, esta mejora permitió un ahorro económico de S/. 56 816 nuevos soles, entonces se puede decir que el Reliability Centred Maintenance ayuda no solo a reducir los fallos si no también los costos que se encuentran involucrados. Asimismo, en la investigación de Pajares (2018), en su informe de tesis el RCM para el área de envasado en la empresa Danper Trujillo, se dio como objetivo la implementación de un programa con respecto al mantenimiento basado en el RCM para aumentar la disponibilidad de las maquinas. Se tuvo como población a todas las máquinas de la empresa Danper Trujillo y como muestra los equipos de la línea de escaldado, sellado y envasado. Se usaron como instrumentos la recolección de

datos a partir de fichas de registros. Los resultados fueron que los costos de mantenimiento se redujeron aplicando el RCM de un 78% a un 63%. Se concluyó que la disponibilidad promedio de los equipos aumento en un 2.99%.

Hoy en día las empresas industriales toman mayor relevancia en el eje de su economía para con el fin de poder buscar mejoras en la reducción de sus costos con el objetivo de llegar a la rentabilidad, es ahí en donde entra a tallar el RCM, muchas organizaciones tienden a implementar este sistema debido a que hallan una reducción de costos significativa, pero cabe recalcar que no siempre es bueno implementar el RCM debido a que muchas veces el costo de implementación es más caro que el costo de mantenimiento que hacen muchas empresas. Comparando con otra investigación del autor calderón (2020) en su investigación “propuesta de la implementación del RCM para reducir los costos en una empresa de calzado” tuvo como resultado la reducción de costos generando un ahorro de S/ 47,442 nuevos soles. Dicha investigación ayuda a corroborar que la metodología del RCM conlleva a la reducción de costos.

Con respecto al segundo objetivo específico “Determinar en qué medida La implementación de Reliability Centred Maintenance, reducirá los tiempos de reparación que se realiza en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, Lima 2021.” sobre la reducción de los tiempos de reparación que se realizan en la catenaria rígida, en la presente investigación se obtuvo como resultado en el pre - test un total de 21 horas y después de la aplicación del Reliability Centred Maintenance en el post - test se llegó a obtener un o un valor de 19 horas, obteniéndose así una mejora de 2 horas en la reducción de los tiempos de reparación. En ese punto coincidiendo con la investigación de Vázquez (2017) en su investigación “Implementación del RCM en las excavadoras Caterpillar, se tuvo una implementación satisfactoria influenciando así de manera positiva en los equipos de la empresa, con respecto a la reducción de tiempos de reparación en un 13.74%, obteniéndose así una flota de equipos confiables. Cuando un activo no funciona adecuadamente, se debe de reparar para que siga con sus funciones correspondientes, en el campo de la industria e ingeniería es de suma importancia tener todos los equipos o activos funcionando adecuadamente, en el caso de que estos presenten fallas, debe de ser reparado lo más pronto posible, es aquí donde

entra a tallar el tiempo de reparación, concepto que ayuda a reflejar el tiempo en que un activo demora en volver a realizar sus funciones operativas. Para afianzar la presente investigación, Cormilluni (2019), en su trabajo titulado Mantenimiento aplicando el RCM en un proceso de producción, el objetivo fue poner en práctica una mejora en el proceso productivo utilizando la metodología del RCM, se empleó como instrumentos formularios y herramientas como el checklist de actividades. Se tuvo como resultado que al implementar el RCM disminuirá el costo de mantenimiento en un 30%. Se llegó a concluir que al usar el tiempo de parada del equipo de manera eficiente se logró disminuir en 25% el tiempo de reparación MTTR lo cual nos indica la eficiencia del mantenimiento y por otro lado que la empresa ICCGSA debe de elaborar un modelo inédito de gestión con respecto al mantenimiento que esté basado en el RCM. El tiempo de reparación se ve influenciado por la confiabilidad en la que se encuentra los componentes de la catenaria rígida, se evaluó en el pre - test la confiabilidad que tiene la catenaria rígida obteniéndose como resultado un 85% y después de la implementación en el post – test se obtuvo un resultado de un 92% lográndose así mejorar la confiabilidad del sistema en un 7%.

La confiabilidad está definida como la confianza que se tiene de un sistema, equipo o componente durante un tiempo determinado, por otro lado, se puede definir a la confiabilidad como la probabilidad de que un activo desempeñe su función dada entre un intervalo de tiempo establecido. El tiempo de reparación es de suma importancia en los activos de una empresa mientras este sea menor mejor será la disponibilidad de las maquinarias para lograr así una mejor producción en sus procesos. Ello nos lleva a afirmar que la metodología del RCM influye positivamente en la reducción de los tiempos de reparación, manteniendo a los equipos en funcionamiento operación lo más pronto posible.

Por último, comparados los resultados de la presente investigación con otras investigaciones se puede decir que el Reliability Centred Maintenance influye directamente en la disminución de fallos, costos y tiempos de reparación conllevando así a que toda empresa que lo implemente tenga grandes beneficios, obteniendo a cambio la producción requerida y que todos sus equipos trabajen lo más eficiente posible aumentando su confiabilidad.

VI. CONCLUSIONES

1. La implementación de la metodología del Reliability Centred Maintenance se ejecutó de manera satisfactoria en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, influenciando positivamente en la reducción de fallos, se pudo evidenciar en el pre test 50 fallos y después de la aplicación del RCM se obtuvo en el post test un resultado de 22 fallos reduciéndose así en 28 fallos.
2. La implementación de la metodología del Reliability Centred Maintenance mejora la reducción de costos en la catenaria rígida de la empresa Sifel Rail, ya que antes de la mejora tenía un costo de mantenimiento de S/. 169 765 nuevos soles y después de la implementación un costo de mantenimiento de S/. 112 949 nuevos soles, obteniendo así un ahorro de S/. 56 816 nuevos soles.
3. La implementación de la metodología del Reliability Centred Maintenance ayudo a reducir el tiempo promedio de reparación puesto que antes de la implementación del Reliability Centred Maintenance el tiempo promedio era de 21 horas y después de la mejora se obtuvo un tiempo promedio de reparación de 19 horas, teniendo así una diferencia de 2 horas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al jefe del área de mantenimiento realizar habitualmente un análisis de criticidad en los componentes de la catenaria rígida, para tener un mayor control con respectó a los equipos críticos con el fin de evitar y reducir las fallas.
2. Se recomienda al jefe de área de mantenimiento para efectos de reducir los costos de mantenimiento evaluar periódicamente las fallas potenciales y prevenir las fallas repetitivas, manteniendo siempre actualizado el historial de los activos para que así se reduzca el costo de mantenimiento ayudando así mejorar el apartado económico de la empresa.
3. Se recomienda al jefe encargado del mantenimiento de la catenaria rígida continuar con la mejora continua del tiempo promedio entre fallos con el objetivo de reducir los tiempos de reparación que existe en la catenaria rígida, ayudando así a tener un mayor tiempo de trabajo en la catenaria rígida con menos paradas

REFERENCIAS

1. ALVAREZ, Ivan. Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca. Tesis (Ingeniero Mecánico Automotriz). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Matriz cuenca, 2017. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14200/1/UPS-CT006981.pdf>
2. AGUILAR, Angel y TANDAZO, Luis. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) del sistema de inyección de un motor de encendido provocado corsa evolution 1.4L empleando herramientas de aprendizaje y clasificación para la programación del mantenimiento. [en línea]. Tesis (Ingeniero Mecánico Automotriz). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2017. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14606/1/UPS-CT007176.pdf#page=26&zoom=100,109,542>
3. ARIAS, Jesús, VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. 2016, 63(2), [fecha de Consulta 29 de mayo de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

ISSN: 0002-5151
4. ARIAS, Jose. Métodos de investigación online Herramientas digitales para recolectar datos [en línea]. Perú: Biblioteca nacional del Perú, 2020 [fecha de Consulta 5 de junio de 2021]. Disponible en <http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2237/1/AriasGonzalesMetodosDeInvestigacionOnlinelibro.pdf>

ISBN: 978-612-00-5506-9
5. BERNAL, Cesar. Metodología de la Investigación [en línea]. Colombia: editorial Pearson, 2010 [fecha de consulta: 01 de diciembre de 2021].

Disponible en

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/02%20Metodologia%20de%20la%20Investigacion%203edi%20Bernal.pdf>

ISBN: 978-958-699-128-5

6. BOUZOUADA, Abdallaha. Maintenance Optimization for Complex System using Evolutionary Algorithms under Reliability Constraints within the Context of the Reliability-Centered-Maintenance. International journal of Performability Engineering [en línea]. Vol. 17, no 13, 2021. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.ijpe-online.com/EN/10.23940/ijpe.21.01.p1.113>

ISSN 2325-2365

7. CABEZAS, Edison, NARANJO, Diego, TORRES, Johana. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018 [fecha de Consulta 29 de mayo de 2021]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>

ISBN: 978-9942-765-44-4

8. CALVO, Emilio. Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras. Tesis (Master Universitario en Ingeniería de Minas). Perú: Universidad de Cantabria, 2017. Disponible en <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2489/course/section/2495/Mantenimiento1.pdf>

9. CALDERON, Meyli. Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado. [en línea]. Tesis (Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24191/Calderon%20Meyli.pdf>

[20Ortecho%20Meyli%20Nyckol.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6300/1/20T00831.pdf)

10. CASTILLO, Ángel. Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del sistema POWER OIL de la estación atacapi del b57-li de PETROAMAZONAS EP. Tesis (Magister en gestión de mantenimiento industrial). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6300/1/20T00831.pdf>
11. CORMILLUNI, Jaqueline. Propuesta de mejora en el sistema de gestión de mantenimiento utilizando el RCM en el proceso de producción y extendido de asfalto. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Disponible en https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/62558/3/Cormilluni_lj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
12. DIESTRA, Juan, Pablo, ESQUIVIEL, Lourdes, GUEVARA, Robert. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación [en línea]. Vol. 4, No. 1. 2017 [Fecha de consulta: 03 de Mayo del 2021]. Disponible en <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530/505>
ISSN: 2313-1926
13. Enfoque de procesos para la reducción de paros de máquinas mediante mantenimiento centrado en las confiabilidades sociales por Pérez Adam, Emilio [et al]. [en línea]. Vol. 2, No. 4, octubre-diciembre Año 2017. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/380/276>
ISSN: 2528-8091
14. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730E Komatsu-2013 por Alavedra Flores, Carol [et al]. [en línea]. núm. 34, enero-diciembre, 2016. [fecha de consulta: 01 de abril de 2021]. Disponible en

[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Gestion de mantenimiento preventivo y su relacion .pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Gestion_de_mantenimiento_preventivo_y_su_relacion_.pdf)

ISSN: 1025-9929

15. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª. Ed. México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2014 [fecha de Consulta 5 de junio de 2021]. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN: 978-607-15-0291-9

16. Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica por Díaz Concepción, Armando [et al]. [en línea]. Vol. 19, No. 3, Setiembre-diciembre de 2016. [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2021]. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v19n3/im03316.pdf>

ISSN: 1815-5944

17. INGA, José y CHOCCELAHUA, Justo. Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos médicos custodiados por la empresa chejampi biomedical sac. Tesis (Ingeniero Industrial). Perú: Universidad Antonio Ruiz de Montoya, 2019. Disponible en [http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccelahua%20Torres%20Justo Inga%20Cerr%c3%b3n%2c%20Jose%20L. tesis licenciatura 2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccelahua%20Torres%20Justo%20Inga%20Cerr%C3%B3n%20Jose%20L. tesis licenciatura 2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

18. Jiménez, Diana, Borraez, Fleidym y CANTOR, Darío. Implementación del método de análisis de falla en componentes mecánicos. Tesis (Ingeniero mecánico). Colombia: Los Libertadores Fundación Universitaria, 2017. Disponible en <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1443/jimenezdiana2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

19. LAYME, Raul. Propuesta de mejora del plan de Mantenimiento basado en el RCM en la línea de Extrusión 1. Tesis (Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. Disponible en https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/336943/layme_rr.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. CIENCIAMÉRICA [en línea]. N° 3, diciembre, 2014. [Fecha de consulta: 08 de mayo del 2021]. Disponible en [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-InvestigacionAplicada-6163749%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-InvestigacionAplicada-6163749%20(4).pdf)
- ISSN: 2253-2365
21. MACEDO, José. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak- Lurigancho 2018. Tesis (Ingeniero industrial). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31940/Macedo_SJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
22. Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de amfe por Gonzáles Sosa, Jesús [et al]. [en línea]. N°3: 209-225, 2018. [fecha de consulta: 01 de abril de 2021]. Disponible en <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>
- ISSN: 0717-9103
23. MARTINEZ, Manuel y MARCH, Trina. Caracterización e la validez y confiabilidad en el constructo metodológico de la investigación social. [en línea]. [fecha de consulta: 20 de agosto de 2021]. Disponible en [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-CharacterizacionDeLaValidezYConfiabilidadEnElConstr-6844563%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-CharacterizacionDeLaValidezYConfiabilidadEnElConstr-6844563%20(1).pdf)
- ISSN: 1856-9331
24. MENCHÚ, Norma. Creación de 3 Fichas de Observación Para el

- Acompañamiento Pedagógico Dirigido a 10 directores del Sector 08-03-10 del Municipio de San Francisco El Alto, del departamento de Totonicapán. Tesis (Maestría en educación). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/29/29_0413.pdf
25. MENDOZA, Estefani. Descripción y propuesta para la optimización de tiempos del programa de mantenimiento preventivo i1 aplicado a los trenes Alstom metrópolis 9000 de la línea 1 del metro de Lima. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2017. Disponible en http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/450/1/Mendoza_Estefani_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf
26. NITHIN, H, SRIRAMULA, S, EBINUM, T. Reliability-centered maintenance and cost optimization for offshore oil and gas components. Conference Series [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 12 de junio de 2021]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1730/1/012007/pdf>
27. NUÑES, Christian. RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores d8t en la empresa aruntani SAC – unidad tukari. [en línea]. Tesis (Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad nacional del centro del Perú, 2016. Disponible en https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1574/TE_SIS%20FINAL01.pdf?sequence=1
28. PAJARES, Yak. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsas de la planta N° 09 DE DANPER TRUJILLO S.A.C. Tesis (Ingeniero Mecánico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. Disponible en <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Pajares%20Moreno,%20Jak.pdf>
29. PACHECO, Fabiola. Módulo de costos de producción [en línea]. Colombia: Ediciones Usta, 2019 [fecha de consulta: 23 de octubre de

2021]. Disponible en https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18470/M%C3%B3dulo_Costos_Produccion%20DIAGRAMACION.pdf?sequence=3

ISBN: 978-958-5471-26-9

30. PIECHNICKI, Flávio [et al]. RCM deployment analysis in fiber wood production: improving the productivity and increasing the system reliability. Independent journal of management & production [en línea]. Vol. 10, no 6, 2016. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.ijmp.ijor.br/index.php/ijmp/article/view/1009/1240>
ISSN 2236-269X

31. POSADA, Gabriel. Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos [en línea]. Colombia: Fondo editorial, 2016 [fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en https://www.funlam.edu.co/uploads/fondoeditorial/120_Ebook-elementos_basicos.pdf

ISBN: 978-958-8943-05-3

32. RAMIREZ, Martín, VISCAINO, Paul y MERA, Alvez. Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Polo del Conocimiento [en línea]. Vol. 3, No. 3. 2018 [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2021]. Disponible en <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/635/pdf>
ISSN: 2550-682X

33. ROBLES, Alexis. Evaluación técnica y económica para la alimentación eléctrica de la línea 7 del metro de Santiago. Tesis (Ingeniero Civil Eléctrico). Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2018. Disponible en http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-8500/UCC8850_01.pdf

34. SÁNCHEZ, Benito. Diseño de un plan de mantenimiento mediante metodología RCM para una línea de valorización de PEBD. Tesis (Ingeniería de Organización Industrial). España: Universidad Sevilla, 2016. Disponible en <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30282/fichero/Dise%C3%B1o+de>

[+un+plan+de+mantenimiento+mediante+metodolog%C3%ADa+RCM+para+una+l%C3%ADnea+de+valorizaci%C3%B3n+de+PEB.pdf](#)

35. SÁNCHEZ, Flores. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. Revista digital de investigación en docencia universitaria [en línea]. 13(1), 102-122., 2019. [Fecha de consulta: 08 de mayo del 2021]. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>

ISSN: 2223-2516

36. SANTA CRUZ, Cesar. El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular municipalidad de San Miguel-Callao 2018. Tesis (Ingeniería Mecánico). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. Disponible en <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4309/EL%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20CENTRADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD%20%28RCM%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

37. TORRES, Christian. Desarrollo de metodología para la implementación de índices de mantenimiento CDM para sistemas ferroviarios. Tesis (Ingeniero Mecánico Automotriz). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Matriz Cuenca, 2016. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12129/1/UPS-CT006048.pdf>

38. Una polémica trascendental sobre el mantenimiento Preventivo y Predictivo [en línea] León: Universidad Tecnológica, San Carlos la Roncha, 2017 [fecha de consulta: 01 de abril de 2021]. Disponible en https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol3num8/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N8_1.pdf

ISSN: 2414-4835

39. VÁSQUEZ, Juan. Implementación de la metodología de mantenimiento

centrado en confiabilidad a excavadoras Caterpillar 336D2L. [en línea]. Tesis (Ingeniero Mecánico Eléctrico). Piura: Universidad de Piura, 2019. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4235/IME_267.pdf?sequence=1&isAllowed=y

40. VALENZUELA, Marybel [et al]. Propuesta de mejora del plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean Office en el proceso de inyección de polímeros. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnología de Información [en línea]. Vo.11, No.37, 2020. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2021]. Disponible en <http://www.risti.xyz/issues/ristie37.pdf>

ISSN: 1646-9895

41. VILLACRÉS, Sergio. Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vector m654 de la empresa etapa ep. Tesis (Magister en gestión de mantenimiento industrial). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/234574731.pdf>

42. YAM, Marcial, PALI, Ramon y ZAVALA, José. Aplicabilidad de la criticidad en el mantenimiento de equipos. Project design and management. [en línea]. 1(1), 33-48, 2017. [fecha de consulta: 09 de Octubre de 2021]. Disponible en <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/168-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1546-1-10-20190727.pdf>

ISSN: 2683-1597

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 40. Matriz de operacionalización de variables generales

Matriz de operacionalización de variables generales					
Variabes de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
Reliability Centred Maintenance	"Es un procedimiento que establece que operaciones debemos realizar para que un sistema o equipo se desempeñe con las funciones deseadas en su contexto operacional, siempre y cuando sea beneficioso para la empresa." (Sánchez, 2016, p11).	Metodología para la reducción de fallos y Aumento de la confiabilidad	Tiempo promedio entre fallos	Leyenda: MTBF = Tiempo promedio entre fallos TTT = Tiempo total de trabajo TA = Tiempo de avería NF = Numero de fallos $MTBF = \frac{TTT - TA}{NF}$	Razón
			Confiabilidad	Leyenda: C = Confiabilidad e = 2.718 T = Tiempo de ciclo MTBF = Tiempo promedio entre fallos $C = e^{-\left(\frac{T}{MTBF}\right)} \times 100$	Razón
Fallos en la catenaria rígida	Son los percances que se dan en la catenaria rígida (sistema de electrificación).	Percances que se dan en la catenaria rígida que incrementan costos y tiempo	Costos	Leyenda: CTFCTM = Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento CTF = Costo total de los fallos CTM = Costo total de mantenimiento $CTFCTM = \left(\frac{CTF}{CTM}\right) \times 100$	Razón
			Tiempos de reparación	Leyenda: MTTR = Tiempo medio de reparación CHA = Cantidad de horas por avería NA = Numero de averías $MTTR = \frac{CHA}{NA}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2

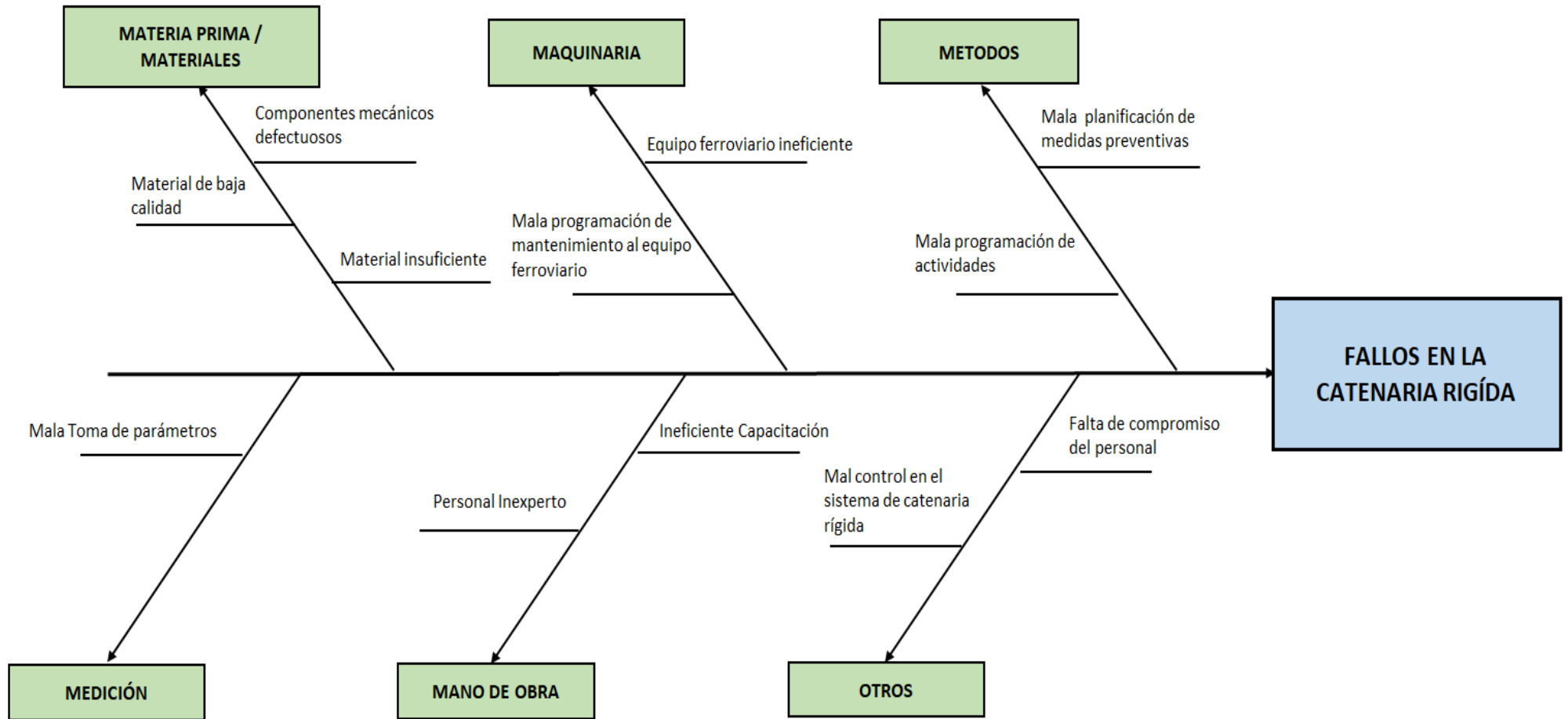



Figura 5. Ishikawa de los fallos de la catenaria rígida

Anexo 3


Tabla 41. Registro customizado de tiempo promedio entre fallos (MTBF)

 Sifel Rail														
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Tiempo promedio entre fallos						Código:				
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión:				
								Fecha:						
Item	Fallo	Semana								Tiempo total de trabajo (TTT) (min)	Tiempo de avería (TA) (min)	Numero de fallos (NF)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	
		Junio				Julio								
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8					
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
Total de fallos por semana											Total			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Tabla 42. Registro customizado de confiabilidad (C)

 Sifel Rail													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Confiabilidad						Código:			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión:			
										Fecha:			
Item	Fallo	Semana								e	Tiempo de ciclo (T) (min)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	Confiabilidad (C)
		Junio				Julio							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
Total de fallos por semana													

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5


Tabla 43. Registro customizado de costo total de los fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)

Sifel Rail															
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana		Costos								Código:					
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión:					
		Semana								Costo de materiales directos (S/)	Costo de mano de obra directa (S/)	Costos indirectos (S/)	Costo total de los fallos (S/)	Costo total del mantenimiento (S/)	Costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)
Item	Motivo de Fallo	Junio				Julio									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8						
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
Total de fallos por semana															
										Total					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6

Tabla 44. Registro customizado de tiempo medio de reparación (MTTR)

 Sifel Rail													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Tiempos de reparación						Código:			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión:			
										Fecha:			
Item	Fallo	Semana								Numero de horas de para por averia (min)	Numero de averias (NA)	Tiempo medio de reparación (MTTR)	
		Junio				Julio							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
Total de fallos por semana													

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

Tabla 45. Pre test de tiempo promedio entre fallos (MTBF)

Sifel Rail - Pre test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana		Tiempo promedio entre fallos								Código: SIFEL-ML2-001			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 01			
Item	Fallo	Semana								Tiempo total de trabajo (TTT) (min)	Tiempo de avería (TA) (min)	Numero de fallos (NF)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)
		Junio				Julio							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Rotura de aislador de campana	✓			✓			✓		2880	276	3	868
2	Rotura de aislador de punto fijo	✓				✓				2880	116	2	1382
3	Caída de cable de acero de punto fijo	✓						✓	✓	2880	93	3	929
4	Rotura de aislador de sección	✓						✓	✓	2880	279	3	867
5	Rotura de aislador de barra	✓						✓		2880	126	2	1377
6	Rotura de descargador	✓			✓	✓			✓	2880	16	4	716
7	Corte del sustentador en el punto de unión		✓							2880	32	1	2848
8	Corte de hilo de contacto		✓	✓				✓	✓	2880	480	4	600
9	Corte de cable sustentador sin arrollamiento		✓							2880	90	1	2790
10	Desgaste del hilo de contacto		✓		✓✓			✓		2880	204	4	669
11	Mal ángulo de inclinación		✓			✓				2880	24	2	1428
12	Mal dimensionamiento de pernos		✓					✓	✓	2880	33	3	949
13	Rotura de tirante		✓	✓	✓			✓		2880	100	4	695
14	Falso contacto de conmutadores			✓✓	✓	✓				2880	68	4	703
15	Desviación de las mesillas del pantógrafo			✓						2880	35	1	2845
16	Generación de arcos eléctricos			✓				✓		2880	240	2	1320
17	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del pantógrafo				✓					2880	60	1	2820
18	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓	✓				2880	120	2	1380
19	Desviación del perfil de aluminio							✓✓		2880	320	2	1280
20	Altas variaciones de la fuerza de contacto								✓	2880	60	1	2820
21	Desviación del hilo de contacto					✓				2880	60	1	2820
Total de fallos por semana		6	7	6	8	6	4	8	5	Total de fallos		50	1529

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

Tabla 46. Pre test de confiabilidad (C)

Sifel Rail - Pre test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana		Confiabilidad								Código: SIFEL-ML2-002			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 02			
Item	Fallo	Semana								e	Tiempo de ciclo (T) (min)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	Confiabilidad (C)
		Junio				Julio							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Rotura de aislador de campana	✓			✓			✓		2.718	192	868	80%
2	Rotura de aislador de punto fijo	✓				✓				2.718	192	1382	87%
3	Caída de cable de acero de punto fijo	✓						✓	✓	2.718	192	929	81%
4	Rotura de aislador de sección	✓						✓	✓	2.718	192	867	80%
5	Rotura de aislador de barra	✓						✓		2.718	192	1377	87%
6	Rotura de descargador	✓			✓	✓			✓	2.718	192	716	76%
7	Corte del sustentador en el punto de unión		✓							2.718	192	2848	93%
8	Corte de hilo de contacto		✓	✓				✓	✓	2.718	192	600	73%
9	Corte de cable sustentador sin arrollamiento		✓							2.718	192	2790	93%
10	Desgaste del hilo de contacto		✓		✓✓			✓		2.718	192	669	75%
11	Mal ángulo de inclinación		✓			✓				2.718	192	1428	87%
12	Mal dimensionamiento de pernos		✓					✓	✓	2.718	192	949	82%
13	Rotura de tirante		✓	✓	✓			✓		2.718	192	695	76%
14	Falso contacto de conmutadores			✓✓	✓	✓				2.718	192	703	76%
15	Desviación de las mesillas del pantógrafo			✓						2.718	192	2845	93%
16	Generación de arcos eléctricos			✓				✓		2.718	192	1320	86%
17	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del				✓					2.718	192	2820	93%
18	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓	✓				2.718	192	1380	87%
19	Desviación del perfil de aluminio							✓✓		2.718	192	1280	86%
20	Altas variaciones de la fuerza de contacto								✓	2.718	192	2820	93%
21	Desviación del hilo de contacto					✓				2.718	192	2820	93%
Total de fallos por semana		6	7	6	8	6	4	8	5	2.718	4032	32106	85%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9

Tabla 47. Pre test de costo total de los fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)

Sifel Rail - Pre test															
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana		Costos							Código: SIFEL-ML2-003						
Revisado por: Carrión Nin, José Luis									Versión: 03						
									Fecha: 06/2021 - 07/2021						
Item	Motivo de Fallo	Semana								Costo de materiales directos (S/)	Costo de mano de obra directa (S/)	Costos indirectos (S/)	Costo total de los fallos (S/)	Costo total del mantenimiento (S/)	Costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)
		Junio				Julio									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8						
1	Se da por que el aislador ha bajado de su posición inicial.	✓			✓			✓		1065	180	150	1395	16300	9%
2	Se da por la fuerza de ajuste del punto fijo.	✓				✓				440	120	40	600	16300	4%
3	Surge esta falla por consecuencia de la caída de aislador, se desajusta el cable de acero.	✓						✓	✓	360	120	60	540	16300	3%
4	Se rompen porque no hay un uso continuo del mismo.	✓						✓	✓	2010	360	360	2730	16300	17%
5	Se da por la fuerza en que pasa el pantógrafo y logra romper el aislador del conjunto atirantado.	✓						✓		440	200	200	840	16300	5%
6	La rotura de descargadores se da por la fuerza y presión que tiene el tren eléctrico.	✓			✓	✓			✓	480	320	440	1240	16300	8%
7	Surge esta falla por consecuencia de la caída de aislador, se desajusta el cable de acero.		✓							300	220	60	580	16300	4%
8	Se da por la fuerza en que pasa el pantógrafo.		✓	✓			✓	✓		6000	400	800	7200	16300	44%
9	Se da por falta de cables de unión de la suficiente sección y número entre el sustentador y los hilos de contacto, es decir utilización de péndolas no equipotenciales.		✓							120	100	60	280	16300	2%
10	Se da por que el pantógrafo y el perfil de aluminio no están alineados con sus respectivos parámetros.		✓		✓✓			✓		1400	840	400	2640	16300	16%
11	El mal ángulo de inclinación se da por una mala inspección con el pantógrafo manual.		✓			✓				80	80	80	240	16300	1%
12	Se da por los constantes movimientos que tiene los soportes de la catenaria.		✓				✓		✓	480	240	180	900	16300	6%
13	Se da por la fuerza que ejerce el tren al soporte de catenaria.		✓	✓	✓		✓			480	320	160	960	16300	6%
14	De los conmutadores, se da porque no se utiliza de manera continua.			✓✓	✓	✓				1400	840	400	2640	16300	16%
15	Se da por la falta de inspección y control.			✓						350	100	100	550	16300	3%
16	Se da por que el pantógrafo y el perfil de aluminio no están alineados con sus respectivos parámetros.			✓			✓			1000	400	300	1700	16300	10%
17	Se da por la mala toma de medidas entre la altura de la catenaria y el pantógrafo				✓					250	120	100	470	16300	3%
18	El desgaste del pantógrafo se da por la mala posición y ubicación del mismo.				✓	✓				440	120	40	600	16300	4%
19	La desviación del perfil de aluminio se da por la fuerza y vibración del tren eléctrico.							✓✓		600	400	200	1200	16300	7%
20	Se da por que no existe un control en el sistema de energización								✓	100	200	100	400	16300	2%
21	La desviación del hilo de contacto se da por una mala toma de parámetros en el hilo de contacto.					✓				670	120	120	910	16300	6%
Total de fallos por semana		6	7	6	8	6	4	8	5	Total		28615	342300	8%	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10

Tabla 48. Pre test de tiempo medio de reparación (MTTR)

Sifel Rail - Pre test												
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Tiempos de reparación						Código: SIFEL-ML2-004		
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 04		
										Fecha: 06/2021 - 07/2021		
Item	Fallo	Semana								Numero de horas de para por averia (min)	Numero de averias (NA)	Tiempo medio de reparación (MTTR)
		Junio				Julio						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8			
1	Rotura de aislador de campana	✓			✓			✓		276	3	92
2	Rotura de aislador de punto fijo	✓				✓				116	2	58
3	Caída de cable de acero de punto fijo	✓						✓	✓	93	3	31
4	Rotura de aislador de sección	✓						✓	✓	279	3	93
5	Rotura de aislador de barra	✓						✓		126	2	63
6	Rotura de descargador	✓			✓	✓			✓	16	4	4
7	Corte del sustentador en el punto de unión		✓							32	1	32
8	Corte de hilo de contacto		✓	✓				✓	✓	480	4	120
9	Corte de cable sustentador sin arrollamiento		✓							90	1	90
10	Desgaste del hilo de contacto		✓		✓✓			✓		204	4	51
11	Mal ángulo de inclinación		✓			✓				24	2	12
12	Mal dimensionamiento de pernos		✓					✓		33	3	11
13	Rotura de tirante		✓	✓	✓			✓		100	4	25
14	Falso contacto de conmutadores			✓✓	✓	✓				68	4	17
15	Desviación de las mesillas del pantógrafo			✓						35	1	35
16	Generación de arcos eléctricos			✓				✓		240	2	120
17	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del pantógrafo				✓					60	1	60
18	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓	✓				120	2	60
19	Desviación del perfil de aluminio							✓✓		320	2	160
20	Altas variaciones de la fuerza de contacto								✓	60	1	60
21	Desviación del hilo de contacto					✓				60	1	60
Total de fallos por semana		6	7	6	8	6	4	8	5	2832	50	1254

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11

Tabla 49. Post test de tiempo promedio entre fallos (MTBF)

Sifel Rail - Post test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Tiempo promedio entre fallos						Código: SIFEL-ML2-005			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 01			
										Fecha: 08/2021 - 09/2021 - 10/2021			
Item	Fallo	Semana								Tiempo total de trabajo (TTT) (min)	Tiempo de averia (TA) (min)	Numero de fallos (NF)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)
		Agosto		Setiembre				Octubre					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Falso contacto de conmutadores	✓			✓					2880	34	2	1423
2	Desviación del perfil de aluminio	✓		✓						2880	320	2	1280
3	Corte del sustentador en el punto de unión	✓								2880	32	1	2848
4	Corte de cable sustentador sin arrollamiento	✓								2880	90	1	2790
5	Altas variaciones de la fuerza de contacto		✓							2880	60	1	2820
6	Rotura de aislador de barra		✓							2880	63	1	2817
7	Rotura de aislador de punto fijo			✓						2880	58	1	2822
8	Mal ángulo de inclinación			✓						2880	12	1	2868
9	Generación de arcos eléctricos				✓					2880	120	1	2760
10	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓				✓	2880	120	2	1380
11	Rotura de aislador de campana						✓			2880	92	1	2788
12	Rotura de descargador						✓			2880	4	1	2876
13	Caída de cable de acero de punto fijo						✓			2880	31	1	2849
14	Rotura de tirante							✓		2880	25	1	2855
15	Desviación del hilo de contacto							✓		2880	60	1	2820
16	Corte de hilo de contacto								✓	2880	120	1	2760
17	Rotura de aislador de sección								✓	2880	93	1	2787
18	Desgaste del hilo de contacto								✓	2880	51	1	2829
19	Mal dimensionamiento de pernos								✓	2880	11	1	2869
Total de fallos por semana		4	2	3	3	3	2	2	3	Total de fallos		22	2592

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12

Tabla 50. Post test de confiabilidad (C)

Sifel Rail - Post test													
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Confiabilidad						Código: SIFEL-ML2-006			
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 02			
										Fecha: 08/2021 - 09/2021 - 10/2021			
Item	Fallo	Semana								e	Tiempo de ciclo (T) (min)	Tiempo promedio entre fallos (MTBF) (min)	Confiabilidad (C)
		Agosto		Setiembre				Octubre					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Falso contacto de conmutadores	✓			✓					2.718	192	1423	87%
2	Desviación del perfil de aluminio	✓		✓						2.718	192	1280	86%
3	Corte del sustentador en el punto de unión	✓								2.718	192	2848	93%
4	Corte de cable sustentador sin arrollamiento	✓								2.718	192	2790	93%
5	Altas variaciones de la fuerza de contacto		✓							2.718	192	2820	93%
6	Rotura de aislador de barra		✓							2.718	192	2817	93%
7	Rotura de aislador de punto fijo			✓						2.718	192	2822	93%
8	Mal ángulo de inclinación			✓						2.718	192	2868	94%
9	Generación de arcos eléctricos				✓					2.718	192	2760	93%
10	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓				✓	2.718	192	1380	87%
11	Rotura de aislador de campana					✓				2.718	192	2788	93%
12	Rotura de descargador					✓				2.718	192	2876	94%
13	Caída de cable de acero de punto fijo					✓				2.718	192	2849	93%
14	Rotura de tirante						✓			2.718	192	2855	93%
15	Desviación del hilo de contacto						✓			2.718	192	2820	93%
16	Corte de hilo de contacto							✓		2.718	192	2760	93%
17	Rotura de aislador de sección							✓		2.718	192	2787	93%
18	Desgaste del hilo de contacto								✓	2.718	192	2829	93%
19	Mal dimensionamiento de pernos								✓	2.718	192	2869	94%
Total de fallos por semana		4	2	3	3	3	2	2	3	2.718	3648	49241	92%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13


Tabla 51. Post test de costo total de los fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)

Sifel Rail - Post test															
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana		Costos								Código: SIFEL-ML2-007					
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 03					
										Fecha: 08/2021 - 09/2021 - 10/2021					
Item	Motivo de Fallo	Semana								Costo de materiales directos (S/)	Costo de mano de obra directa (S/)	Costos indirectos (S/)	Costo total de los fallos (S/)	Costo total del mantenimiento (S/)	Costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM)
		Agosto		Setiembre				Octubre							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8						
1	De los conmutadores, se da porque no se utiliza de manera continua.	✓			✓					700	420	200	1320	12860	10%
2	La desviación del perfil de aluminio se da por la fuerza y vibración del tren eléctrico.	✓		✓						600	400	200	1200	12860	9%
3	Surge esta falla por consecuencia de la caída de aislador, se desajusta el cable de acero.	✓								300	220	60	580	12860	5%
4	Se da por falta de cables de unión de la suficiente sección y número entre el sustentador y los hilos de contacto, es decir utilización de péndolas no equipotenciales.	✓								120	100	60	280	12860	2%
5	Se da por que no existe un control en el sistema de energización		✓							100	200	100	400	12860	3%
6	Se da por la fuerza en que pasa el pantógrafo y logra romper el aislador del conjunto atirantado.		✓							220	100	100	420	12860	3%
7	Se da por la fuerza de ajuste del punto fijo.			✓						220	60	20	300	12860	2%
8	El mal ángulo de inclinación se da por una mala inspección con el pantógrafo manual.			✓						40	40	40	120	12860	1%
9	Se da por que el pantógrafo y el perfil de aluminio no están alineados con sus respectivos parámetros.				✓					500	200	150	850	12860	7%
10	El desgaste del pantógrafo se da por la mala posición y ubicación del mismo.				✓			✓		440	120	40	600	12860	5%
11	Se da por que el aislador ha bajado de su posición inicial.					✓				355	60	50	465	12860	4%
12	La rotura de descargadores se da por la fuerza y presión que tiene el tren eléctrico.					✓				120	80	110	310	12860	2%
13	Surge esta falla por consecuencia de la caída de aislador, se desajusta el cable de acero.					✓				120	40	20	180	12860	1%
14	Se da por la fuerza que ejerce el tren al soporte de catenaria.						✓			120	80	40	240	12860	2%
15	La desviación del hilo de contacto se da por una mala toma de parámetros en el hilo de contacto.						✓			670	120	120	910	12860	7%
16	Se da por la fuerza en que pasa el pantógrafo.							✓		1500	100	200	1800	12860	14%
17	Se rompen porque no hay un uso continuo del mismo.							✓		670	120	120	910	12860	7%
18	Se da por que el pantógrafo y el perfil de aluminio no están alineados con sus respectivos parámetros.							✓		350	210	100	660	12860	5%
19	Se da por los constantes movimientos que tiene los soportes de la catenaria.							✓		160	80	60	300	12860	2%
Total de fallos por semana		4	2	3	3	3	2	2	3	Total			11845	244340	5%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14

Tabla 52. Post test de tiempo medio de reparación (MTTR)

 Sifel Rail - Post test												
Elaborado por: Huaranga Galván Alexis y Montalvan Conislla Adriana				Tiempos de reparación						Código: SIFEL-ML2-008		
Revisado por: Carrión Nin, José Luis										Versión: 04		
										Fecha: 08/2021 - 09/2021 - 10/2021		
Item	Fallo	Semana								Numero de horas de para por averia (min)	Numero de averias (NA)	Tiempo medio de reparación (MTTR)
		Agosto		Setiembre				Octubre				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8			
1	Falso contacto de conmutadores	✓			✓					34	2	17
2	Desviación del perfil de aluminio	✓		✓						320	2	160
3	Corte del sustentador en el punto de unión	✓								32	1	32
4	Corte de cable sustentador sin arrollamiento	✓								90	1	90
5	Altas variaciones de la fuerza de contacto		✓							60	1	60
6	Rotura de aislador de barra		✓							63	1	63
7	Rotura de aislador de punto fijo			✓						58	1	58
8	Mal ángulo de inclinación			✓						12	1	12
9	Generación de arcos eléctricos				✓					120	1	120
10	Desgaste excesivo del pantógrafo				✓				✓	120	2	60
11	Rotura de aislador de campana					✓				92	1	92
12	Rotura de descargador					✓				4	1	4
13	Caída de cable de acero de punto fijo					✓				31	1	31
14	Rotura de tirante						✓			25	1	25
15	Desviación del hilo de contacto						✓			60	1	60
16	Corte de hilo de contacto							✓		120	1	120
17	Rotura de aislador de sección							✓		93	1	93
18	Desgaste del hilo de contacto								✓	51	1	51
19	Mal dimensionamiento de pernos								✓	11	1	11
Total de fallos por semana		4	2	3	3	3	2	2	3	1396	22	1159

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15

Tabla 53. *Análisis de criticidad de los componentes de la catenaria rígida*

Item	Código	Numero de fallos	Costo total	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto en la seguridad humana y ambiente	Frecuencia de ocurrencia	Consecuencia	Criticidad total
1	HC - 001	9	S/ 10,750.00	9	3	4	3	5	34	170
2	CE - 002	2	S/ 1,320.00	9	4	2	7	1	45	45
3	SUS - 006	3	S/ 900.00	1	2	1	3	2	6	12
4	PA - 007	4	S/ 1,440.00	9	4	2	3	2	41	82
5	AS - 009	3	S/ 1,820.00	9	4	2	5	2	43	86
6	PF - 010	3	S/ 540.00	5	2	1	3	2	14	28
7	DES - 013	4	S/ 360.00	7	2	1	3	2	18	36
8	CON - 014	4	S/ 960.00	7	2	1	3	2	18	36
9	AC - 018	3	S/ 1,395.00	7	3	2	5	2	28	56
10	APF - 019	2	S/ 600.00	5	2	1	3	1	14	14
11	AB - 020	2	S/ 840.00	5	2	1	3	1	14	14
12	PU - 021	2	S/ 860.00	5	2	1	3	1	14	14
13	PAN - 023	5	S/ 4,750.00	9	4	2	3	3	41	123
14	TIR - 024	4	S/ 960.00	5	4	1	3	2	24	48

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16

Tabla 54. Hoja de información RCM del hilo de contacto de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: HILO DE CONTACTO				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
HC-001	Captar energía en la línea aérea, cuando entra en contacto con el pantógrafo, dándose así la electrificación del sistema de catenaria rígida	A	Corte de hilo de contacto	1	Mala ejecución del empalme del hilo de contacto	Requiere cambio de hilo de contacto, ya que el tren eléctrico menora su velocidad.
				2	Bajada inesperado del pantógrafo	Requiere cambio de hilo de contacto, ya que existe una fuerza por parte del pantógrafo y el tren eléctrico menora su velocidad.
		B	Desgaste de hilo de contacto	1	Mala medición de altura del hilo de contacto	Surge una desviación entre el hilo de contacto y el pantógrafo.
		C	Desviación del hilo de contacto	1	Mal descentramiento con respecto al eje de la vía	Tren eléctrico baja su velocidad durante la operación.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17

Tabla 55. Hoja de información RCM de conexiones eléctricas de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: CONEXIONES ELÉCTRICAS				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
CE - 002	Proceso que permite el abastecimiento continuo de energía.	A	Generación de arcos eléctricos	1	Perdida de contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto	Desgaste muy prematuro de los sistemas

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18

Tabla 56. Hoja de información RCM de suspensiones de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021
		SUBSISTEMA: SUSPENSIONES			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	
SUS - 006	Instala la catenaria, de tal forma que quede centrado el perfil laminado con el eje de la vía.	A Mal dimensionamiento de pernos	1	Esfuerzos elevados anormales	Se procedé a realizar el levantamiento de observaciones y surge una demora en el sistema, como también surge un desgaste de pernos.
			2	Vibración del propio sistema	Se procedé a realizar el levantamiento de observaciones y surge una demora en el sistema, como también surge un desgaste de pernos.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19

Tabla 57. Hoja de información RCM de perfil aluminio de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: PERFIL DE ALUMINIO				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
PA - 007	Permite la sustentación del hilo de contacto, mediante su rigidez y garantiza su horizontalidad del hilo.	A	Desviación del perfil de aluminio	1	Falta de conocimiento por parte del personal encargado.	Produce un desgaste al hilo de contacto.
		B	Mal ángulo de inclinación	1	Alta vibración por fuerza ante la presión del hilo de contacto y el perfil de aluminio	Produce el corte del hilo de contacto.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20

Tabla 58. Hoja de información RCM del aislador de sección de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: AISLADOR DE SECCIÓN				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
AS-009	Corta la continuidad de energía en la catenaria rígida	A	Rotura de aislador de sección	1	Aplicación de un esfuerzo mucho mayor al máximo, para lo cual han sido diseñadas.	Sustituir el aislador de sección, perdiendo horas durante la operación
				2	Esfuerzos mecánicos en los aisladores de sección con una mala inclinación.	Sustituir el aislador de sección, perdiendo horas durante la operación

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21

Tabla 59. Hoja de información RCM del punto fijo de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: PUNTO FIJO				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
PF - 010	Impide el movimiento de barras ya sea por arrastre o dilatación	A	Caída de cable de acero de punto fijo	1	Fuerza de contacto entre el perfil de aluminio y el hilo de contacto	Sustitución del cable de acero, la cual surge una demora en el tránsito de trenes.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22

Tabla 60. Hoja de información RCM de los descargadores de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021	
		SUBSISTEMA: DESCARGADORES				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
DES-013	Es un elemento de protección que va conectado al carril para la protección de puentes	A	Rotura de descargador	1	Sobrecarga de corriente	Parada del sistema por la descarga eléctrica

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23

Tabla 61. Hoja de información RCM de los conmutadores de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA:	
		SUBSISTEMA: CONMUTADORES			09/08/2021 - 11/08/2021	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	
CON-014	Energiza y desenergiza por medio de los aisladores de sección	A	Falso contacto de conmutadores	1	Mala limpieza de conmutadores	Fugas de corriente durante la operación

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24

Tabla 62. Hoja de información RCM del aislador de campana de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA:	
		SUBSISTEMA: AISLADOR DE CAMPANA			09/08/2021 - 11/08/2021	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	
AC-018	Permite el libre movimiento de la catenaria sin esfuerzos adicionales ni rozamientos.	A	Rotura de aislador de campana	1	Por la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y pantógrafo	Descentramiento del hilo de contacto

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25

Tabla 63. Hoja de información RCM del aislador de campana de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021
		SUBSISTEMA: AISLADOR DE CAMPANA			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	
AC-018	Permite el libre movimiento de la catenaria sin esfuerzos adicionales ni rozamientos.	A Rotura de aislador de campana	1 Por la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y pantografo	Descentramiento del hilo de contacto	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26

Tabla 64. Hoja de información RCM del aislador de barra de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021
		SUBSISTEMA: AISLADOR DE BARRA			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	
AB-020	Es útil para cruzamientos y voladizos en estaciones.	A Rotura de aislador de barra	1 Por la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y pantografo	Descentramiento del hilo de contacto	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27

Tabla 65. Hoja de información RCM del punto de unión de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA: 09/08/2021 - 11/08/2021
		SUBSISTEMA: PUNTO DE UNIÓN			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	
PU - 021	Conecta aquellos perfiles de aluminio en la catenaria rígida	A Corte del sustentador en el punto de unión	1 Colocación defectuosa del sustentador	Sustituir el sustentador, demora en el transito de trenes	
		B Corte de cable sustentador sin arrollamiento	1 Gran cantidad de fuerza por el contacto	Sustituir el sustentador, demora en el transito de trenes	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28

Tabla 66. Hoja de información RCM del pantógrafo de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA:	
		SUBSISTEMA: PANTÓGRAFO			09/08/2021 11/08/2021	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	
PAN-023	Suministra energía eléctrica	A	Altas vibraciones u oscilaciones al paso del pantógrafo	1	Mucha presión de contacto durante la operación	Demora en la operación
		B	Desviación de las mesillas del pantógrafo	1	Mala colocación de las mesillas en el pantógrafo	Demora en la operación
		C	Desgaste excesivo del pantógrafo	1	Mala ubicación del pantógrafo en el tren eléctrico	Demora en la operación
		D	Altas variaciones de la fuerza de contacto	1	Falta de pruebas en las variaciones	Demora en la operación

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29

Tabla 67. Hoja de información RCM del pantógrafo de la catenaria rígida

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: CATENARIA RÍGIDA			FECHA:	
		SUBSISTEMA: TIRANTE			09/08/2021 11/08/2021	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	
TIR-024	Permite el ajuste y desajuste para un buen descentramiento del hilo de contacto	A	Rotura de tirante	1	Ajuste forzado manualmente	Existe demora en la operación

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30

Tabla 68. Hoja de decisión RCM del hilo de contacto de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA										SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			CATENARIA RÍGIDA										CR		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
			ITEM	FF	MF	H				S	E	O			
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificación de los empalmes que se da en el hilo de contacto.	Semestral	Personal Técnico de Mantenimiento
		2	N				S						Verificación de la colocación correcta del pantógrafo.	Trimestral	Productivo
	B	1	N				S					Verificar mediante un pantógrafo manual la altura en la que se encuentra el hilo de contacto.	Semestral	Operario de Mantenimiento	
	C	1	N				S					Verificar mediante un pantógrafo manual el descentramiento con respecto al eje de la vía.	Semestral	Operario de Mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 31

Tabla 69. Hoja de decisión RCM de las conexiones eléctricas de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA						SISTEMA:			FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021			
			CATENARIA RIGÍDA						CR						
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1S1O1N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
			H	S	E	O				H4	H5	S4			
ITEM	FF	MF	H	S	E	O									
2	A	1	S	N	N	S	S						Verificación de las conexiones eléctricas del contacto entre el hilo de contacto y pantógrafo	Trimestral	Personal Técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 32

Tabla 70. Hoja de decisión RCM de las suspensiones de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA										SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			CATENARIA RÍGIDA										CR		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
			ITEM	FF	MF	H				S	E	O			
3	A	1	N				S						Verificación alterna del estado de los pernos	Semestral	Productivo
		2	N				S						Verificación de un buen ajuste, quedando 3 hilos fuera de la tuerca, ante cualquier vibración.	Semestral	Productivo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 33

Tabla 71. Hoja de decisión RCM del perfil de aluminio de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA CATENARIA RÍGIDA										SISTEMA: CR	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			SUBSISTEMA PERFIL DE ALUMINIO										SUB SISTEMA: PA-007		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4			
4	A	1	S	N	N	S	S						Capacitación y verificación al personal sobre el correcto montaje del perfil de aluminio que tiene relación con sus dimensiones	Anual	Personal técnico de mantenimiento
	B	1	S	N	N	S	S						Verificación del descentramiento entre el hilo de contacto y el eje de la vía.	Semestral	Productivo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 34

Tabla 72. Hoja de decisión RCM del aislador de sección de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA CATENARIA RÍGIDA										SISTEMA: CR	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			SUBSISTEMA AISLADOR DE SECCIÓN										SUB SISTEMA: AS-009		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4			
5	A	1	S	N	N	S	S						Verificación de la fuerza que se da entre el perfil de aluminio y el aislador de sección.	Semestral	Personal técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	S						Verificación del aislador y su ángulo en que se encuentra.	Semestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 35

Tabla 73. Hoja de decisión RCM del punto fijo de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA						CATENARIA RÍGIDA			SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021		
			SUBSISTEMA						PUNTO FIJO			SUB SISTEMA:			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
6	A	1	N				S					Verificación de la fuerza de contacto que se da entre el hilo de contacto y perfil de aluminio, verificación que cuente con las dimensiones correctas.	Semestral	Personal técnico de mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36

Tabla 74. Hoja de decisión RCM de los descargadores de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA										SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			CATENARIA RÍGIDA										CR		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O									
7	A	1	S	S			S						Verificación de la ausencia de una sobrecarga, en el descargador.	Trimestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 37

Tabla 75. Hoja de decisión RCM de los conmutadores de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA										SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021		
			CATENARIA RIGÍDA										CR			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR	
			H	S	E	O				H4	H5	S4				
ITEM	FF	MF														
8	A	1	S	N	N	S	S							Inspección de una correcta limpieza.	Anual	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 38

Tabla 76. Hoja de decisión RCM del aislador de campana de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA						CATENARIA RIGÍDA			SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021		
			SUBSISTEMA						AISLADOR DE CAMPANA			SUB SISTEMA:			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
9	A	1	S	N	N	S	S						Verificación del descentramiento del hilo de contacto para evitar una fuerza mayor entre el perfil de aluminio y hilo de contacto	Semestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 39

Tabla 77. Hoja de decisión RCM del aislador de punto fijo de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							CATENARIA RIGÍDA			SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			SUBSISTEMA							AISLADOR DE PUNTO FIJO			SUB SISTEMA:		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S101 N1	H2 S202 N2	H3 S303 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
10	A	1	S	N	N	S	S						Verificación del descentramiento del hilo de contacto para evitar una fuerza mayor entre el perfil de aluminio y hilo de contacto	Semestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 40

Tabla 78. Hoja de decisión RCM del aislador de barra de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							CATENARIA RIGÍDA			SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			SUBSISTEMA							AISLADOR DE BARRA			SUB SISTEMA:		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S101 N1	H2 S202 N2	H3 S303 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
11	A	1	S	N	N	S	S						Verificación del descentramiento del hilo de contacto para evitar una fuerza mayor entre el perfil de aluminio y hilo de contacto	Semestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 41

Tabla 79. Hoja de decisión RCM del punto de unión de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA											SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021
			CATENARIA RIGÍDA											CR	
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			SUBSISTEMA											SUB SISTEMA:	A REALIZARSE POR
			PUNTO DE UNIÓN											AC-018	
ITEM	FF	MF	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S101 N1	H2 S202 N2	H3 S303 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	
			H	S	E	O				H4	H5	S4			
12	A	1	S	N	N	S	S						Verificación de la colocación correcta del sustentador, capacitación al personal técnico de mantenimiento.	Semestral	Personal técnico de mantenimiento
	B	1	N				S						Verificación del descentramiento del hilo de contacto para evitar una fuerza mayor entre el perfil de aluminio y hilo de contacto	Semestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 42

Tabla 80. Hoja de decisión RCM del pantógrafo de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA CATENARIA RÍGIDA										SISTEMA: CR	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021	
			SUBSISTEMA PANTÓGRAFO										SUB SISTEMA: AC-018		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1O1 N1	H2 S2O2 N2	H3 S3O3 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
ITEM	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
13	A	1	N				S						Verificación del contacto directo entre el pantógrafo y el hilo de contacto.	Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
	B	1	N				S						Verificación de la colocación correcta de las mesillas del pantógrafo, antes de ser montado en el tren eléctrico.	Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
	C	1	S	N	N	S	S						Verificación del montaje del pantógrafo a las medidas exactas.	Trimestral	Personal técnico de mantenimiento
	D	1	N				S						Verificación en las variaciones, teniendo las medidas exactas del recorrido del tren eléctrico.	Trimestral	Personal técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 43

Tabla 81. Hoja de decisión RCM del tirante de la catenaria rígida

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA										SISTEMA:	FECHA: 12/08/2021 - 14/08/2021				
			CATENARIA RIGÍDA										CR					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS							H1 S101 N1	H2 S202 N2	H3 S303 N3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
			ITEM	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4			
14	A	1	N					S						Verificación dada por una medida exacta con respecto al descentramiento del hilo de contacto.	Trimestral	Productivo		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 44

Tabla 82. Cronograma de actividades

Nº	Actividades	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	
1	Definición de tema y redacción de título	■																																				
2	Planteamiento de matriz de consistencia		■																																			
3	Planteamiento de matriz de operacionalización			■																																		
4	Redacción de introducción		■	■																																		
5	Redacción del marco teórico				■																																	
6	Redacción de la metodología (tipo y diseño de investigación)					■																																
7	Inspección y toma de fotografías en la catenaria rígida						■	■																														
8	Redacción de población, muestra y muestreo								■																													
9	Elección de técnicas e instrumentos de recolección de datos a utilizar									■																												
10	Redacción Procedimientos, método de análisis de Datos y aspectos éticos										■																											
11	Redacción de aspectos administrativos											■																										
12	Redacción de referencias												■																									
13	Presentación del primer avance de tesis													■																								
14	Validación de primer avance tesis														■	■																						
15	Sustentación de primer avance de tesis															■	■	■																				
16	Recolección de datos pre test																																					
17	Implementación de la mejora con la metodología del RCM																																					
18	Recolección de datos post test																																					
19	Resultados - Análisis descriptivo / Análisis inferencial																																					
20	Redacción de conclusiones y recomendaciones																																					
21	Verificación turmitin																																					
22	Asesor revisa producto final																																					
23	Jurado revisa producto final																																					
24	Sustentación de tesis																																					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 45

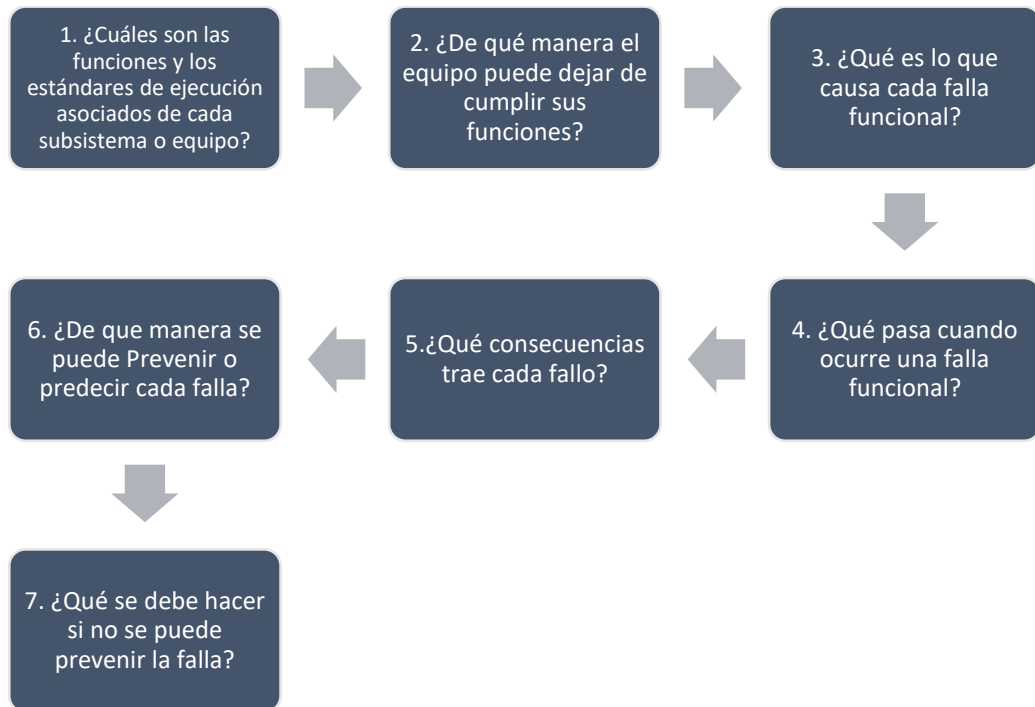


Figura 6. Las 7 preguntas que se deben de usar al implementar el RCM.

Anexo 46

Certificado de validez de contenido del instrumento por el primer validador

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE Y FALLOS EN LA CATENARIA RÍGIDA		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE:	RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Tiempo promedio entre fallos $MTBF = \frac{TTT - TA}{NF}$	Leyenda: MTBF = Tiempo promedio entre fallos TTT = Tiempo total de trabajo TA = Tiempo de avería NF = Número de fallos	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Confiabilidad $C = e^{-\left(\frac{T}{MTBF}\right)^e} \times 100$	Leyenda: C = Confiabilidad e = 2.718 T = Tiempo de ciclo MTBF = Tiempo promedio entre fallos	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE:	FALLOS EN LA CATENARIA RÍGIDA	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Costos $CTFCTM = \left(\frac{CTF}{CTM}\right) \times 100$	Leyenda: CTFCTM = Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento CTF = Costo total de los fallos CTM = Costo total de mantenimiento	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Tiempos de reparación $MTTR = \frac{CHA}{NA}$	Leyenda: MTTR = Tiempo medio de reparación CHA = Cantidad de horas por avería NA = Número de averías	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable


Apellidos y nombres del juez validador: **Cerna Garnique, Betsy**
DNI: 41848703

Especialidad del validador: **Ing. Industrial**

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

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

29 de noviembre del 2021




 Firma del Experto Informante.

Figura 7. La figura representa la matriz de operacionalización validada.

Anexo 47

Certificado de validez de contenido del instrumento por el segundo validador



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE Y FALLOS EN LA CATENARIA RIGIDA

VARIABLE / DIMENSIÓN	RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
VARIABLE INDEPENDIENTE:								
Dimension 1: Tiempo promedio entre fallos $MTBF = \frac{TTT - TA}{NF}$	Leyenda: MTBF = Tiempo promedio entre fallos TTT = Tiempo total de trabajo TA = Tiempo de avería NF = Número de fallos	✓		✓		✓		
Dimension 2: Confiabilidad $C = e^{-(\lambda/T)} \times 100$	Leyenda: C = Confiabilidad g = 2.718 T = Tiempo de ciclo MTBF = Tiempo promedio entre fallos	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE:	FALLOS EN LA CATENARIA RIGIDA	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimension 1: Costos $CTFCTM = \left(\frac{CTF}{CTM}\right) \times 100$	Leyenda: CTFCTM = Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento CTF = Costo total de los fallos CTM = Costo total de mantenimiento	✓		✓		✓		
Dimension 2: Tiempos de reparación $MTTR = \frac{CHA}{NA}$	Leyenda: MTTR = Tiempo medio de reparación CHA = Cantidad de horas por avería NA = Número de averías	✓		✓		✓		

Observaciones (precisarsi hay suficiencia): _____ -SI HAY SUFICIENCIA _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: Mgt. Conde Rosas, Roberto Carlos

DNI: 09447944


Especialidad del validador: Magister en Dirección de Operaciones y Logística

¹Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

...18...de...octubre...del2021



.....


Firma del Experto Informante.

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

Figura 8. Matriz de operacionalización validada.

Anexo 48

Certificado de validez de contenido del instrumento por el tercer validador



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE Y FALLOS EN LA CATENARIA RÍGIDA

VARIABLE / DIMENSION		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE:	RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Tiempo promedio entre fallos $MTRF = \frac{TTT - TA}{NF}$	Leyenda: MTBF = Tiempo promedio entre fallos TTT = Tiempo total de trabajo TA = Tiempo de avería NF = Numero de fallos	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Confiabilidad $c = e^{-\left(\frac{1}{MTBF}\right) K 100}$	Leyenda: C = Confiabilidad e = 2.718 T = Tiempo de ciclo MTBF = Tiempo promedio entre fallos	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE:	FALLOS EN LA CATENARIA RÍGIDA	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Costos $CTFCTM = \left(\frac{CTF}{CTM}\right) \times 100$	Leyenda: CTFCTM = Costo total de los fallos con respecto al Costo total de mantenimiento CTF = Costo total de los fallos CTM = Costo total de mantenimiento	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Tiempos de reparación $MTRR = \frac{CHA}{NA}$	Leyenda: MTRR = Tiempo medio de reparación CHA = Cantidad de horas por avería NA = Numero de averías	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

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


Apellidos y nombres del juez validador: Dr. Carrión Njn, José Luis DNI: 07444710

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial/Economista/Magister en Costos y Presupuestos/Magister en Administración/Doctor en Administración

1Pertinencia: El indicador corresponde al conceptoteórico formulado. ...24...de...octubre...del 2021

2relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

3Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.


 Dr. Ing. José Luis Carrión Njin
 Reg. C.O.P. 00013 - Reg. C.O.L. 2489

Firma del Experto Informante

Figura 9. Matriz de operacionalización validada.

Anexo 49

Constancia de Autorización para la recolección de datos



CONSTANCIA

Lima Perú a 18 de mayo de 2021

A quien corresponda:

El Gerente general de la empresa Sifel Rail SAC hace constar que los alumnos: Alexis Mauri, Huaranga Galván y Adriana Isabel, Montalvan Conislla identificados con DNI: 70036701, DNI: 75371268, estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo en la modalidad pregrado cuentan con nuestra autorización para poder hacer la recolección de datos e identificar las fallas que se encuentre en la catenaria rígida, que se darán en los meses de junio, agosto y octubre.

Se extiende la presente para los fines que la interesada juzgue convenientes.

Atentamente



Erick J Pérez Segovia
Gerente General
Cel. +51 940 928 292
erick.perez@sifelrail.com
www.sifelrail.com

Figura 10. Constancia de Autorización para la recolección de datos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HUARANGA GALVAN ALEXIS MAURI, MONTALVAN CONISLLA ADRIANA ISABEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE PARA REDUCIR LOS FALLOS EN LA CATENARIA RÍGIDA DE LA EMPRESA SIFEL RAIL - LIMA, 2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
MONTALVAN CONISLLA ADRIANA ISABEL DNI: 75371268 ORCID 0000-0002-2875-4301	Firmado digitalmente por: AMONTALVANCO el 02-12-2021 23:03:09
HUARANGA GALVAN ALEXIS MAURI DNI: 70036701 ORCID 0000-0002-0693-909X	Firmado digitalmente por: AHUARANGAG el 02-12-2021 23:02:38

Código documento Trilce: INV - 0579986