



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Implementación de la metodología (TPM) para incrementar la
productividad en el Suministro de Aire Comprimido de la empresa
SIMA, CALLAO 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Industrial

AUTORA:

Huiman Yangali, Stephany del Carmen (ORCID: 0000-0002-4097-4542)

ASESOR:

Mg. Paz Campaña, Augusto Edward (ORCID 0000-0001-9751-1365)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios y a mi Señor de los Milagros por las fuerzas que me dan y cuidar a mi principal motivación, mis padres y hermanos.

A mi hermosa madre por su fuerza y amor, a mi padre por su dedicación y guía, a mis hermanos por tomarme de ejemplo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Augusto Paz Campaña y a mi amigo Deivid Jones por apoyarme y ayudarme en el desarrollo de mi tesis en cuanto a cada pregunta que surgía de mí

Mi eterno agradecimiento a mis padres por tanto apoyo, confianza y amor, los amo.

Índice de contenidos

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	21
III. METODOLOGÍA	40
3.1. Tipo y diseño de Investigación:	41
3.2. Variables y Operacionalización	43
3.3. Población, muestra y muestreo	46
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.5. Procedimientos	50
3.6. Método de análisis de datos.	140
3.7. Aspectos Éticos.	141
IV. RESULTADOS	143
V. DISCUSIÓN	161
VI. CONCLUSIONES.....	163
VII. RECOMENDACIONES.....	165
REFERENCIAS.....	166
ANEXOS	170

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Validez de los Instrumentos por juicio de expertos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 2. Potencia máxima por compresor de aire</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 3. Red de Tuberías de Sistema de aire comprimido.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 4. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (a) por fechas.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 5. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (b) por fechas.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 5. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-ene.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 6. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (c) por fechas.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 7. Toma de tiempos del mes de noviembre-enero Pre-Test 2020 (d) por fechas.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 7. Toma de tiempos del mes de noviembre-enero Pre-Test 2020 (d) por fechas.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 8. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020 – enero 2021 Pre-Test por máquina</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 8. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020 – enero 2021 Pre-Test por máquina</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 9. Resultado de productividad inicial – pre test</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 10. Evaluación de alternativas de solución.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 11. Cronograma de Ejecución del TPM.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 12. Horas propuestas de operación anual.....</i>	<i>103</i>
<i>13. Base ompresores</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 13. Base de datos de fallas en compresores de aire TPM.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 14. Formato de Inspección Compresora ISHIKAWAJIMA.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 15. Formato de Inspección Compresora CHICAGO.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 17. Hoja de Inspección Compresora KAESSER.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 18. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (a) por semanas.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 19. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (b) por semanas.....</i>	<i>125</i>

<i>Tabla 19. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (b) por semanas.....</i>	125
<i>Tabla 20. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (c) por semanas.....</i>	126
<i>Tabla 20. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (c)</i>	127
<i>Tabla 21. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (d) por semanas.....</i>	127
<i>Tabla 21. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (d) por semanas.....</i>	128
<i>Tabla 22. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test por maquinas.....</i>	128
<i>Tabla 23. Cuadro comparativo de Productividad entre Pre y Post-Test.....</i>	129
<i>Tabla 24. Consumo de energía actual y propuesto</i>	134
<i>Tabla 25. Recursos de implementación TPM.....</i>	135
<i>Tabla 26. Cuadro económico-financiero.....</i>	136
<i>Tabla 26. Cuadro económico-financiero.....</i>	137
<i>Tabla 27. Comparativa de Productividad en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)</i>	143
<i>Tabla 28. Comparativa de Eficiencia en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)</i>	146
<i>Tabla 29. Comparativa de Eficacia en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)</i>	148
<i>Tabla 30. Estadígrafos idóneos según pruebas de normalidad.....</i>	152
<i>Tabla 31. Prueba de normalidad de hipótesis general con la prueba Wilcoxon</i>	153
<i>Tabla 32. Comparación de medias de la productividad inicial y actual.....</i>	154
<i>Tabla 33. Análisis de la significancia de la hipótesis general</i>	154
<i>Tabla 34. Prueba de normalidad de la primera Hipótesis específica</i>	155
<i>Tabla 35. Comparación de medias de la eficiencia inicial y actual.....</i>	157
<i>Tabla 36. Análisis de la significancia de la primera hipótesis específica</i>	157
<i>Tabla 37. Prueba de normalidad de la primera Hipótesis específica</i>	158
<i>Tabla 38. Comparación de medias de la eficacia inicial y actual.....</i>	159
<i>Tabla 39. Análisis de la significancia de la primera hipótesis específica</i>	160

Índice de Figuras

<i>Figura 1. PBI y PBI per cápita en países de Latinoamérica (crecimiento de la productividad).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. PBI por sectores, junio 2021</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3. Ciclo de vida de un equipo</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Significado de las siglas del TPM.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5. Pilar 2 del TPM, Resumen de los principios básicos 5S.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6. Los 8 Pilares del TPM</i>	<i>37</i>
<i>Figura 7. Esquema de Comparación de pre test y post test.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 8. Mapa de ubicación de la empresa SIMA – CALLAO.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 9. Sistema de suministro de aire comprimido</i>	<i>54</i>
<i>Figura 10. Generación de aire comprimido, suministro y demanda.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 11. Compresor 001 – 021, Chicago Pneumatic.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 12. Compresor 047-024 SULLAIR.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 13. Compresor 041-024 SULLAIR.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 14. Compresor 014-024 IHI.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 15. Compresor 015-024 IHI.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 16. Compresor 016-024 IHI.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 17. Compresor Kaeser 070-024 (vista frontal)</i>	<i>61</i>
<i>Figura 18. Compresor Kaeser 070-024 (vista trasera)</i>	<i>61</i>
<i>Figura 19. Torre de Enfriamiento de sala N°2</i>	<i>62</i>
<i>Figura 20. Torre de Enfriamiento de sala N°1</i>	<i>62</i>
<i>Figura 21. Válvulas seccionadoras rotas de aire comprimido</i>	<i>64</i>
<i>Figura 22. Tomas de aire comprimido en malas condiciones.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 23. Tuberías de aire comprimido en malas condiciones.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 24. Manifolds de aire comprimido en malas condiciones</i>	<i>66</i>
<i>Figura 25. Valvulas de anclaje deterioradas.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 26. Tanques de aire Comprimido - Sala N°1 y N°3.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 27. Tanque de aire comprido - Sala N°2</i>	<i>67</i>
<i>Figura 28. Tomas de aire comprimido en malas condiciones.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 29. Diagrama de Operaciones de suministro de aire comprimido.</i>	<i>69</i>

<i>Figura 30. Pre-Test de MTBF por semana</i>	77
<i>Figura 31. Pre-Test de MTBF por semana</i>	77
<i>Figura 32. Pre-Test de MTTR por semana</i>	78
<i>Figura 33. Pre-Test de MTTR por máquina</i>	79
<i>Figura 34. Pre-Test de Confiabilidad por maquina</i>	80
<i>Figura 35. Pre-Test de Confiabilidad por máquina</i>	81
<i>Figura 36. Pre-Test de Disponibilidad por semana</i>	81
<i>Figura 37. Pre-Test de Disponibilidad por máquina</i>	82
<i>Figura 38. Plan de implementación del TPM</i>	85
<i>Figura 39. Presentación de la herramienta TPM</i>	91
<i>Figura 40. Estructura de la organización del comité de TPM</i>	93
<i>Figura 41. Nuevo Formato de registro de reporte de falla</i>	97
<i>Figura 42. Formato de registro de operatividad de compresores</i>	98
<i>Figura 43. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario Chicago Pneumatic</i>	99
<i>Figura 44. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario 041 – 024 y 047-024</i>	100
<i>Figura 45. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario IHI 014-024, 015-024 Y 016-024</i>	101
<i>Figura 46. Costo de producción de compresora eléctrica estacionaria 070-024</i>	102
<i>Figura 47. Análisis Vibracional de Compresor 014-024</i>	106
<i>Figura 48. Análisis Vibracional de Compresor 014-024</i>	107
<i>Fuente: Elaboración del Sima Callao 2021</i>	
<i>Figura 49. Análisis Vibracional de Compresor 070 – 024 (UNIDAD A)</i>	107
<i>Figura 50. Análisis Vibracional de Compresor 070 – 024 (UNIDAD B)</i>	109
<i>Figura 51. Plan de mantenimiento de redes de aire comprimido</i>	Error!
Bookmark not defined.	
<i>Figura 52. Instructivos de actividades de plan de redes de aire comprimido</i>	112
<i>Figura 53. Plan de Capacitaciones</i>	118
<i>Figura 54. Capacitaciones de análisis de fallas</i>	119
<i>Figura 55. Capacitación de operatividad de Compresores</i>	120
<i>Figura 56. Capacitación de análisis vibracional</i>	121
<i>Figura 57. Capacitación operadores de los Compresores</i>	122

<i>Figura 58. Capacitación de Análisis de Falla.....</i>	122
<i>Figura 59. Cuadro comparativo de Productividad entre Pre y Post-Test.....</i>	130
<i>Figura 60. Disponibilidad Pre y Post-test por semana.....</i>	130
<i>Figura 61. Disponibilidad Pre y Post-test por maquina.....</i>	131
<i>Figura 62. Confiabilidad Pre y Post-test por semana</i>	132
<i>Figura 63. Confiabilidad Pre y Post-test por máquina</i>	132
<i>Figura 64. Histograma Frecuencias de pre – test de productividad</i>	144
<i>Figura 65. Histograma Frecuencias de post – test de productividad.....</i>	145
<i>Figura 66. Histograma Frecuencias de pre – test de la eficiencia</i>	147
<i>Figura 67. Histograma Frecuencias de post – test de la eficiencia</i>	148
<i>Figura 68. Histograma Frecuencias de pre – test de la eficacia.....</i>	150
<i>Figura 69. Histograma Frecuencias de post – test de la eficacia</i>	151

RESUMEN

En la empresa SIMA-CALLAO, dedicada al rubro de construcciones y reparaciones navales, se realizó el presente trabajo de investigación, el taller de gases industriales encargado del sistema de suministro de aire comprimido presenta bajos niveles en su productividad, a esto aplicaremos el TPM que tiene como objetivo principal, determinar de qué manera la implementación de dicha herramienta va mejorar el Suministro de Aire Comprimido para las principales actividades del astillero.

Con este fin, ¿De qué manera la aplicación de la herramienta TPM incrementará la productividad en el sistema de suministro de aire comprimido?, la metodología de estudio se aplica con un enfoque cuantitativo, diseño pre-experimental y un alcance longitudinal, la técnica empleada fue por compendio de datos a través de la observación para la validación de los instrumentos mediante el juicio de expertos, para el análisis de datos se utilizó el software de IBM SPSS Statitics 23.

Los hallazgos principales luego de implementar la mejora del sistema de suministro de aire comprimido son: La variación de la productividad tuvo un aumento del 20,75%. El valor de la significancia resulto menor que 0.05 siendo de 0.010 por las reglas de decisión se rechaza hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a). Quedando demostrado que la implementación de la herramienta TPM mejora la productividad del aire comprimido, mejora la eficiencia y la eficacia. Teniendo en conclusión que implementar esta herramienta se mejoró los puntos críticos de la empresa, se recomienda mantener la aplicación de la mejora y el seguimiento respectivo para seguir con los buenos resultados.

Palabras clave: TPM, productividad, eficiencia, eficacia y aire comprimido.

ABSTRACT

In the SIMA-CALLAO company, dedicated to the area of naval construction and repairs, the present research work was carried out, the industrial gases workshop in charge of the compressed air supply system presents low levels in its productivity, to this we will apply the TPM, whose main objective is to determine how the implementation of said tool will improve the Supply of Compressed Air for the main activities of the shipyard.

To this end, in what way will the application of the TPM tool increase productivity in the compressed air supply system? The study methodology is applied with a quantitative approach, pre-experimental design and a longitudinal scope, the technique used It was by data compendium through observation for the validation of the instruments through the judgment of experts, for the data analysis the IBM SPSS Statistics 23 software was used.

The main findings after implementing the improvement of the compressed air supply system are: The variation in productivity had an increase of 20.75%. The significance value was less than 0.05, being 0.010 by the decision rules, the null hypothesis (H_0) is rejected and the alternative hypothesis (H_a) is accepted. Proving that the implementation of the TPM tool improves the productivity of compressed air, improves efficiency and effectiveness. Taking in conclusion that implementing this tool improved the critical points of the company, it is recommended to maintain the application of the improvement and the respective follow-up to continue with the good results.

Keywords: TPM, productivity, efficiency, effectiveness and compressed air.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento de la productividad es el principal impulsor de las industrias, tomando como referencia los países industrializados y las que están en crecimiento, requieren elevar la productividad tanto en procesos y manejo de recursos, es por ello que constituye una variable fundamental que determina a largo plazo el desarrollo económico capaz de competir en cualquier mercado global.

“En América Latina, que está en crecimiento, se busca elevar la productividad, para ello es importante minimizar la brecha que existe entre las grandes economías del mundo”. (OECD, 2016). También Porter, nos dice: “que deben ser agresivos con el mercado y tener un corazón de competencia para mantenerse en la cabeza de sus rivales”.

Figura 1. PBI y PBI per cápita en países de Latinoamérica (crecimiento de la productividad)

País	2014		2019	
	PBI en US\$ miles de millones (PPP)	PBI per cápita en US\$ (PPP)	PBI en US\$ miles de millones (PPP)	PBI per cápita en US\$ (PPP)
Brasil	3,073	15,153	3,282	18,172
Argentina	927	22,101	1,008	22,715
Colombia	642	13,459	883	17,489
Venezuela	546	17,917	611	18,574
Perú	377	11,989	541	15,953
Chile	410	23,165	551	29,946
México	2,143	17,925	2,843	22,618

Fuente: FMI, *World economic database*.

En el cuadro se puede ver que hasta el año 2014 Brasil obtuvo un crecimiento del PBI per cápita de \$15,153 (miles de millones) en comparación con el resto de países, mientras que Perú obtuvo \$11,149 (miles de millones).

Se busca el desarrollo industrial y para ello se necesita métodos eficientes y comprobados para una mejor productividad, la industria metalmeccánica en Perú cumple un rol muy importante gracias a su contribución por la innovación y el valor agregado, este sector presento en el 2017, el 13,6% del total de valor agregado del sector manufactura y 1,7% del PBI de la economía peruana y fue incrementando hasta los diez primeros meses del 2018.

“Actualmente a nivel nacional, se puede evidenciar una reducción en el ritmo del crecimiento económico peruano, se atribuye este retroceso a las pocas inversiones y al poco consumo privado (este último ligado a las bajas tasas de empleo adecuado), pero pocos mencionan que la productividad es el factor clave del crecimiento económico.” (Centro de investigación de economía y negocios globales,2018), detallamos información actual del PBI por sectores a lo que va del 2021.

Figura 2. PBI por sectores, junio 2021



Fuente: Consejo privado de Competitividad.

En los sectores con mayor crecimiento respecto al de junio son alojamientos y restaurantes alojamiento y restaurantes (+225,9%), construcción (+90,7%) y transporte, almacenamiento, correo y mensajería (+62,5%). Por el contrario, los sectores que decrecieron o presentaron tasas bajas de crecimiento son: pesca (-37,7%), administración pública, defensa y otros (+5,4%) y telecomunicaciones y otros servicios de información (+6,0%).

La productividad y el Mantenimiento Productivo Total (TPM) irán de la mano para realizar este proyecto, esta metodología de mejora nos permitirá elevar la disponibilidad y confiabilidad de nuestra maquinaria y por ende nuestro Sistema de Red de Aire Comprimido, puesto que se aplicará conceptos como prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total del personal.

Cabe mencionar que las máquinas tienden a un desgaste natural, y a uno forzoso. Las actividades del TPM, se direccionan a minimizar los factores del desgaste forzoso, aumentando el interés y cuidado sobre el equipo y su sistema.

Así mismo, con dicha metodología se buscará que los operarios que forman parte de los procesos, brinden el detalle la situación vivencial actual del manejo de los equipos, ejecuten el mantenimiento de primer nivel en su cuidado, limpieza, lubricación, novedades que pueda presentar y así intervenir en un siguiente nivel de mantenimiento preventivo, determinando así las fases más importantes donde pueda presentar problemas a futuro y perjudique el buen funcionamiento y eficiencia de los equipos.

Por ello, la Empresa SIMA-CALLAO, siendo una empresa reconocida a nivel nacional e internacional, y contando con importantes intervenciones a nivel del estado y sectores privados, a través de sus actividades principales, el arenado y pintado de estructuras metálicas, busca elevar la operatividad continua del Sistema de aire comprimido, el cual en los últimos años ha tenido paradas de fallas muy constantes y de largo tiempo de reparación, impacto a grandes proyectos, esto a pesar de poseer planes programados pero no bien definidos.

El taller de Gases Industriales, es quien tiene a cargo esta vital función de suministrar el aire comprimido a través de todo su sistema, para llevar a cabo los trabajos a diario como: Tratamiento de superficies, operatividad de equipos especiales (compresores de aire, prensas y cizallas), maniobras de embarcaciones en diques, pruebas hidráulicas y neumáticas tanto en talleres y ensambles de trabajo.

Siendo este sistema el más importante es la que presenta más problemas actualmente por la antigüedad de sus compresores de aire, sistema de tomas de aire comprimido desactualizados y deteriorados, sistema de purgas manuales obsoletos, problemas en adquirir repuestos por antigüedad de sus equipos, alto costo en mantenimiento y repuestos, constante reporte de falla ocasionado retrasos en los trabajos generando altos costos de producción y mantenimiento y por lo tanto la baja productividad en la empresa.

A partir de ello, se elaboró un análisis de causa y efecto donde analizaremos las posibles causas presentadas que repercute en la productividad de la empresa y por tanto el cumplimiento de sus actividades vitales para sus proyectos.

En el diagrama de Ishikawa detallamos las problemáticas que viene causando problemas en el suministro de aire comprimido y por ende la baja productividad en la empresa. Para esto se utilizó en el diagrama las 6M para detallar cuáles son las causas más críticas que están generando estos inconvenientes en la empresa. (Ver anexo 1)

Para identificar dichas causas se elaboró una matriz de correlación (Ver anexo 2), donde se asignaron valores numéricos del 0 al 3, siendo 0 el valor con una nula correlación y 3 con un valor de una alta correlación, para identificar cuáles son las frecuencias de los problemas más recurrentes en el sistema de suministro de aire comprimido. Esta matriz nos proporciona data relevante para diagnosticar las causas que ocasionan la baja productividad en la empresa que fueron identificadas por las 6M. En relación, mediremos las causas en un diagrama de Pareto, para así identificar las causas principales que viene generando esta problemática.

En nuestro diagrama de Pareto (Ver anexo 3) podemos observar que la causa con mayor frecuencia es el P18 Plan de mantenimiento de red no existente con un porcentaje del 11% de los 21 puntos mostrados según nuestro diagrama de causa y efectos, continuamos con P16 Altos costos por mantenimiento, P1 Reporte de falla en línea y compresores de aire, P3 Antigüedad de línea y compresores de aire y P4 Reparación de línea y maquinarias prolongadas.

En este sentido, se detalla la tabla de estratificación donde agrupamos por departamentos para dar conocer con mayor facilidad donde se está presentando las causas con mayor grado de los departamentos. Para lo cual se tendrá en consideración tres departamentos, el departamento de proceso, departamento mantenimiento y departamento de gestión.

En relación, el gráfico de estratificación (Ver anexo 4) es el resultado de la suma total de las causas identificadas que fueron agrupadas por departamentos ya mencionados, identificamos que tiene el mayor grado de cantidad de causas en el Dpto. de mantenimiento, en adición, se tiene el Dpto. de gestión, finalmente el Dpto. de proceso, de estos datos se concluye que el departamento de mantenimiento tiene la mayor índice de las causas con 224 puntos del total, esto nos indica que se debe tener mayor atención y poner mayor énfasis en eliminar, mitigar o reducir estas causas que ocasionan la baja productividad en el sistema de suministro de aire comprimido.

En la siguiente tabla (Ver anexo 5) se analizó las principales alternativas de solución, para poder optar por la más óptima frente a las causas que vienen causando la baja productividad en el sistema de suministro de aire comprimido, tenemos la metodología Lean Production se tuvo un puntaje de 5 en este caso no se esta considerando, ya que esta metodología está enfocada principalmente a la mejora continua de los procesos y según nuestra tabla las causas están enfatizando en la parte de mantenimiento.

En el caso de las 5S tuvo un resultado de 3, en este punto la empresa no lo considera suficiente implementarla ya que es una herramienta muy básica para los problemas que presenta en el sistema de suministro, ya que de forma básica los operarios y personal de mantenimiento cumple con estas actividades de cierto por lo tanto no sería suficiente su aplicación para cumplir con el objetivo, la idea es abarcar en cuanto a mejoras todo el sistema que involucra el consumo de aire comprimido (operarios, máquinas y red de suministro). Por último, la metodología del TPM, tuvo un puntaje de 8 siendo el más recomendable para dar solución ante la problemática en el suministro de aire comprimido, ya que busca prevenir y erradicar fallas que puedan surgir durante el proceso de suministro, buscando optimizar el funcionamiento de sus máquinas y equipos en los ensambles de trabajo, siendo lo más óptimo la aplicación del TPM. Con esta metodología los compresoristas y personal mecánico estarán comprometidos con las soluciones y actuar frente a las posibles fallas que se generen en las actividades encomendadas.

Todas estas causas mencionadas conllevan la baja productividad del suministro de aire comprimido en la empresa, es por ello que el proyecto se basa en la implementación de la metodología TPM, con el fin de generar ahorros y ubicar los puntos críticos a mejorar, para así aumentar la disponibilidad del suministro del aire, mediante la identificación y solución de las deficiencias que presenta, demostrando los beneficios de la aplicación de dichas mejoras para la empresa. En la formulación del problema, detallamos lo siguiente, ¿De qué manera la implementación del TPM, incrementa la productividad del Sistema de Suministro de Aire Comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021?

Los problemas específicos que presenta el proyecto son: ¿Como la implementación del TPM (mantenimiento productivo total) mejora la eficiencia del sistema de suministro de aire comprimido en la empresa SIMA – CALLAO 2021? ¿Como la implementación del TPM (mantenimiento productivo total) mejora la eficacia del sistema de suministro de aire comprimido en la empresa SIMA – CALLAO 2021?

En cuanto a las justificaciones del proyecto se tiene que:

Según HERNANDEZ (2014, p.63), hacen adición que es necesario justificar las razones a las cuales motivan la investigación, definiendo que el propósito del proyecto debe ser lo suficientemente importante para que se justifique su ejecución.

La justificación económica del proyecto el cual tiene como logro la reducción de fallas y tiempos de reparación, a un costo rentable con los tiempos de pérdida por paradas máquinas, mejorando así los niveles los indicadores de productividad que permitirán disminuir los costos de producción y aumentar la eficiencia de los procesos productivos.

La justificación metodológica, del proyecto es que se realizará a detalle una inspección de las actividades que involucra el sistema de suministro de aire comprimido reporte de fallas en línea de suministro y maquinas constante, utilizando la metodología del TPM se presentará un plan de mantenimiento de redes ya que dado el incremento de la demanda del suministro de aire

comprimido en la empresa se debe contar con optimas redes de distribución y anclaje de equipos en buen estado.

Así mismo potenciar el uso de los compresores de aire que se tiene actualmente a pesar de la antigüedad de los mismos el cual hablamos aproximadamente 50 años, para el cumplimiento de los requerimientos en los distintos talleres y ensambles de trabajos.

Como justificación teórica del proyecto es que al implementar la metodología del TPM se logrará dar los conocimientos principales al personal respecto al mantenimiento y cuán importante es el buen cumplimiento en sus actividades diarias y como las buenas prácticas hará que aumente la productividad de la empresa volviéndola más competitiva.

Como justificación practica del proyecto es que al implementar la metodología del TPM se tendrá a detalle el estado de la red de suministro de aire comprimido y maquinarias que lo involucra, implementar un plan de mantenimiento de redes para evitar retrasos en los ensambles de trabajo y un buen manejo de máquinas por parte del personal operario.

También el siguiente proyecto de investigación, tiene por objetivos los siguientes:

Objetivo General: Determinar como la implementación del TPM, incrementa la productividad del Sistema de Suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021, en un contexto de demanda por proyecto.

Objetivos Específicos: Determinar como la implementación del TPM, mejorará la eficiencia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021 y determinar como la implementación del TPM, mejorará la eficacia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021, en un contexto de demanda por proyecto.

Así mismo, las siguientes hipótesis, general y específicas.

Hipótesis General: La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la productividad de las actividades

principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021, en un contexto de demanda por proyecto.

Hipótesis Específicas: La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la eficiencia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021 y la aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de Aire comprimido incrementa la eficacia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes en este trabajo de investigación se consideran los siguientes estudios que aplican la herramienta del TPM (mantenimiento productivo total. Los trabajos previos son a nivel nacional e internacional, además se toman artículos científicos, a continuación, se mencionan estos según el autor y título de investigación.

Como antecedentes nacionales tenemos:

OBESO, Alexandra y YAYA, Javier. (2018) "Implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado de la empresa Inversiones Regal" Revista de Investigación científica Ingnosis. Perú. En esta investigación el objetivo principal fue elevar la productividad de la empresa, la cual se basó en un análisis de falla en los procesos productivos de harina de pescado. Esta investigación utilizó una metodología cuantitativa con un diseño pre-experimental. Como resultado se obtuvo que una de los equipos analizados, fue la causa del problema ya que era la que más fallas presentaba. Por ello, al implementar un mantenimiento programado y llevar el control de esas actividades, se logra elevar la productividad en un 6%. En conclusión, se pudo determinar cuál era el equipo que fallaba y se realizó un mantenimiento programado, logrando elevar la productividad. Como aporte, nos muestra el enfoque, que una sola máquina que presenta falla puede generar una menor eficiencia en la cadena de procesos y reducir la producción.

ANCHATE, Julio. (2018) "La aplicación del TPM para mejorar la productividad en la línea de chocolatería de Industrias Alimenticias Cusco S.A". Tesis (Ingeniería Industrial) Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Esta investigación tuvo como enfoque principal elevar la productividad a través de la implementación del TPM buscando la confiabilidad de los equipos, para ello se desarrolló el pilar de mantenimiento planificado, para ello se realizó un programa de mantenimiento planificado. El método utilizado para esta investigación fue cuantitativo. Se tuvo como resultado que la productividad aumentó en 21.4%. Esta tesis tuvo como aporte verificar y analizar los puntos críticos a mejorar usando el TPM.

CORDOVA, Leonel. (2018) "Aplicación de un mantenimiento productivo total para mejorar la productividad de las maquinas cortadoras de papel en el área de

producción de la empresa Convertidora del Pacífico E.I.R.L, Tesis (Ingeniería Industrial) Universidad Cesar Vallejo. Ate, Perú 2018”. Esta investigación uso una metodología de investigación experimental. Para lo cual, a través de 12 equipos tomado como muestra, se pudo mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas. Se obtuvo como resultado una mejora de la productividad de 19%, en la eficiencia un 14% y en la eficacia un 7%, así como también mejora de la confiabilidad en un 9% y su disponibilidad en un 12% logrando el objetivo principal de la investigación.

APAZA, Ronald. (2015, p.151) “El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa Minera Chama Perú E.I.R.L.” Tesis (Ingeniería Industrial) Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez. Juliaca, Perú. Su principal objetivo es presentar un plan de mantenimiento creado a través de la metodología TPM además esta investigación tuvo como objetivo crear un prototipo con la idea de aplicar la metodología de indicadores de efectividad total de equipamiento OEE. Este trabajo es una investigación de diseño transaccional, causal descriptiva teniendo como variable independiente al TPM y la variable dependiente a la productividad. La metodología va a realizar la implementación para maximizar el rendimiento mediante el aprendizaje diario de todos los operarios. Los resultados indican que no se documentan el mantenimiento, pero si logra hacer uso de manuales y consultas. La implementación del TPM logra incrementar la productividad y eliminan costos innecesarios en la organización.

GARCIA, Gonzalo. (2018) “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). Tesis (Ingeniería Industrial) Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Esta investigación tuvo como enfoque principal, que la implementación del TPM, se tome como una cultura estratégica para la empresa y así poder elevar la productividad. Para ello, se implementa un sistema de gestión de mantenimiento autónomo, generado por computador (GMAO); el método de clasificación de la merma; trabajos de mantenimiento autónomo, 5S, capacitaciones, formación de los colaboradores en temas operativos, calidad y seguridad; y estandarización de procesos productivos. Se

obtuvo beneficios económicos en la implementación de TPM. Teniendo ahorros mensuales de S/. 6,731.60 con una inversión inicial de S/: 30,612.63.

Como antecedentes internacionales tenemos:

LUCIANO, Jorginho, MEZA, Ricardo, LEON, Claudia y BERMÚDEZ, Pedro (2021) “Modelo de Mejora de Productividad en Pequeñas y Medianas Empresas de Extrusión de Metales, Aplicando Mantenimiento Productivo Total, Six Sigma y Estandarización de Procesos”. Actas del VI Simposio Brasileño de Tecnología, BTSym 2020. Innovación inteligente, sistemas y tecnologías, vol 233. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75680-2_46, Brasil. La siguiente artículo investigación hacen mención que las empresas metalúrgicas deben enfocarse en la mejora de su productividad y eficiencia ya que eso las hacen más competitivas en el mercado, consideran que este rubro depende de otros sectores manufactureros como la construcción, la automoción y la electricidad. Por ello propone un modelo de la mejora productividad diseñado para las (PyMes) del sector metalúrgico estandarizando procesos, el mantenimiento productivo total y Six sigma teniendo como objetivo reducir las pérdidas de producción, aumentando la productividad, como resultado de su plan piloto se logró la reducción del nivel en un 2,5% y una mejora de la productividad del 11%.

ZAMBRANO, Geovanny (2015). “Diseño de un programa de TPM para una empresa proveedora de productos y servicios en el sector de la construcción”. Tesis (Ingeniería Industrial) Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil – Ecuador, 2015, el siguiente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar porque existía costos considerables es decir en que parte del proceso radicaba la causa a ello, detalla la falta de una planificación adecuada de las operaciones que realizan las maquinarias y su escaso control de mantenimiento, ocasionando retrasos en los trabajos de construcción y obras viables planificados, tiene como objetivo aumentar el desempeño de la empresa implementado la metodológica TPM, implementando tableros de control donde se definieron indicadores para su control y medición, tras su implementación el autor logro reducir a cero el paro no planificado de las maquinarias y se incrementó del 30% al 70% el nivel de satisfacción del cliente y por consiguiente el incremento de su productividad.

JAIN, A., Bhatti, R. and SINGH H. (2014), "Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 No. 3, pp. 293-323, India. El actual trabajo de investigación se enfocó en encontrar el rol principal del programa TPM en las industrias indias, desde PyMes hasta grandes empresas, con el fin de elevar la competitividad en dicho sector, aumentando su productividad. El resultado con la implementación del TPM, es que mejoró la productividad y la eficiencia laboral de los empleados y también mejoró la efectividad del equipo. En conclusión, el mantenimiento es una de las actividades básicas, por ello las pequeñas empresas como PyMEs, necesitan llevar a la práctica la implementación del TPM para poder competir en este mercado y poder estar al pie de los cambiantes de las grandes industrias. El aporte de este trabajo de investigación es la forma positiva de cómo el TPM ayuda a las industrias manufactureras indias, el cual puede tener la empresa de estudio al aplicarlo.

ZLATÍC, Marko. (2019). "TPM – Total productive maintenance. Actas sobre ciencias de la ingeniería. SERBIA: University of Kragujevac. Vol 1, Iss 2, Pp 581-590". En este artículo de investigación el autor describió los fundamentos de TPM en todo el mundo. Donde se menciona que la herramienta TPM es una técnica japonesa, cuyo enfoque principal es el elevar la productividad de los equipos y prolongar la inversión en capacidades, buscando la confiabilidad de la máquina y una inversión a corto plazo. El aporte 14 de este artículo nos ayuda a ver como debe ser el TPM para aumentar la productividad en la empresa.

Según PORTELLA (2017), "Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la productividad en la sección de envoltura metálica um-3 de la 13 empresa Panasonic peruana S. A. lima 2017 (para obtener el título ingeniero industrial). en la Universidad Cesar Vallejo, Lima Perú. En dicha investigación se muestra que la eficacia se ha incrementado en un 14.82%, ya que se mejoró la producción respecto a lo planeado en la sección de envoltura metálica UM-3 de la empresa Panasonic Peruana S. A."

MORENO, Pedro y CALVILLO, Oscar (2018) "El Mantenimiento Productivo Total "TPM" como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado". Artículo de Universidad Tecnológica de Calvillo – México 2018, el siguiente artículo de investigación evalúa si la implementación del TPM beneficia el crecimiento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado a beneficio de la empresa, como bien sabemos el objetivo es la reducción de los gastos de reparación y el mantenimiento de las maquinarias, en esta investigación los autores utilizaron una investigación cuasi – experimental cuya técnica es prueba y post-prueba, la implementación de esta metodología haciendo más eficiente los procesos productivos donde se enfocó en la reducción de tiempos y aumentar la calidad de productos terminados permitiendo un correcto seguimiento. Los paros programados se reducen en un 55.82%, y el 75% de esos paros no son causa de factores relacionados directamente con problemas de un mal mantenimiento preventivo, son factores externos generados por estaciones de trabajo que están cerca de la Roscadora Cyber. El beneficio de la disminución de estos paros programados es la producción de entre 170 y 200 piezas más de producción dentro del turno, lo cual equivale a un 7.5% más de piezas fabricadas

VILLOTA, Cesar (2014, P.162), "Indica que la implementación de la técnica de mejoramiento: TPM para aumentar la productividad del proceso de mantenimiento automotriz, en busca del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda empresa TOYOCOSTA S.A". Tesis para optar el grado de (Ingeniero Industrial). Universidad de Guayaquil en Ecuador, 2014. La siguiente investigación tuvo como enfoque principal, planificar e innovar el control de inventario bajo un análisis logístico de un retroceso con propuestas de mejora. En esta investigación nos va ayudar a determinar la importancia que tiene el mantenimiento productivo total (TPM), puesto que los resultados positivos que logró obtener en la línea productiva, son en base al incremento en la eficacia y eficiencia que mejoró la productividad.

El presente trabajo de investigación se ha identificado las dos variables, una de ellas es la variable independiente que es el TPM (Mantenimiento productivo total) y la variable dependiente que es la Productividad, las cuales a relacionarlas en

algunas teorías y conceptos de algunos autores que serán mencionadas en este capítulo.

En las teorías relacionadas de la variable independiente TPM.

TUKUTARU (2015, p. 4), "El TPM ayuda a los trabajadores a conocer su equipo y su amplia gama de tareas. Les da la oportunidad de hacer nuevos descubrimientos, adquirir conocimientos, y disfrutar de nuevas experiencias. Refuerza la motivación, genera interés y preocupación por el equipo, y alimenta el deseo de mantener el equipo en óptimas condiciones."

ROBERTS (2010, p. 10), "El TPM es una evolución de la filosofía de calidad total desarrollada por Edward Deming en la década de los 50`s y otro tipo de herramientas desarrolladas por la industria japonesa como el TQM (TOTAL QUALITY MANAGEMENT), la cual tiene en común con el TPM, la necesidad de compromiso de todos los miembros de la empresa y el empoderamiento para que cualquier empleado pueda ejecutar acciones de prevención o correctivas; aunque se ha identificado que las dos solo dan resultados favorables en el largo plazo".

GUERRA & PAUCAR (2013, p. 1), el "TPM es un sistema de actividades que se desarrolla en una empresa con el fin de elevar la capacidad competitiva dentro del mercado, mediante la eliminación de todo tipo de derroche o pérdidas que se presentan en los sistemas productivos, esto se logra con el compromiso de los integrantes en la búsqueda de la perfección en las operaciones de la empresa".

REY (2001, p. 59), "El TPM asume el reto de cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficiencia de un proceso productivo, permitiendo reducir costes y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora."

CUATRECASAS & TORREL (2010, p. 33), "El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es una nueva herramienta de trabajo para las zonas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como: la participación de todo el personal, sistema total de gestión del

mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención de la eficacia total,”

Para CUATRECASAS & TORREL (2010, p.23), “Mantenimiento productivo total (TPM): El TPM tuvo su origen en el Japan Institute of Plant Maintenance en el país de Japón. Se tenía como objetivo principal, la eliminación de las seis grandes pérdidas en los equipos dentro de las organizaciones industriales, y de esta manera poder tener un mejor proceso productivo en las empresas. De esta manera, la producción basada en el “JUST IN TIME”, se debe tener lista y debe cumplir con los objetivos principales la eliminación sistemática de los desperdicios.”

Otras de las teorías relacionadas al objetivo de la investigación son las seis grandes pérdidas, llamadas así porque disminuyen la eficiencia por interferir con la producción.

Según CUATRECASAS (2012, p.676), “detalla que el enfoque principal del TPM es llegar a conseguir que los equipos o maquinarias puedan operar el mayor tiempo posible operando en el proceso productivo de la manera más eficaz. Solo así se estaría alcanzando un sistema productivo eficiente en el escenario de las máquinas. Por ello, se tiene la necesidad de descubrir, clasificar y eliminar los factores principales que pueden estar disminuyendo la operatividad en las maquinarias usadas durante la operación. A estos factores principales que no dejan alcanzar la maximización de la eficiencia de los equipos, se les ha clasificado en 6 grandes grupos, los cuales fueron denominados como las “seis grandes pérdidas” (Ver anexo 6). Divididas en tres categorías tomando en cuenta la manera en que afectan en la disminución del rendimiento de un sistema productivo, ya sea que tenga una intervención directa o indirecta con las maquinarias de producción.”

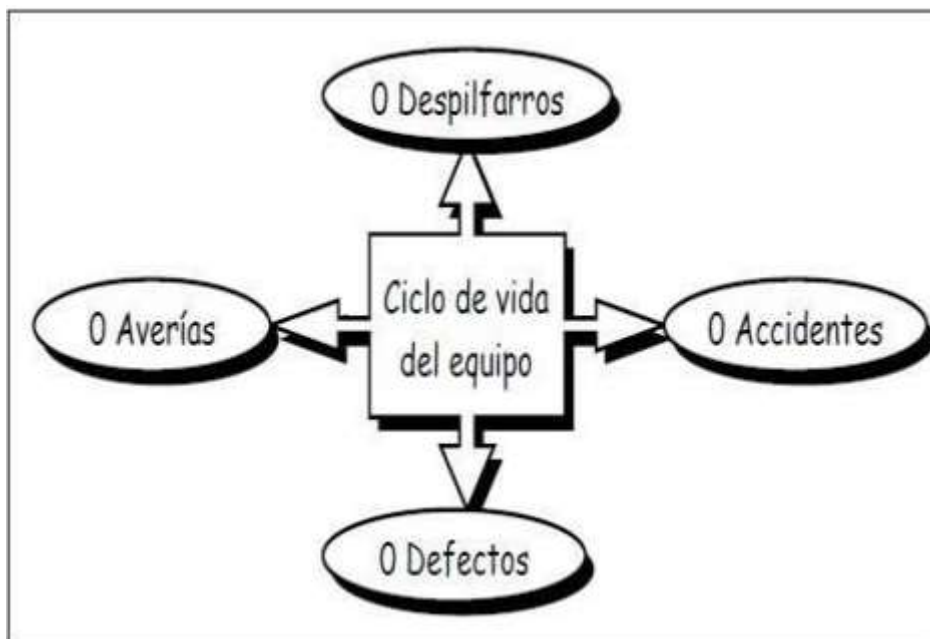
Según CUATRECASAS (2010, p.32), “nos ayuda a saber que la herramienta TPM viene a ser una filosofía japonesa que busca que todo el personal en general participe, desde el gerente general hasta los operarios para crear una acción, orientada a elevar la eficiencia y eficacia total en las máquinas, y así

aumentar los rendimientos de los equipos y maximizar en su totalidad la rentabilidad.

El TPM tiene un enfoque innovador, diseñado para la conservación, con ello se busca involucrar a todos los trabajadores de la empresa, cada uno de los niveles es un programa de mantenimiento productivo. Seich Nakajima, desarrollo el concepto de TPM que busca optimizar la efectividad de las maquinas y/o equipos a lo que esto se le denomina como un mantenimiento autónomo de los operadores como también de los técnicos en general. Como filosofía el TPM, contiene diversos principios clave:

- Se requiere realizar el mantenimiento preventivo para las maquinas y/o equipos.
- Se deberá supervisar de manera constante la eficiencia del trabajo de cada equipo en las actividades.
- Es necesario examinar y eliminar las perdidas severas y fallas recurrentes en cada uno de los equipos y/o maquinas.
- El TPM es utilizado en todos los niveles de planificación, por ello se involucran con autonomía de un programa de mantenimiento productivo”.

Figura 3. Ciclo de vida de un equipo



Fuente: Cuatrecasas (2010, p.32)

Según CUATRECASAS (2010, p.36). “En este párrafo, se explica que todo el personal de producción debe conocer sus propios equipos, pues están en constante monitoreo para verificar su funcionamiento durante su periodo útil de trabajo, ya que hora los equipo son más calificadas para mantener su buen funcionamiento, con este método inspección, medidas preventivas, el valor al Proceso operativo, reduciendo tiempo y costos de mantenimiento correctivo.”

De la palabra TPM es:

La letra “T” significa:”Total”

- Total = “Mejoramiento de la eficiencia global “.
- Total = “Ciclo total de vida del sistema de producción “.
- Total = “Participación de toda la división de todos los empleados”.

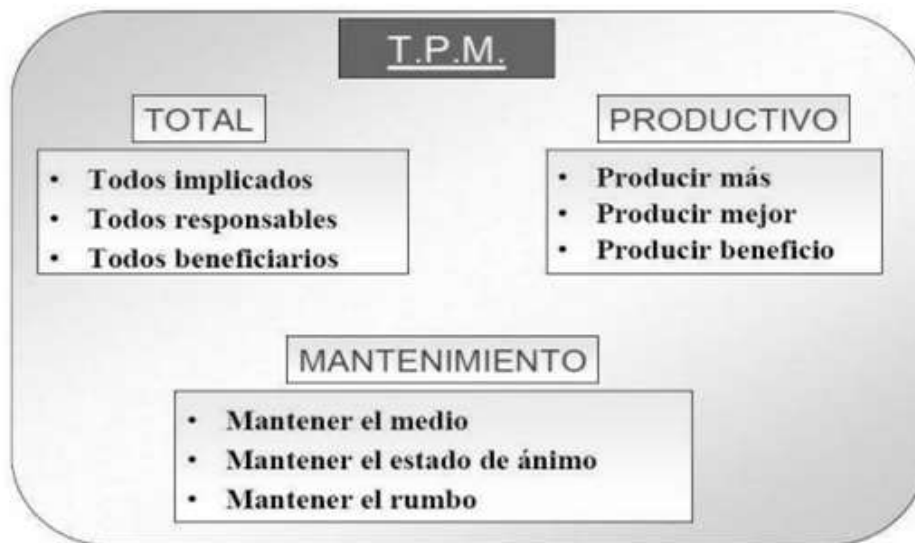
La letra “P” Significa: “Productividad”.

- Productivo: quiere decir luchar por un límite de eficiencia del sistema de producción, lograr “cero “pérdidas, incluyendo accidentes, defectos de fabricación, falla de equipos, entre otras.

La letra “M” Significa: “Mantenimiento”.

- Simboliza las acciones de procedimiento del mantenimiento.
- Mantenimiento es lo que protege el ciclo de vida del sistema de producción y de toda la planta, incluyendo el sistema de producción de cada sistema.
- Este método compromete a toda la organización de la empresa desde la alta gerencia hasta los técnicos, operarios, esto tiene una desde arriba hacia abajo involucrando a cada uno, para lo cual es muy importante la motivación, liderazgo, para llevar un buen término.”

Figura 4. Significado de las siglas del TPM



Fuente: *Instituto de Castilla de León.*

Según CUATRECASAS (2010, p.40), "Nos dice que las etapas son esencial o principal para poder realizar o estructurar la planificación del Plan del TPM para así evite futuras modificaciones durante su implantación en la empresa.

Cada una de estas etapas formará parte de lo que será parte del proceso de implantación de un sistema de calidad en dirección a la mejora continua y aplicado a la gestión del mantenimiento recibe por nombre TPM". (Ver anexo 7)

Se muestra las fases de cada una de las 12 etapas respectivamente:

- Fase de Preparación: es primordial para establecer una planificación cuidadosa de la herramienta del TPM con el fin de que evite o limite futuras modificaciones durante su implementación lo que puede ocasionar retrasos.
- Fase de Introducción: se da a conocer formalmente la intención de implementación de la herramienta del TPM y los beneficios que traerá a la empresa.
- Fase de Implantación: se desarrollan las actividades planificadas, donde se asignan a los responsables, se coordinan y deciden las fechas de implementación de las mismas.

- Fase de Estabilización: en esta fase es la última de la implementación donde se tiene que mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas de la implementación del TPM.

A continuación, mostramos las etapas de la Fase 1 – Indicaciones

- Etapa 1 “Anuncio a la alta dirección de la decisión de aplicar el TPM”: la alta dirección debe informar a todos los empleados e involucrados de la intención de implementar dicha herramienta del TPM, canalizar esto a través de reuniones internas sobre los conceptos y los resultados esperados.
- Etapa 2 “Información sobre el TPM”: en esta etapa comprende sobre una política de difusión al alcance de todo el personal involucrado para la implementación de la herramienta del TPM.
- Etapa 3 “Estructura promocional del TPM”: en esta etapa la promoción del TPM se lleva a cabo de una estructura de la organización para la su implementación. Es importante definir una buena estructura para llevar a cabo una buena supervisión para las siguientes fases de implementación.
- Etapa 4 “Objetivos y políticas básicas del TPM”: en esta etapa la alta dirección deberá añadir el TPM a la política de estrategia de la compañía, también se detallarán los objetivos principales a alcanzar y las directrices a seguir a medio y largo plazo.
- Etapa 5 “Plan de desarrollo del TPM”: en esta etapa es importante porque se establece un plan concreto para la implementación de la herramienta del TPM donde se integra las actividades secuenciales para conseguir las metas establecidas.

A continuación, mostramos las etapas de la Fase 2 – Introducción

- Etapa 6 “Inicio formal de la implementación del TPM”: en esta etapa se verá formalmente la propuesta en marcha del TPM donde deberán asistir

todos los involucrados, donde la alta dirección debe mostrar e informar las actividades, interés y disposición acerca del TPM.

A continuación, mostramos las etapas de la Fase 3 – Implementación

- Etapa 7 “Mejorar la efectividad del equipo”: Se organizan los grupos de trabajo conformado por los ingenieros, operarios y personal de mantenimiento con el fin de eliminar pérdidas y mejorar la efectividad de las maquinas y/o equipos.
- Etapa 8 “Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo”: los operarios y personal de mantenimiento participan en las funciones de mantenimiento y actividades diarias de mejora que evitan el deterioro acelerado.
- Etapa 9 “Desarrollar un programa de mantenimiento planificado”: consistirá en desarrollar un plan de mantenimiento periódico en donde el personal operario y de mantenimiento se requerirá su experiencia técnica y aprender las buenas prácticas de la implementación
- Etapa 10 “Función para elevar capacidades de operación y mantenimiento”: para que el mantenimiento sea eficaz es importante enfocar en mejorar las habilidades del recurso humano que se tiene, por ello se va evaluar periódicamente a cada persona y así consolidar los objetivos planteados.
- Etapa 11 “Gestión temprana de equipos”: en esta etapa tiene como fin la prevención del mantenimiento e idear un diseño para nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso los que estén en excesos o sean innecesarios, ya que abarca las fases de operación y mantenimiento bajo un enfoque de sistema total integrado.

A continuación, mostramos las etapas de la Fase 4 – Consolidación

- Etapa “Consolidación y Resultados de la herramienta del TPM”. Como último es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de

cada una de las etapas anteriores, el fin es cuantificar el progreso alcanzado y canalizar los resultados obtenidos a la organización.

Se presenta los siguientes objetivos del TPM

- Objetivo Estratégico: Ayudar a mejorar las capacidades de las actividades de operación, ayudando a mejorar la producción, flexibilidad y capacidades de respuestas.
- Objetivos Operativos: tiene como objetivo principal el trabajar sin averías y fallas, ayuda a maximizar la fiabilidad en los equipos.
- Objetivos Organizativos: busca mejorar y fortalecer el trabajo en equipos, involucrando a todo su personal, para crear un entorno creativo entre todos los trabajadores.

Se hace mención de las características del TPM

- Es una estrategia
- Busca la participación de todos los trabajadores de la empresa, involucrarlos en las operaciones y producción en la concientización del cuidado de los equipos y los recursos dados.
- Busca mejorar la efectividad de la empresa
- Acción de mejora de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida de las máquinas y/o equipos.

En adición, tenemos otras de las teorías relacionadas, los ocho pilares de mantenimiento.

FERNANDEZ, Daniel (2017), "Son las estrategias elementales de un programa de mantenimiento preventivo para cualquier empresa, industria u organización. Llevarlas a cabo implica rigor y disciplina porque solo así se consigue que un sistema productivo funcione."

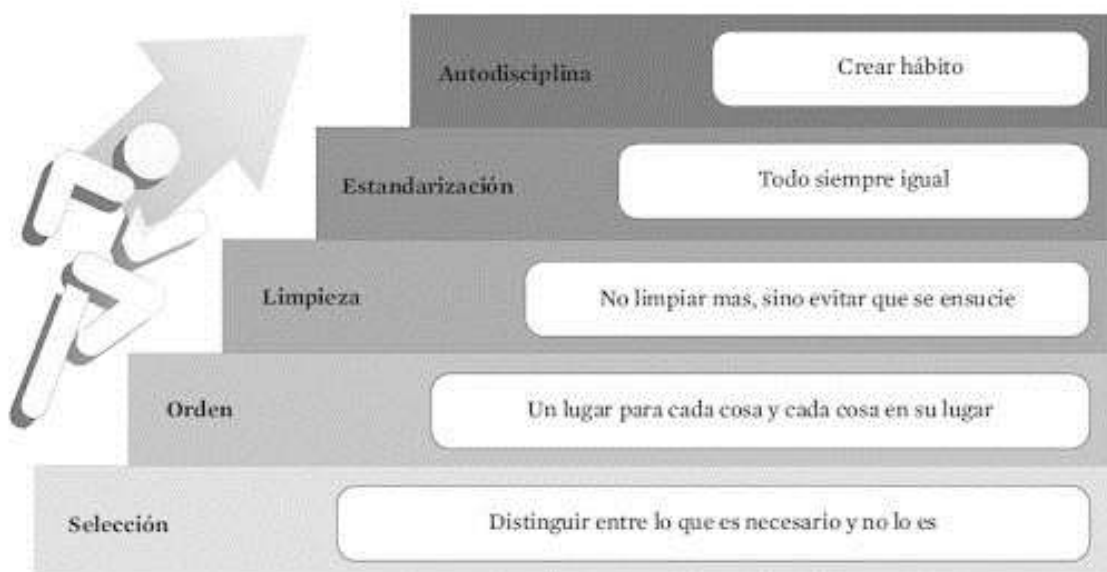
- Primer Pilar – Mejoras enfocadas

Según GOMEZ (2012), “indica que hay que analizar y poner en práctica métodos para elevar la confiabilidad en los equipos o procesos, eliminando defectos de las plantas productivas, tiene como fin generar una cultura de cuidado al personal, para poder frenar el deterioro acelerado del equipo y llevarlo a sus condiciones iniciales.”

- Segundo Pilar - Mantenimiento Autónomo

Según CUATRECASAS (2010, p.143), “explica que la característica básica del TPM, son los trabajadores que operan los equipos de producción, pues tienen la necesidad de realizar un breve mantenimiento antes y después de utilizar dicha maquina o también, realizando el Mantenimiento Autónomo, también es conocido como mantenimiento de primer nivel”, a lo cual hace mención a las 5S.

Figura 5. Pilar 2 del TPM, Resumen de los principios básicos 5S.



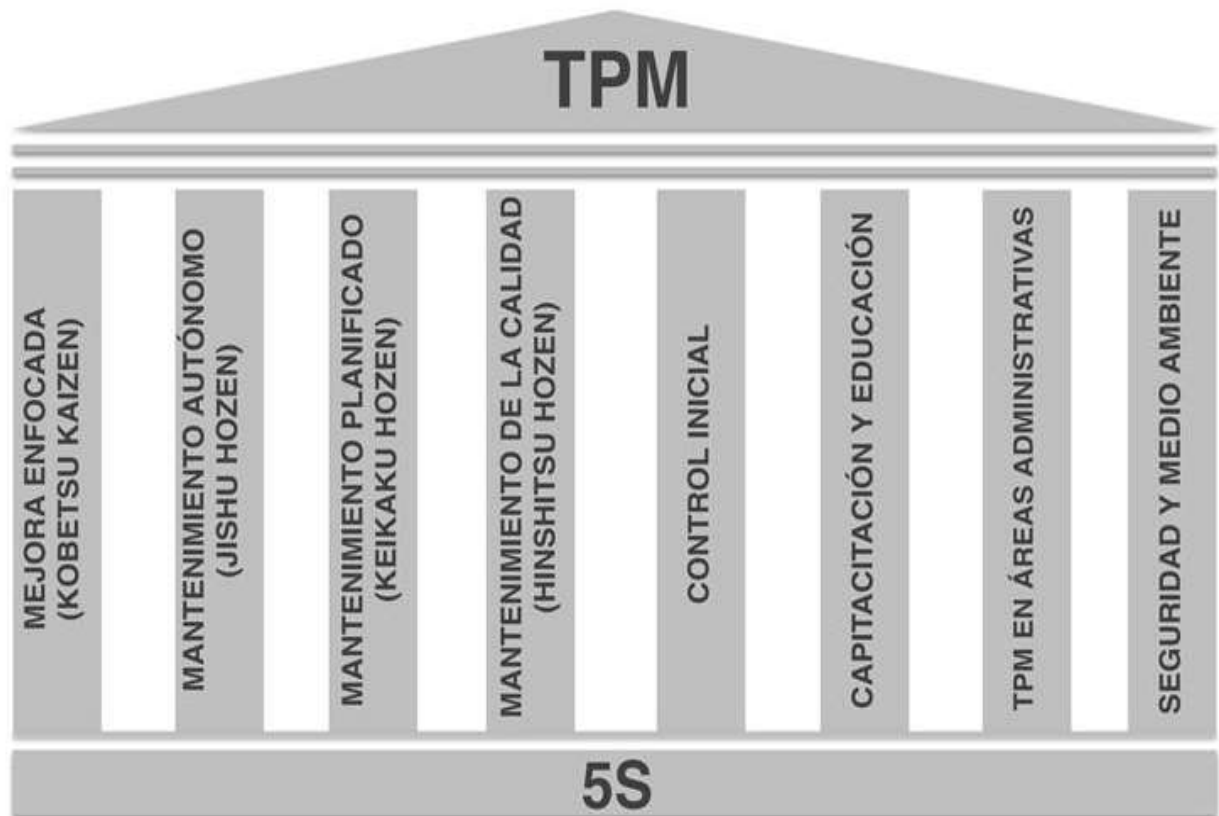
Fuente: Cuatrecasas (2010, p. 143) TPM en un entorno Lean Management

- Tercer Pilar - Mantenimiento Planificado

Según CUATRECASAS (2010), “Afirma que el mantenimiento planificado es el conjunto de manera ordenada de actividades programas con el objetivo de tener cero averías, cero despilfarros y cero accidentes (p. 189)”.

- **Cuarto Pilar - Mantenimiento de Calidad**
Según ALVAREZ (2008), "Este pilar es el encargado de fortalecer al sistema de calidad en los procesos, que a su vez está liderado por el departamento de calidad, que se encarga de buscar residuos que pueden afectar la satisfacción del cliente".
- **Quinto Pilar - Prevención del mantenimiento**
El mantenimiento preventivo es uno de los más importantes porque mediante este plan se logra reducir costos y prevenir fallas recurrentes en los equipos o maquinas a utilizar.
- **Sexto Pilar - Actividades de departamentos administrativos y de apoyo**
Se da a conocer al personal operario que son ellos los que conocen el adecuado manejo y funcionamiento de sus equipos o máquinas, además de identificar fallas o novedades en su operatividad.
- **Séptimo Pilar - Formación y adiestramiento**
Uno de los pilares más importantes es que cada una de las áreas, no solo operaria esté involucrada para la implementación del TPM, parte administrativa, gerencia, esto fortalece el equilibrio y los llevara a la mejora en los procesos, procedimientos y manejo.
- **Octavo Pilar - Gestión de seguridad y entorno**
Tiene por finalidad el bienestar laboral como también personal, mediante este pilar nos da a entender que no debe haber posibilidad de accidentes.

Figura 6. Los 8 Pilares del TPM



Fuente: Cuatrecasas 2010 – TPM en un entorno Lean Management

Se presenta los tipos de Mantenimiento a continuación

En la teoría presentada con el Mantenimiento Predictivo se tiene

Según MORA (2009, p.36) “Algunas de las ventajas del mantenimiento predictivo son la reducción del tiempo de la parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla, seguimiento a la evolución de un defecto en el tiempo, optimizando a la gestión del personal de mantenimiento, verificando de la condición del estado y monitoreo en tiempo real de la maquina y/o equipo, tanto la que se realiza de forma periódica como la que se hace en forma eventual”.

En la teoría presentada con el Mantenimiento Preventivo se tiene

Según GARCIA (2010, p. 303), “no dice que el mantenimiento preventivo es el procedimiento diseñado para preservar las máquinas y la vida útil durante mayor tiempo posible y con un rendimiento óptimo, afirmando su propósito en lograr la más alta eficiencia en el desarrollo del proceso productivo y servicio.”

Mantenimiento Correctivo

Según PALACIOS (2015, p.2), “Son las actividades a ejecutar, de acuerdo los diferentes problemas presentados, con el fin de minimizar en su totalidad todas las fallas presentadas, mantenimiento correctivo da a sobre entender en corregir un problema de inmediato, reparando la falla que podría ser una simple avería”.

En las teorías relacionadas de la variable dependiente Productividad.

Según LOPEZ (2013, p.17), “la productividad es una capacidad de producción o creación, tiene un costo por tiempo de operación, para crear riqueza y beneficios”.

Según LOPEZ (2013, p.17), “la productividad también se puede interpretar como un nivel de actuación, individual, empresarial, institucional y como país”.

Según LOPEZ (2013, p.17), “la productividad necesita que se manifieste primero la eficiencia al usar los recursos básicos sin desperdiciar, como son; el tiempo, el espacio y la materia – energía; con la finalidad de no mermarlos, para efectuar las actividades lo más rápido posible y lograr ahorrando”.

Para NIEBEL y FREIVALDS (2014, p.5), “sostienen la mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida.”

Para GUTIERREZ (2014, p.20), nos indica que “La productividad está relacionado con los resultados que se obtiene en un proceso o en un sistema, por lo que al incrementar la productividad se puede lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. Por lo tanto, la productividad se obtiene por los resultados logrados y los recursos empleados.”
Eficiencia; es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.
Eficacia; es la relación entre las actividades planificadas y los resultados planificados.

En las teorías relacionadas a las dimensiones tenemos las siguientes:

Para MEDINA (2005, p. 82), “Nos dice: que los criterios que se relacionan con la elaboración y a la eficiencia por que los dos trabajan inversamente es por eso que la eficiencia es muy difícil de eliminarla , puesto que están relacionados a trabajar junto con la eficacia, puesto que los dos factores pueden trabajar

simultáneamente y tiene el criterio que se pueden llegar a comparar, teniendo la relación con la producción, y así poder llegar a cumplir con las necesidades de los clientes, por ello, cuentan con procedimiento de rastreo para lograr cumplir las metas trazadas y establecidas”.

III. METODOLOGÍA

3. Marco Metodológico.

3.1. Tipo y diseño de Investigación:

Para este trabajo de investigación, se buscó dar solución a las problemáticas de la empresa SIMA – CALLAO en su sistema de suministro de aire comprimido, mediante el planteamiento de teorías desarrolladas a continuación se muestra lo siguiente:

Para MURILLO (2008, p.56), “la investigación aplicada lo nombra investigación práctica o empírica, la cual se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.”

3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo tiene como tipo de investigación aplicada, porque busca la utilización del conocimiento que adquirimos en el desarrollo del proyecto de investigación, ya que requerimos de un marco teórico para una adecuada explicación en el proceso de aplicación.

Por ello tiene un método experimental porque será manipulable los datos de la variable independiente (TPM) para así ver su comportamiento en la variable dependiente (productividad) que se empleará.

3.1.2. Diseño de Investigación

Para SAMPIERI (2010, p.158), “Indica sobre el diseño pre-experimental, porque se genera una sola recolección de trabajo experimental en la empresa, donde se usará una pre-prueba antes de realizar o implementar algo, para poder saber el estado previo de la empresa, luego se ejecutará el tratamiento experimental y finalmente se realizará la post- prueba. Por su alcance temporal, es longitudinal ya que se obtendrán datos en diferentes tiempos o etapas”.

“El trabajo de investigación da a conocer que es pre-experimental porque primero se realiza el pre test y posteriormente el post test que se refiere a que trabajaremos con una data conocida y existente para luego aplicar el TPM y ver resultados mediante un antes y después de su aplicación.”

3.1.3. Nivel de Investigación

Para HERNANDEZ (2014, p.126), “afirma que los estudios explicativos, son aquellos que buscan distintas razones del por qué se da y después de ellos sacar una descripción de conceptos o fenómenos encontrados en el proceso de la investigación o las distintas formulaciones en la investigación, acontecimientos y fenómenos reales o sociales.”

“El trabajo de investigación se hallará en el nivel explicativo ya que está enfocado en dar respuesta a los acontecimientos a través de la causa efecto y se enfoca en explicar el por qué se originan los fenómenos y como estas dos variables se relaciona.”

3.1.4. Enfoque de Investigación

Para HERNANDEZ (2010), “Se utiliza el diseño de investigación para analizar la certeza de la hipótesis formulada en un contexto en particular o aportar evidencias de los lineamientos de estudio (si no hubiera hipótesis).

El trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que el análisis se está fundamentando en los aspectos observados por medición; los cuales se evaluarán mediante cuadros estadísticos mediante las herramientas de medición.”

3.1.5. Alcance de Investigación

Para VALDERRAMA (2011, p.108), “quien menciona que esta investigación es longitudinal, porque el análisis de los datos se puede verificar a través de tiempo de estudio, para eso se obtendrá los datos a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer en el funcionamiento de los equipos , verificar cuanto tiempo han tenido algunos imprevistos durante su funcionamiento para poder sacar sospechas respecto a los cambios encontrados o no encontrados, sus determinantes o consecuencias.”

El trabajo de investigación será considerado como longitudinal, ya que nos permitirá ver los cambios de la población a corto, mediano y largo plazo, la medición en la población se realizará antes de aplicar la variable independiente (TPM) y otra medición después de aplicar la variable independiente (TPM). Se utilizará un diseño pre y post prueba en una sola medición, por ello se realizará al mismo grupo una prueba previa al estímulo y otra después del estímulo para visualizar el resultado de la implementación de la metodología TPM en la empresa SIMA.

Figura 7. Esquema de Comparación de pre test y post test

G: O₁ - X - O₂
<p>Donde:</p> <p>G: SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO</p> <p>O₁: Pre prueba (Antes de la implementación de la metodología TPM)</p> <p>X: Implementación de la metodología TPM</p> <p>O₂: Post Prueba (Con la implementación de la metodología TPM)</p>

Fuente: *Elaboración propia 2021*

3.2. Variables y Operacionalización

Según HERNANDEZ (2014, p.105), “la variable es una propiedad que puede bajar y cuya variación es capaz de medirse u observarse. Propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse.”

3.2.1. Variable Independiente TPM

Para CUATRECASAS & TORREL (2010, p.33), “El Mantenimiento Productivo Total es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como: la participación de todo el personal de la planta, eficacia total, sistema total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención”

Por ello esta herramienta del TPM busca la relación entre el personal y su personal involucrado en los procesos con el fin de optimizar la producción mediante la eliminación de tiempos muertos en los equipos y maquinas además de buscar reducir en su totalidad las averías y mejorar la producción de la empresa.

Dimensiones

- Tiempo Medio entre fallas (MTBF):
Para PISTARRELLI (2010, p.27), “Que este parámetro establece el periodo promedio entre dos fallas de un elemento en un contexto de funcionamiento dado”.

$$MTBF = \frac{Td - Tpm}{Nro\ de\ fallas}$$

Dónde:

- Td = Tiempo disponible
 - Tpm = Tiempo parada-máquina
-
- Tiempo Medio de Reparación (MTTR):
Para PISTARRELLI (2010, p.29), “es la relación entre el tiempo total de intervenciones por restauración y el número total de reparaciones. Es aplicable, además, para un conjunto de ítems cuyas características sean similares y cuando se trata de la misma reparación.”

$$MTTR = \frac{Tpm}{Nro\ de\ fallas}$$

Dónde:

- Tpm = Tiempo parada -máquina

3.2.2. Variable Dependiente Productividad.

Para GUTIERREZ (2014, p.20), sostiene “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtiene en un proceso o en un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos”. La productividad se mide con:

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

Según también ACUÑA (2009, p.33), “nos manifiesta que la productividad incrementa a menos tiempos muertos durante la producción y paradas imprevistas de las maquinas”.

Eficiencia

“Viene a ser el que se encarga de guardar todo el recurso que va usando y los productos o servicios que se obtienen”. (KRAMIS, 1994, p. 56). Según PALACIOS (2015, p.138), “nos menciona que viene a ser los resultados obtenidos con el mínimo recurso empleado, por tal motivo son evaluadas a margen de la eficiencia las cuales son las manos de obra, equipos, materiales, etc.”.

Por lo que el indicador adecuado para guardar todo el esfuerzo de lo implementado, es el indicador de disponibilidad, con el cual se buscará.

Por lo que se define de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$$

Dónde:

- MTBF = Tiempo promedio entre fallas
- MTTR = Tiempo promedio de reparación

Eficacia

Según GUTIERREZ (2014, p.21), “Nos explica, eficacia es considerada con el grado con el cual se realiza las diferentes tareas o

actividades planificadas, los cuales son realizados adecuadamente y así llegar a las metas o resultados previstos. Estos son logrados por la empresa, y a la vez maximizar todos los resultados.

Como bien sabemos es cumplir con los objetivos sin minimizar los recursos, solamente busca llegar al objetivo y cumplir con la meta, también se considera el grado el cual se realiza las distintas actividades planificadas.”

Basado en dicho argumento de la eficacia, el mejor indicador que representa a la eficacia es la Confiabilidad de la maquinaria para operar, el cual según COSTA y GUEVARA (2015, p, 39), “menciona que tiene un tiempo promedio entre fallas es por eso que se busca el funcionamiento óptimo de los equipos o maquinas o a veces en los procesos y además que se encarga de medir aquellas pérdidas que se presentan durante el funcionamiento y no afecta a la producción causadas por el mal funcionamiento, rendimiento que está determinada originalmente por el fabricante”.

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$$

Dónde:

- MTBF = Tiempo promedio entre fallas
- t = Tiempo de Operación

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Unidad de estudio.

El lugar de estudio que se está elaborando en el presente trabajo de investigación es en la Empresa SIMA – CALLAO

3.3.2. Población

Según HERNANDEZ (2014, p.174) “Viene a ser la población en general o también es considerada como un conjunto de especificaciones.

La investigación se define como la población al conjunto conformados por los registros de reporte de falla de compresores de aire, número de paradas y tiempo de reparación que influye en la disponibilidad del suministro de aire comprimido.”

Medida semanal reporte de falla y ocurrencias registrado, así mismo la operación de los compresores de aire, la data será tomada 12 semanas.

3.3.3. Muestra

Según HERNANDEZ (2014, p.175), “menciona que la muestra viene a ser una esencia, también un subgrupo de la población en general que se va a usar o estudiar. Es un Subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”.

El tamaño de muestra es pequeño por lo que será al igual a la población.

3.3.4. Muestreo

Para VALDERRAMA (2015, p.188) señala: “El muestreo es proceso de selección de una parte representativa de la población, la cual permite estimar los parámetros de la población. Un parámetro es un valor numérico que caracteriza a la población que es objeto de estudio”. Es por ello que se considera misma característica de muestra y población según líneas arriba, por conveniencia, ya que se determina la facilidad de acceso. La disponibilidad de los datos, lo cual lo hace rápido y económico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para VALDERRAMA (2016. p. 194), “sostiene que luego de la población y muestra se tiene que buscar los datos adecuados para las variables, en su mayoría sometida por el investigador”.

Para ESTRADA (2017.p.43), “la técnica de recolección de datos se va a dar mediante registros, donde estará escrito el comportamiento generado por el cambio”, es por ello que dicha recolección de datos se hará de manera escrita (fichas de registros y formatos de operación), que se implementarán en la investigación que van relacionadas a las variables y dimensiones.

3.4.1. La Técnica

El presente trabajo de investigación se utilizará la observación de la operatividad de compresores y equipos que involucra el sistema de suministro de aire comprimido, circunstancias de los operadores, esto parte de los datos obtenidos de forma manual, ya que es un llenado diario, así como los reportes de novedades y el mantenimiento que se le da.

- Frecuencia de reporte de falla y paradas de compresores y/o red de suministro.
- Recolección de tiempos de suministro de aire comprimido y paradas de compresores y/o red de suministro.

3.4.2. Observaciones de Campo

Se determinará el motivo el cual se debe la baja eficiencia y saber cuáles son las causas principales en las máquinas que se tiene para el suministro de aire comprimido, se tomará datos de funcionamiento y de parada en dicho sistema, se estará reforzando esta información con el personal operario involucrados en este proceso, así como también el pleno desarrollo e implementación de la herramienta TPM, así se podrá saber el nivel de cumplimiento que se dará con esta nueva propuesta de mejora.

3.4.3. Análisis Documentadas (base de datos)

La información recopilada será tomada de la data diaria que se tiene en la operatividad de las máquinas, reporte de fallas, averías presentadas, novedades de mantenimiento o reparación que involucra el suministro de aire comprimido. El cual busca minimizar los costos involucrados en este proceso, es por ello que estos tiempos quedaran registrados en una base de datos.

3.4.4. Instrumento de recolección de Datos

- Ficha de Observación.

Es un método práctico para poder obtener data de los equipos, la cual se debe desarrollar de acuerdo a la realidad de trabajo.

Para VALDERRAMA (2015, p.195) señala: “Los instrumentos son medios materiales que emplea el investigador para recoger y

almacenar información que pueden ser: formularios, listas de chequeo, inventarios, cuadernos de campo, ficha de datos, etc.”

Es por ello que los instrumentos para la recolección de datos son los siguientes:

- Frecuencia de reporte de falla de compresores de aire.
- Recolección de tiempos de parada de maquinas
- Recolección de tiempos de operatividad de compresores de aire

3.4.5. Validez y confiabilidad de los instrumentos de medición

La validación de los instrumentos son diferentes métodos que se aplica para así evidenciar la confiabilidad del mismo instrumento de medición en los individuos u objetos de estudio para esta investigación.

Según TORRE (2007), “nos menciona que la validez del instrumento viene a ser el grado de exactitud que se logró durante la investigación, esto refleja las características o dimensiones del problema que se encontró al medir. Es por ello que se realiza la validación del instrumento empleados, por este medio se sabrá el nivel de confiabilidad que presenta, para esta obtención de los datos durante el proceso de la investigación”

Además, SALINAS (2017.p.43), “aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para la mejora de la productividad en el área de mantenimiento, en la empresa SIMA – CALLAO., indica que llevar a cabo el trabajo de campo, se ha formulado dos instrumentos de recolección de datos, uno que corresponde para la variable independiente y otro para la variable dependiente, ambos instrumentos de medición han pasado por la prueba de validez y confiabilidad.

Por ello para dar una mayor validación del trabajo de investigación y una buena confiabilidad se dio un visto bueno por juicios de expertos por los ingenieros de la misma Universidad Cesar Vallejo. (Ver anexo 10)

Tabla 1. Validez de los Instrumentos por juicio de expertos

N°	Expertos	Pertinencia	Relevancia	Claridad
1	Dr. Montoya Cárdenas Gustavo	SI	SI	SI
2	Mg. Sunohara Ramirez, Percy	SI	SI	SI
3	Mg. Paz Campaña, Augusto	SI	SI	SI

Fuente: *Elaboración propia 2021*

3.4.6. Confiabilidad

En el siguiente trabajo de investigación se basa en la información recolectada, la cual es original de la empresa SIMA CALLAO, para poder implementar la metodología TPM, y así mejorar la productividad en el Taller.

3.5. Procedimientos

Mediante el diagrama de Ishikawa que se mostró anteriormente, se identificó la problemática de este trabajo, por ello se plantea la matriz de alternativas de solución (Ver anexo 5).

Antes de realizar la recolección de datos se solicitó los permisos respectivos de la empresa SIMA – CALLAO S.A (Ver anexo 12).

3.5.1. Evaluación de la situación inicial del Taller de Gases Industriales

3.5.1.1. Descripción de la empresa

En la empresa SIMA – CALLAO, el Taller de gases industriales es el responsable de suministrar aire comprimido, el cual su demanda es variable y está supeditada por los proyectos que se den en las zonas de Ensamblajes y Diques, donde se dan las actividades de pintado, arenado, usos hidrostáticos y uso de herramientas neumáticas entre otras actividades a fines.

Base Legal:

- RUC de la Empresa: 20100003351
- Razón Social: SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA S.A
- Nombre Comercial: SIMA PERU S.A
- Fecha Inicio Actividades: 12/06/1981
- Tipo Empresa: Sociedad Anónima
- Condición: Activo

Localización:

- Dirección Legal: Av. Contralmirante Mora 1102 – Base Naval del Callao
- Distrito: Callao
- Provincia: Constitucional del Callao
- Departamento: Lima, Perú

Figura 8. Mapa de ubicación de la empresa SIMA – CALLAO



Fuente: página de la empresa <http://www.sima.com.pe/>

Misión de la empresa

Más que una empresa, somos una gran familia de peruanos trabajando para contribuir con la Defensa Nacional y el desarrollo socio-económico y tecnológico del país, liderando proyectos de gran envergadura tanto en industria naval como en metalmecánica.

Visión de la empresa

“Ser reconocidos como el mejor Astillero Naval en Latinoamérica, orgullo de la industria nacional y orgullo de todo el Perú”.

Valores

- Compromiso
- Excelencia al servicio
- Integración

- Integridad

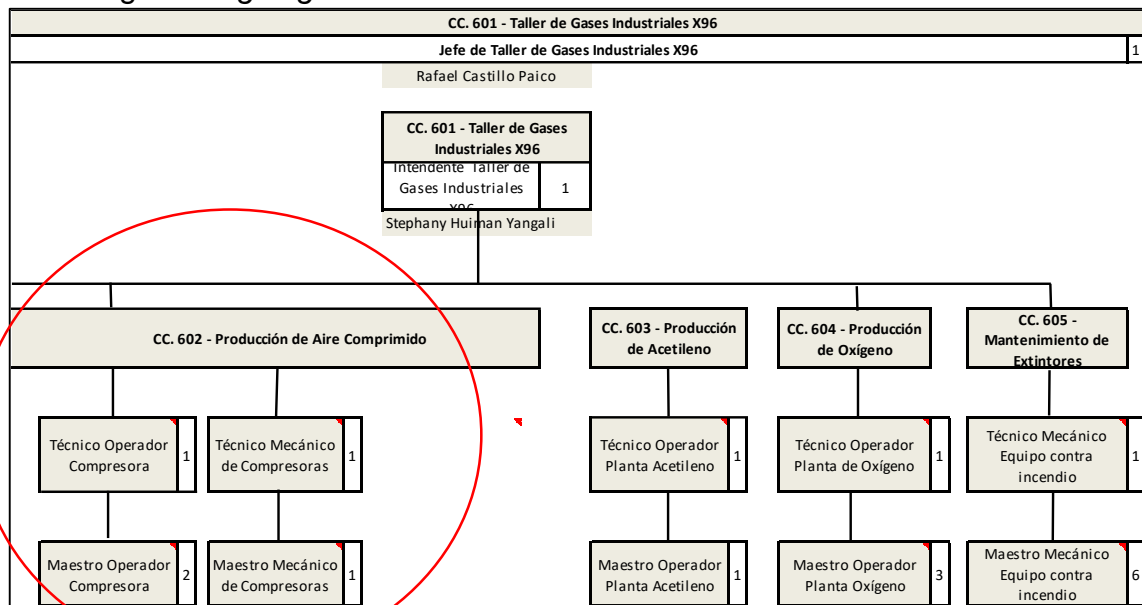
Línea de Negocio

- Construcciones navales
- Reparaciones navales
- Metalmecánica
- Armas y Electrónica

Organigrama

El departamento de mantenimiento y servicios está dirigido por el Cmdt. Cesar Belli Arroyo, el taller de gases industriales por el Ing. Rafael Castillo Paico y supervisado por su Intendente Stephany Huiman Yangali, a continuación, se presenta el siguiente organigrama del taller de gases industriales, su personal técnico y operario, cabe resaltar que este trabajo está enfocado netamente el centro de costo 602: Sistema de suministro de aire comprimido.

Figura: Organigrama de Taller de Gases Industriales



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Proceso productivo de la investigación.

El proceso productivo se basa en una producción por proyecto, por lo que las horas de operación son variables y no definen la productividad de nuestra área.

Existen dos factores, uno es la Demanda y otro la Oferta, en este caso la demanda, está compuesta por Producción, el cual es variable y tiene un promedio de trabajo de máximo 12 horas por día. El otro factor es la oferta compuesta por el Taller X96, el cual mediante su Sistema de Aire Comprimido atiende a Producción. Actualmente la Oferta está sobredimensionada en máquinas, pues nuestro Sistema Eléctrico sólo puede soportar un máximo de 866 HP acumulado, el cual involucra un máximo de 3 compresores operando en paralelo (figura x), siendo éstas condicionales, tomadas para la presente Tesis.

Tabla 2. Potencia máxima por compresor de aire

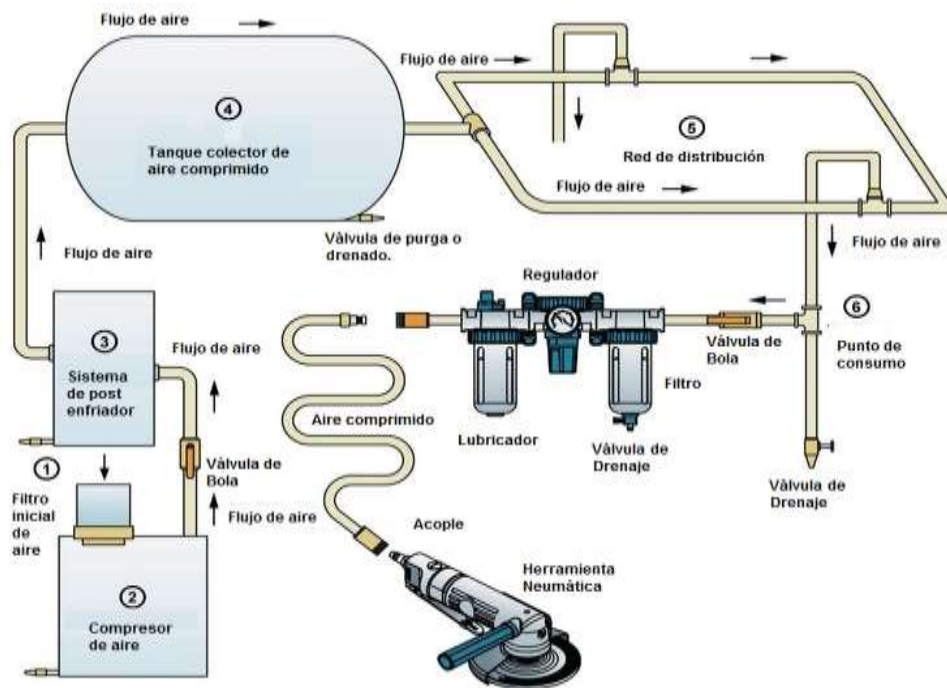
Compresor	Potencia (HP)
001-024	500
041-024	308
047-024	308
014-024	250
015-024	250
016-024	250
070-024 (A)	250
070-024 (B)	250

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Los componentes del Proceso productivo se detallan a continuación:

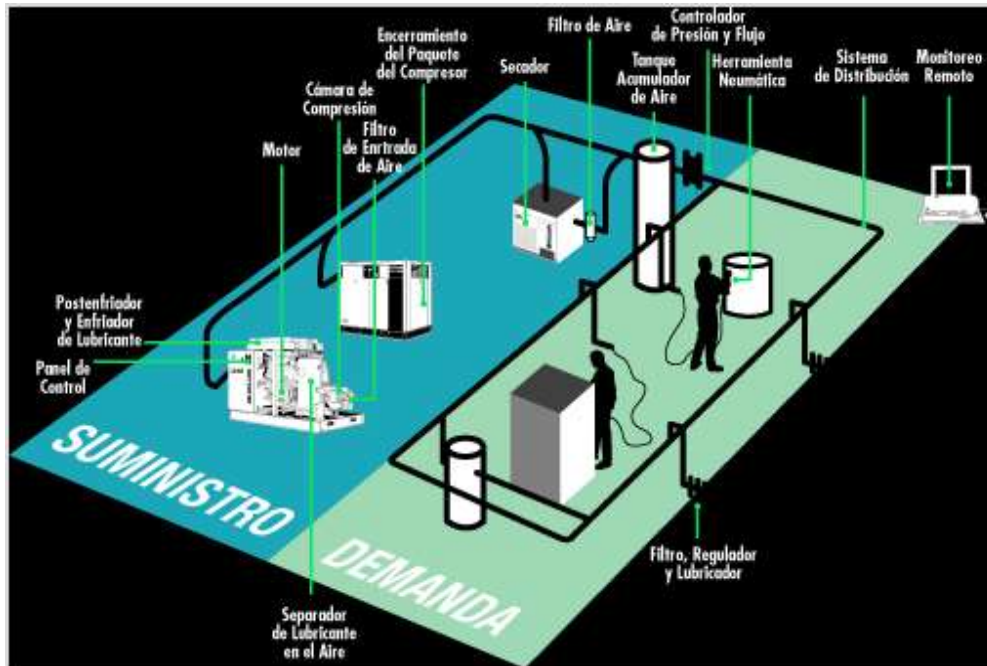
- Oferta (Sistema de Aire Comprimido):
 - Suministro (Compresores, Planta de Tratamiento, Tanques de Almacenamiento)
 - Distribución (Red de aire, Tomas de salida)
- Demanda: Equipos de Consumo (tolvas, equipos neumáticos, máquinas de pintar y de arenar.).

Figura 9. Sistema de suministro de aire comprimido



Fuente: pagina www.Gison.com, Gison Neumatics Tools

Figura 10. Generación de aire comprimido, suministro y demanda.



Fuente: pagina www.Gison.com, Gison Neumatics Tools

De la figura 9 y figura 10, se detalla una breve descripción en que consiste el suministro de aire comprimido, un compresor accionado por un motor eléctrico o de combustión suministra fuerza el paso de aire a través de un filtro el cual comprime hasta una presión de entre 6 y 10 bar y lo almacena, mediante el enfriador. Al momento de usar este aire comprimido pasa del depósito a la línea de distribución en todo el astillero. Para minimizar las pérdidas de presión que se producen al comprimir, los compresores generan una presión de 1,5 y 2 bar por encima de la presión de trabajo por la demanda, de esta manera se ecualiza las fluctuaciones que se producen en el aire comprimido como resultado del consumo de este importante sistema.

A continuación, se detallará cada componente:

3.5.1.2. Descripción de los Compresores.

Los compresores están formados por pistones, bielas, bomba de lubricación, bobinas, anillos de presión y lubricación, cigüeñal, cárter y terminales, que permite que se realice el fluido compresible, la energía obtenida por esta compresión fluye al adquirir más presión y más

energía cinética, entre maquina y fluido se produce un intercambio energético.

Actualmente el taller de gases industriales cuenta con siete compresores, divididas en 3 salas. Para fines de estudio lo trabajaremos con 8 compresores, pues uno de los compresores (070-024) posee 2 motores, los cuales funcionan de manera independiente. Los compresores actualmente presentan falencias en su operatividad, en el mantenimiento poco sincerado, repuestos discontinuados, plazos prolongados de reparación, fallas reiteradas de los compresores de aire y la antigüedad de los mismos. Cabe también mencionar que el Sistema de Aire Comprimido puede soportar un máximo de potencia a producir (866 HP), el cual está dado por el actual sistema eléctrico instalado.

Se detalla a continuación la ubicación de estos compresores por salas.

- Sala de Compresores N°1

Donde se encuentra ubicado el compresor marca Chicago Pneumatic con código 001-024, el más grande del Astillero y el más antiguo con fecha de fabricación del año 1950 y abastece un volumen de aire de 3000 CFM

Se evidencia además que el compresor 0001-024 produce 500 HP como máximo se encuentra en un periodo de mantenimiento largo originando de esta manera pérdida de tiempo en la ejecución de las labores diarias.

Actualmente trabaja a un 80% de su capacidad y sus mantenimientos correctivos y preventivos son muy costosos.

Figura 11. Compresor 001 – 021, Chicago Pneumatic



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

- Sala de Compresores N°2

En esta sala se encuentran los compresores de marca Sullair, con códigos 041-024 y 047-024, con fecha de fabricación de 1994, y poseen una potencia de 274 HP cada uno, los cuales actualmente a un 70% de su capacidad, sus mantenimientos correctivos y preventivos son muy costosos, generalmente registrando problemas en la parte electrónica y la falta de repuestos en la actualidad.

Figura 12. Compresor 047-024 SULLAIR



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 13. *Compresor 041-024 SULLAIR*



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

- Sala de Compresores N°3

Encontramos a los compresores de marca Ishikawajima, con códigos 014-024, 015-024 y 016-024 con fecha de fabricación de 1970, y poseen una potencia de 308 HP, trabajan a un 80% de su capacidad, además que la antigüedad de los equipos hace que el porcentaje de falla sea demasiado alto, gastos constantes de mantenimiento correctivos son muy costosos, generalmente registrando problemas en la parte neumática.

El compresor 014 -024 trabaja con limitaciones debido a la vibración que emite ya que necesita reparaciones en su estructura y alineación en sus elementos.

Figura 14. *Compresor 014-024 IHI*



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

El compresor 015-024 lleva más de un año inoperativo, por la falta de repuestos en el mercado, induciendo a su fabricación lo cual lo hace muy costoso, por otro lado, observaciones eléctricas, necesita un rebobinado de motor y estator.

Figura 15. *Compresor 015-024 IHI*



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

Actualmente el compresor 016-024 se encuentra inoperativo por falta de suministro de repuestos, al igual que el compresor 015-024, este compresor se encuentra inoperativo desde este año en el mes de mayo, por su misma antigüedad y la falta de mantenimiento, tiene también observaciones eléctricas, a lo cual se opta por un rebobinado de motor y estator.

Figura 16. Compresor 016-024 IHI



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

Compresor 070-024, este compresor es el más moderno si se podría decir, fue adquirido hace 7 años y consta de dos unidades, A y B en un solo compresor, aun así, presenta falencia en su operatividad, por fallas en sus enfriadores de aire lo que genera altas temperaturas y por consiguiente paradas inesperadas, ocasionando bajas de presión al suministrar el aire comprimido. Posee una potencia de 250 HP cada unidad.

Figura 17. Compresor Kaeser 070-024 (vista frontal)



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 18. Compresor Kaeser 070-024 (vista trasera)



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

3.5.1.3. Descripción de los Equipos de Tratamiento de Agua.

Para las Salas de compresores N°1 y N°3 se cuentan con sus sistemas de refrigeración a base de agua mediante torres de enfriamiento, como bien dice su nombre estas se encargan de refrigerar el aire gracias a que cuentan con un ventilador externo, conectadas a una red de agua para su adecuado funcionamiento.

Figura 19. Torre de Enfriamiento de sala N°2



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

Figura 20. Torre de Enfriamiento de sala N°1



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

3.5.1.4. Descripción de la Distribución (Redes de aire y Tomas)

Se posee 3140 mts de línea de aire comprimido, las cuales a través de sus tomas de salida son necesarias para cumplir con actividades de arenado, pintado, uso de herramientas neumáticas y otras actividades a fines. Los problemas encontrados en su recorrido que se han encontrado son fugas en las bridas, tomas de aire

deterioradas, red expuesta al a corrosión y válvulas de seguridad y seccionadoras en mal estado, las cuales no tienen un mantenimiento desde hace muchos años, afectando la productividad del Sistema.

La red se compone de tuberías de acero de diámetros de 8", 6" y 4". La red troncal partiendo de la Sala de Compresoras N°1 (Compresora Chicago Pneumatic 001-024), hacia el lado Norte tiene un tamaño de 1,400 m y por el lado Sur 1,740 m, aproximadamente.

Por el lado Norte se suministra aire comprimido con una presión del rango del 80 -100 PSI, a los Talleres, de Construcciones Navales, Dique Seco, las diez naves (Talleres: X-92, X-42, X-90 y X-39), ubicados en el lado Sur Dique Seco, las dos Naves (Taller X-37), Lado Norte del Dique Seco, Muelle Antedique y de Reparaciones, Taller X-51, X-81 y DAE.

Por el Lado Sur se suministró Aire Comprimido, a la maquina Granalladora, Talleres de Mantenimiento, Taller de Calderería Liviana, Carpintería, Las tres Losas de Subensamble, las dos Gradas, Taller Anexo X-32, Muelle Montaje y la zona de arenado (Pampa).

Las Redes de tuberías internas que existen dentro de los Talleres tienen un diámetro menor a 4" como son los Talleres: Construcciones Navales (X-40), Mantenimiento (X-35), Carpintería, Calderería liviana (X-40), las diez naves de los Talleres: Maniobras (X-92), Maquinas Navales (X-32), Tratamiento de Superficies (X-90), Motores Navales (X-39), las dos naves del Taller de Maquinado (X-37), Electricidad (X-51), Metalurgia (x-81) y División de Armas y Electrónica (DAE).

El total sería doce (12) Talleres que cuentan con sus redes internas (Ver anexo "Plano de Red de Aire Comprimido" y anexo 3 "Relación de Tramos de la red de aire comprimido).

Tabla 3. Red de Tuberías de Sistema de aire comprimido.

RED DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO		
Lado Norte		
Diámetro de tubería	Longitud en Metros	Longitud Total en Metros.
4"	850	1400
6"	450	
8"	100	
Lado Sur		
Diámetro de tubería	Longitud en Metros	Longitud Total en Metros.
3"	50	1740
4"	1040	
6"	500	
8"	150	
LONGITUD TOTAL DE LA RED		3140

Fuente: Archivos de sima – callao.

A continuación, se muestra fotografías de las falencias que tiene actualmente la red de tuberías del suministro de aire comprimido: tanto como tuberías, bridas, tomas de anclaje, canaletas con desperdicios.

Figura 21. Válvulas seccionadoras rotas de aire comprimido



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 22. Tomas de aire comprimido en malas condiciones.



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 23. Tuberías de aire comprimido en malas condiciones



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 24. Manifolds de aire comprimido en malas condiciones



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

Figura 25. Valvulas de anclaje deterioradas



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

3.5.1.5. Descripción de los Tanques de Almacenamiento

Se posee cuatro (04) tanques de almacenamiento de aire comprimido, estos distribuidos en los puntos de las tres (03) salas de compresores de aire, con el fin de almacenar en gran cantidad el aire trabajado por los compresores para así abastecer los puntos cercanos de trabajos de las actividades ya mencionadas.

Figura 26. Tanques de aire Comprimido - Sala N°1 y N°3



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

Figura 27. Tanque de aire comprimido - Sala N°2



Fuente: fotografía en sima – callao 2021

3.5.1.6. Descripción de Equipos de Consumo (tolvas y equipos neumáticos).

Los equipos que se poseen a los cuales que se conecta nuestro Sistema de Aire Comprimido, está compuesto por tolvas de arenado, equipos neumáticos y equipos de pintar, los cuales su demanda varía de acuerdo a lo Proyectos en las Embarcaciones que ingresan a los Diques, y trabajos para los clientes internos como reparaciones estructurales en los Talleres.

Figura 28. Tomas de aire comprimido en malas condiciones



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

3.5.1.7. Descripción del mantenimiento en la empresa.

En la empresa SIMA – CALLAO, en el taller de gases industriales parte de la sección de mantenimiento y servicios, el taller si emplea el mantenimiento, tanto como preventivo y correctivo.

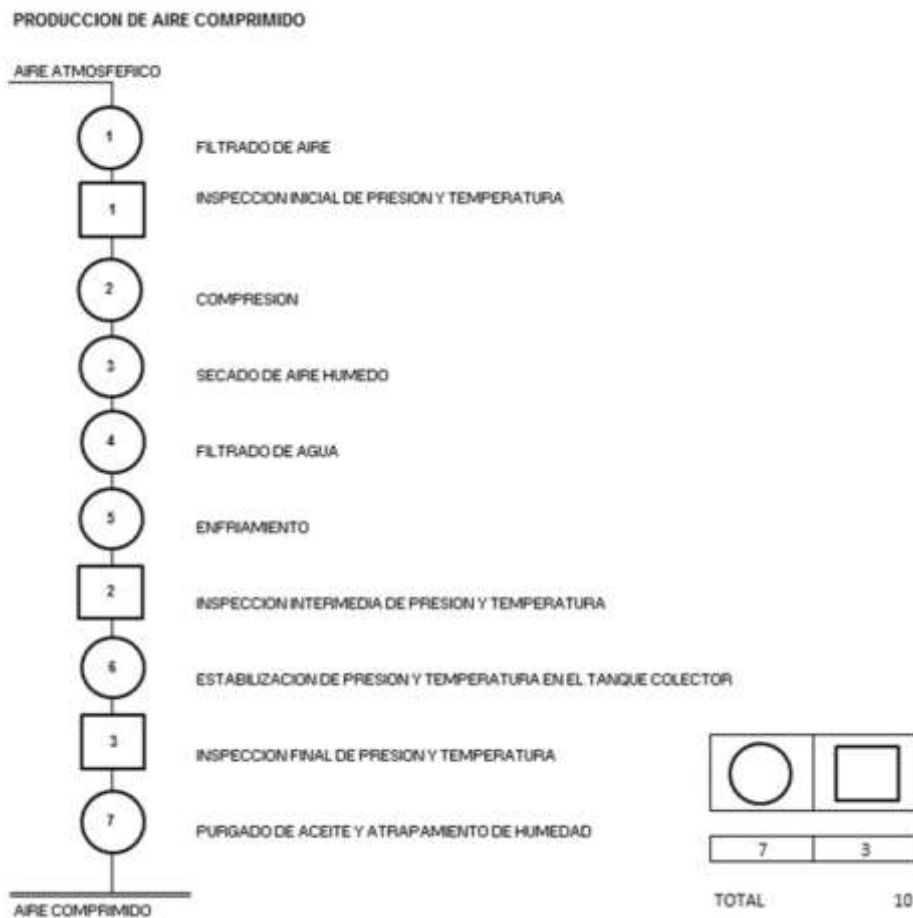
- Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo actualmente abarca maquinas críticas, según manual. Y se basa en tiempos según experiencia, considerando acciones básicas para su conservación, siendo esto insuficientes por su alto costo de mantenimiento correctivo.

- Mantenimiento Correctivo.

Se interviene como un mantenimiento correctivo al presentarse alguna falla o avería durante la operatividad y funcionamiento de los compresores de aire, así como también en los ensambles de trabajo con algún reporte sobre fugas y/o ruptura de alguna toma, brida, empaque para cambio. En cuanto a reparación de estas novedades los que informan son los técnicos que están presente al día a día en sus actividades , reportando su uso y por lo tanto las novedades para su intervención, en esta parte la relación de compresoristas y mecánicos es vital pero como se sabe las practicas básicas no se están realizando ya que los tiempos para realizar este mantenimiento correctivo son muy prolongados por falta de repuestos o materiales, falta de personal para intervenir , demora al dar con la falla.

Figura 29. Diagrama de Operaciones de suministro de aire comprimido.



Fuente: *Elaboración propia 2021*

3.5.2. Descripción del problema

El Sistema de Aire Comprimido se desarrolla en un contexto de producción variable, quiere decir que depende de los proyectos, por lo que nuestra productividad no estará relacionada a las horas de operación, sino a nuestra capacidad de respuesta para la atención de la demanda de los proyectos.

Por lo cual, se empleó herramientas de calidad para poder analizar las causales de nuestro problema, y poder generar acciones de mejora (según anexo 1, 2, 3, 4 y 5), del cual se determinó la implementar el TPM (según anexo 7).

Según lo analizado, y utilizando Pareto (30-70), se puede evidenciar que las principales causales de la baja productividad del Suministro de Aire Comprimido son las siguientes:

- Plan de red inexistente, el cual ha generado un descuido en su estructura, su elemento de conexión entre ellas y en sus dispositivos de salida.
- Fugas y deterioro en las redes de aire comprimido, el cual se da por no contar con inspecciones del estado estructural de su recorrido, generando el aumento de máquinas a prender para poder llegar a la presión necesaria, teniendo en cuenta no pasar las 866 HP máximo.
- Altos costos por mantenimiento, el cual se da por no tener un plan de mantenimiento alineado a un análisis de falla, y por no tener acciones proactivas.
- Elevado número de fallas en las líneas y compresores de aire, los cuales han perjudicado en los tiempos de ejecución de proyectos.

Para esto, se cogió los datos del tiempo parada-máquina, tiempo de operación y N° de fallas, los cuales nos permitirá conocer la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas del Sistema de Aire Comprimido recolectada en un tiempo de 3 meses, para analizarla y poder decidir las acciones a tomar, luego se toma datos nuevamente por un periodo de 3 meses después de haberse implementado el TPM, con el fin de contrastar las mejoras.

A continuación, se muestra las siguientes tablas de recolección de datos Pre – test (Antes de la implementación del TPM).

3.5.2.1. Datos Pre Test

Mediante el instrumento que ha sido validado se recolecto la información inicial de las variables de los indicadores planteados.

Los datos de recolección para la pre test se realizó en el mes de noviembre - diciembre del 2020 y enero del 2021, esto obtenido por los formatos de operación de compresores, reportes de falla y mantenimientos que se haya realizado, así como las reparaciones.

Tabla 4. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (a) por fechas

Mes	Semana	Fecha	Compresor 001 - 024								Compresor 014 - 024							
			Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
NOV	2020.NOV.01	02/11/2020 07/11/2020	84	10.65	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	26.7	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.NOV.02	09/11/2020 14/11/2020	84	22.53	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	0	84	2	308	0.00	S/. 3,500.00	S/. -
	2020.NOV.03	16/11/2020 21/11/2020	84	19.6	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	17.68	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.NOV.04	23/11/2020 28/11/2020	84	17.85	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	0	32	1	308	0.00	S/. 6,575.80	S/. -
DIC	2020.DIC.01	01/12/2020 05/12/2020	84	12.5	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	18.30	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.DIC.02	08/12/2020 12/12/2020	84	8.45	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	10.45	0	0	308	265.99	S/. -	S/. 35,200.00
	2020.DIC.03	15/12/2020 19/12/2020	84	17.34	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	6.4	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.DIC.04	22/12/2020 26/12/2020	84	0	84	1	500	0.00	S/. 950.00	S/. -	84	11.85	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
ENE	2021.ENE.01	04/01/2021 09/01/2021	84	15.75	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	24.45	48	1	308	265.99	S/. -	S/. 21,437.00
	2021.ENE.02	11/01/2021 16/01/2021	84	22.3	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	6.23	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.ENE.03	18/01/2021 23/01/2021	84	5.2	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	18.3	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.ENE.04	25/01/2021 30/01/2021	84	10.2	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	3.8	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
TOTAL			1008	162.4	84	1	6000.00	5364.08	S/ 950.00	S/ 0.00	1008	144.16	164	4	3696	2659.88	S/ 10,075.80	S/ 56,637.00

Fuente: *Elaboración propia, base de datos TX96*

Tabla 5. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (b) por fechas

Mes	Semana	Fecha	Compresor 015 - 024								Compresor 016- 024							
			Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
NOV	2020.NOV.01	02/11/2020 07/11/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.NOV.02	09/11/2020 14/11/2020	84	0	84	1	308	0	S/. 35,000.00	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.NOV.03	16/11/2020 21/11/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.NOV.04	23/11/2020 28/11/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
DIC	2020.DIC.01	01/12/2020 05/12/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.DIC.02	08/12/2020 12/12/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.DIC.03	15/12/2020 19/12/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2020.DIC.04	22/12/2020 26/12/2020	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
ENE	2021.ENE.01	04/01/2021 09/01/2021	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.ENE.02	11/01/2021 16/01/2021	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.ENE.03	18/01/2021 23/01/2021	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.ENE.04	25/01/2021 30/01/2021	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	0	84	1	308	265.99	S/. -	S/. -
TOTAL			1008	0	1008	12	3696	0	S/ 35,000.00	S/ 0.00	1008	0	1008	12	3696	3191.85	S/ 0.00	S/ 0.00

Fuente: *Elaboración propia, base de datos TX96*

Tabla 7. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020-enero 2021 Pre-Test (c) por fechas

Mes	Semana	Fecha	Compresor 041- 024								Compresor 047- 024											
			Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre				
NOV	2020.NOV.01	02/11/2020 07/11/2020	84	5.6	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	5.6	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.NOV.02	09/11/2020 14/11/2020	84	2	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	2	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.NOV.03	16/11/2020 21/11/2020	84	7.3	24	1	274	230.52	S/.	-	S/.	18,700.00	84	7.3	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.NOV.04	23/11/2020 28/11/2020	84	1.3	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	1.3	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
DIC	2020.DIC.01	01/12/2020 05/12/2020	84	2	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	2	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.DIC.02	08/12/2020 12/12/2020	84	4	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	4	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.DIC.03	15/12/2020 19/12/2020	84	5.6	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	5.6	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2020.DIC.04	22/12/2020 26/12/2020	84	8.5	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	8.5	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
ENE	2021.ENE.01	04/01/2021 09/01/2021	84	4.7	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	4.7	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2021.ENE.02	11/01/2021 16/01/2021	84	2	82	1	274	230.52	S/.	17,000.00	S/.	-	84	2	16	1	274	230.52	S/.	17,000.00	S/.	-
	2021.ENE.03	18/01/2021 23/01/2021	84	0	84	1	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	0	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
	2021.ENE.04	25/01/2021 30/01/2021	84	0	84	1	274	230.52	S/.	-	S/.	-	84	0	0	0	274	230.52	S/.	-	S/.	-
TOTAL			1008	43	274	4	3288	2766.27	S/ 17,000.00	S/ 18,700.00	1008	43	16	1	3288	2766.27	S/ 17,000.00					

Fuente: *Elaboración propia, base de datos TX96*

Tabla 9. Toma de tiempos del mes de noviembre-enero Pre-Test 2020 (d) por fechas

Mes	Semana	Fecha	Compresor 070 - 024 (LADO A)								Compresor 070 - 024 (LADO B)							
			Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
NOV	2020.NOV.01	02/11/2020 07/11/2020	84	28.7	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	20.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2020.NOV.02	09/11/2020 14/11/2020	84	18.2	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	15.4	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2020.NOV.03	16/11/2020 21/11/2020	84	15.9	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	22.6	8	1	250	243.82	S/. -	S/. 22,150.00
	2020.NOV.04	23/11/2020 28/11/2020	84	30.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	17.5	24	1	250	243.82	S/. 254.00	S/. -
DIC	2020.DIC.01	01/12/2020 05/12/2020	84	27.3	24	1	250	243.82	S/. 27,735.00	S/. -	84	32.6	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2020.DIC.02	08/12/2020 12/12/2020	84	22.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	10.8	8	1	250	243.82	S/. 90.00	S/. -
	2020.DIC.03	15/12/2020 19/12/2020	84	15.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	20	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2020.DIC.04	22/12/2020 26/12/2020	84	28.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	22.4	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
ENE	2021.ENE.01	04/01/2021 09/01/2021	84	15.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	19.6	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.ENE.02	11/01/2021 16/01/2021	84	22.6	8	1	250	243.82	S/. 90.00	S/. -	84	27.6	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.ENE.03	18/01/2021 23/01/2021	84	35.2	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	22.5	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.ENE.04	25/01/2021 30/01/2021	84	18	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	15	24	1	250	243.82	S/. 8,584.00	S/. -
TOTAL			1008	278	32	2	3000	2925.86	S/ 27,825.00	S/ 0.00	1008	247	64	4	3000	2925.86	S/ 8,928.00	S/ 22,150.00

Fuente: Elaboración propia, base de datos TX96

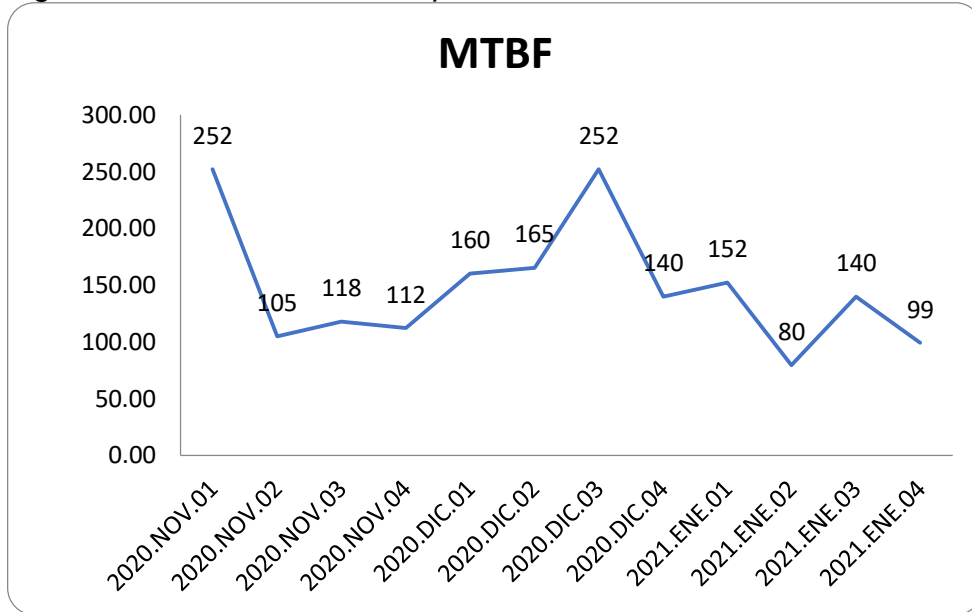
Tabla 10. Toma de tiempos del mes de noviembre 2020 – enero 2021 Pre-Test por máquina

			Totales								INDICADORES				
Mes	Semana	Fecha	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad	Productividad
NOV	2020.NOV.01	02/11/2020 07/11/2020	672	97.75	168	2	2472	1968.31	S/. -	S/. -	252.00	84.00	75%	68%	51%
	2020.NOV.02	09/11/2020 14/11/2020	672	60.13	252	4	2472	1702.32	S/. 38,500.00	S/. -	105.00	63.00	63%	56%	35%
	2020.NOV.03	16/11/2020 21/11/2020	672	90.38	200	4	2472	1968.31	S/. -	S/. 40,850.00	118.00	50.00	70%	46%	33%
	2020.NOV.04	23/11/2020 28/11/2020	672	68.45	224	4	2472	1702.32	S/. 6,829.80	S/. -	112.00	56.00	67%	54%	36%
DIC	2020.DIC.01	01/12/2020 05/12/2020	672	94.70	192	3	2472	1968.31	S/. 27,735.00	S/. -	160.00	64.00	71%	55%	40%
	2020.DIC.02	08/12/2020 12/12/2020	672	60.2	176	3	2472	1968.31	S/. 90.00	S/. 35,200.00	165.33	58.67	74%	69%	51%
	2020.DIC.03	15/12/2020 19/12/2020	672	70.44	168	2	2472	1968.31	S/. -	S/. -	252.00	84.00	75%	76%	57%
	2020.DIC.04	22/12/2020 26/12/2020	672	79.75	252	3	2472	1480.66	S/. 950.00	S/. -	140.00	84.00	63%	57%	35%
ENE	2021.ENE.01	04/01/2021 09/01/2021	672	84.7	216	3	2472	1968.31	S/. -	S/. 21,437.00	152.00	72.00	68%	57%	39%
	2021.ENE.02	11/01/2021 16/01/2021	672	82.73	274	5	2472	1968.31	S/. 34,090.00	S/. -	79.60	54.80	59%	35%	21%
	2021.ENE.03	18/01/2021 23/01/2021	672	81.2	252	3	2472	1968.31	S/. -	S/. -	140.00	84.00	63%	56%	35%
	2021.ENE.04	25/01/2021 30/01/2021	672	47	276	4	2472	1968.31	S/. 8,584.00	S/. -	99.00	69.00	59%	62%	37%
TOTAL			8064	917.43	2650	40	29664	22600.07	S/. 116,778.80	S/. 97,487.00	147.91	68.62	67%	58%	39%

Fuente: *Elaboración propia, base de datos TX96*

En la Figura 30, se muestra los resultados de los datos obtenidos durante el pleno funcionamiento de los equipos, con este indicador se busca obtener que sea el más alto posible, reflejándose así las acciones ejecutadas para el TPM. El promedio que se obtuvo fue de 147.91 horas, el cual en las últimas 3 semanas ha bajado hasta 99 horas, con tendencia a seguir bajando, por lo que la aplicación del TPM era urgente.

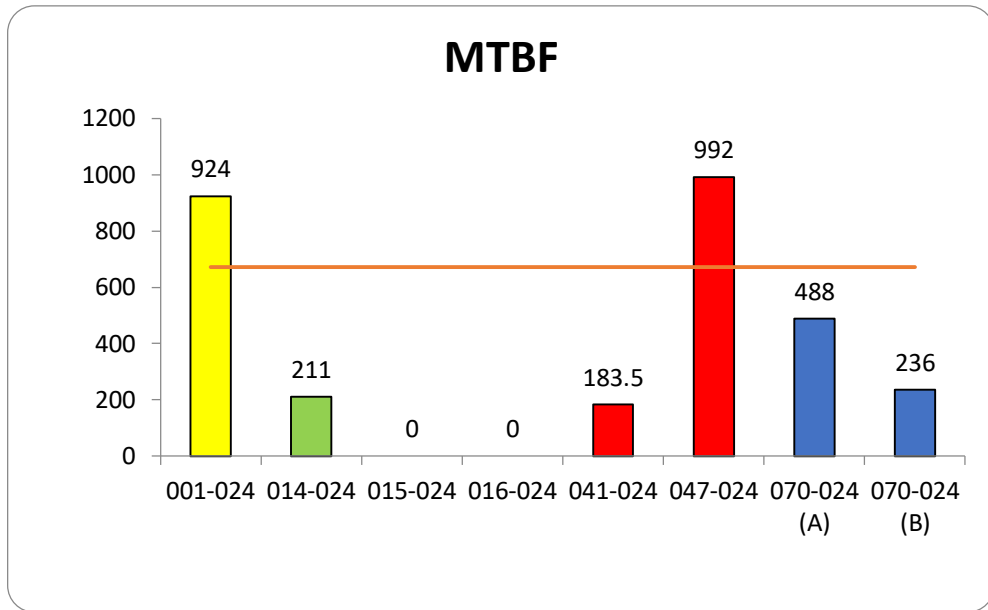
Figura 30. Pre-Test de MTBF por semana



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 31, se puede apreciar el detalle de las máquinas que poseen un menor MTBF, para poder tenerla en cuenta en las acciones de implementación del TPM, siendo las máquinas 014-024, 015-024, 016-024, 041-024, 070-024 (A) y la 070-024 (B), las que menos tiempo tienen.

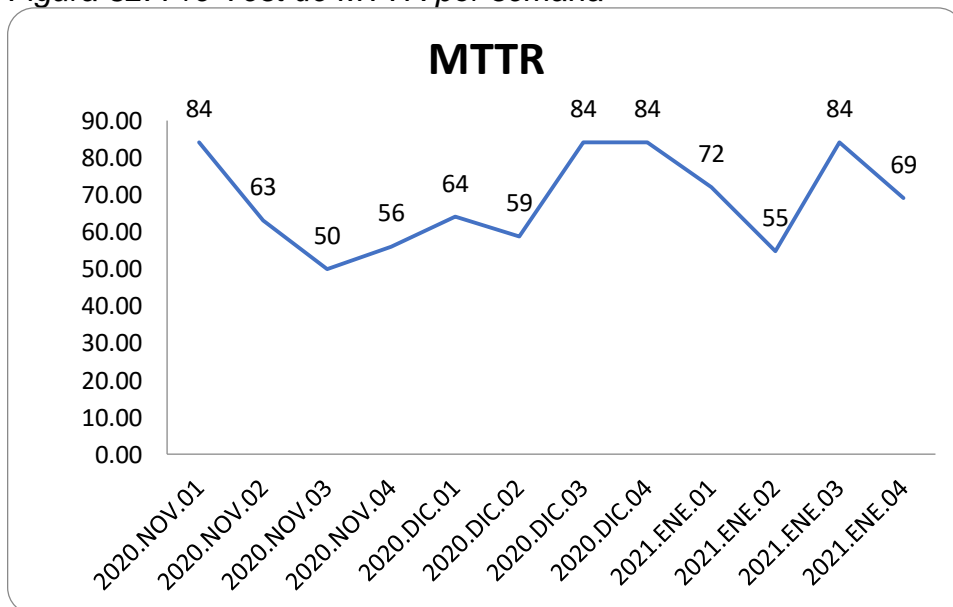
Figura 31. Pre-Test de MTBF por semana



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 32, se muestra los resultados a través del tiempo de MTTR el cual debe ser el menor tiempo posible, habiéndose obtenido un promedio de 68.62 horas.

Figura 32. *Pre-Test de MTTR por semana*

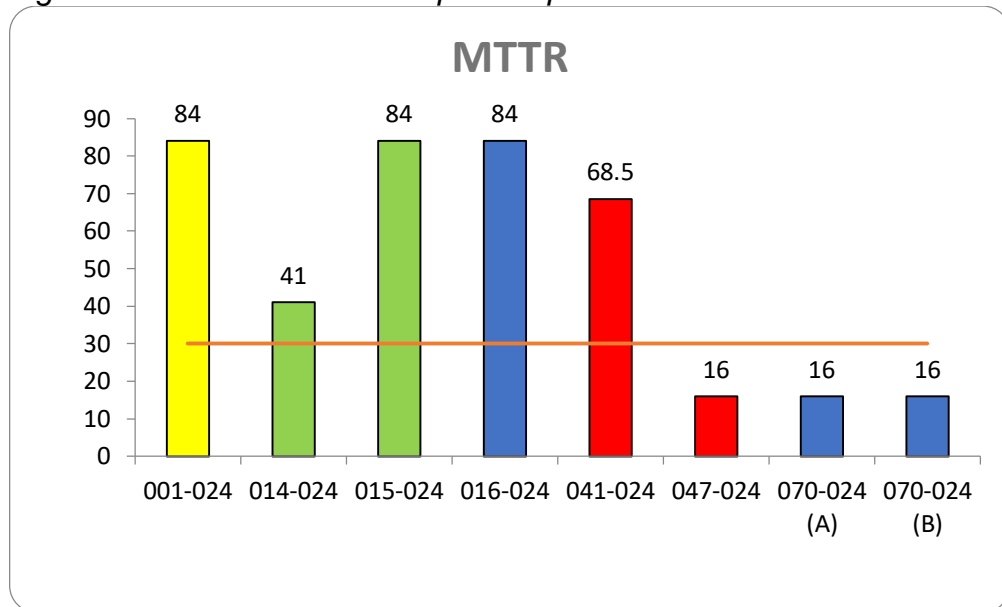


Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 33, se puede apreciar el detalle de las máquinas que poseen un mayor MTTR, para poder tenerla en cuenta en las acciones de

implementación del TPM, siendo las máquinas 001-024, 015-024, 016-024 y 041-024 las que mayor tiempo tienen.

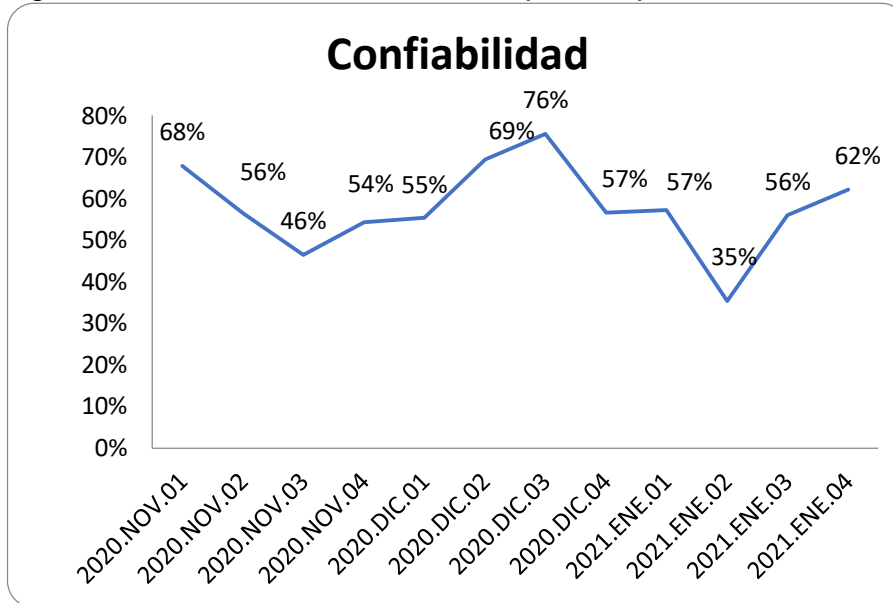
Figura 33. Pre-Test de MTTR por máquina



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 34. Se muestra los resultados, donde se puede observar que se obtuvo un 58% en promedio de confiabilidad, o sea es la probabilidad que las máquinas operen sin fallar. Este porcentaje se da porque existen 2 máquinas inoperativas que generan que la confiabilidad como sistema de aire comprimido se vea afectado.

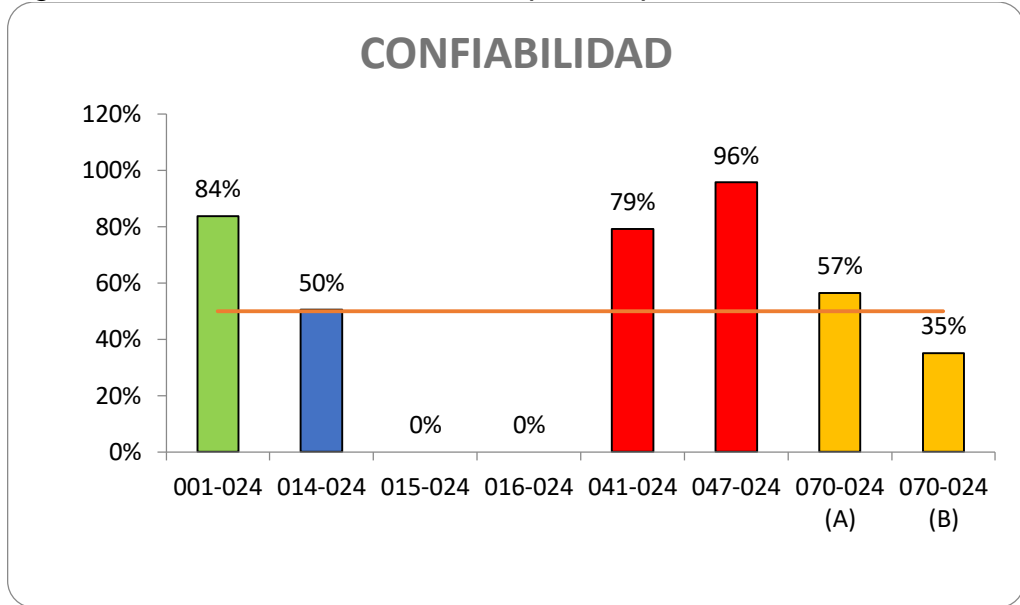
Figura 34. Pre-Test de Confiabilidad por maquina



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

Según la Figura 35. En ella podemos analizar que todas las compresoras excepto la 015-024 y 016-024, poseen 0% confiabilidad. Esta figura nos podrá ayudar con el análisis de falla por compresor, su planificación y ejecución del mantenimiento; y su gestión administrativa para elevar dicha confiabilidad, teniendo en cuenta las limitaciones de cada maquinaria. En ella se puede verificar que las compresoras que necesitan mayor atención son las 015-024, 016-024 y 070-024 (B), los cuales serán el inicio del análisis para la propuesta de mejora.

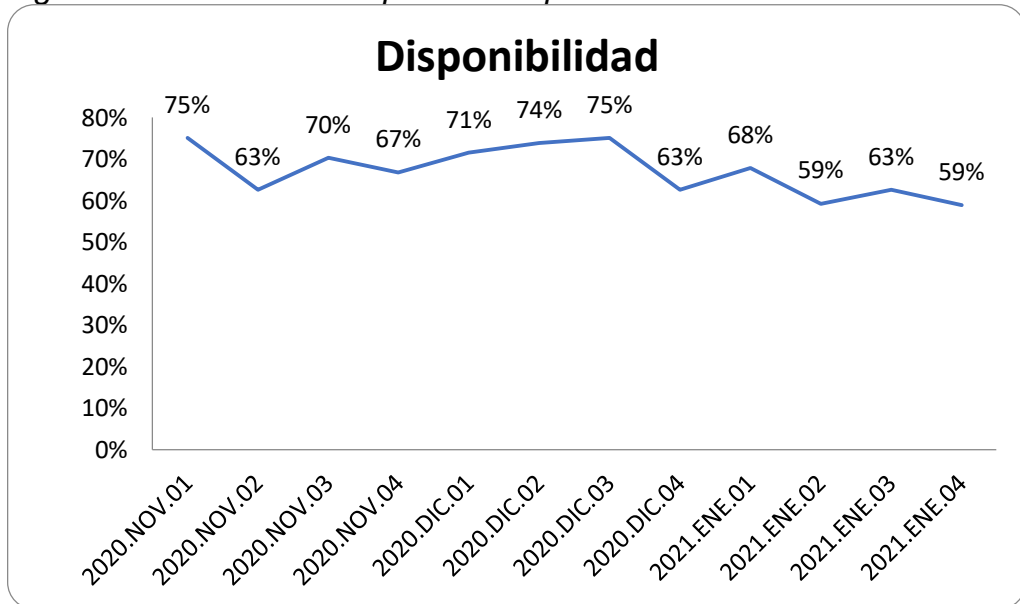
Figura 35. Pre-Test de Confiabilidad por máquina



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 36. Se detalla los resultados que se logró obtener durante los tres meses de toma de datos, lo cual se obtuvo un 67% de promedio de disponibilidad, esto quiere decir que es la probabilidad que la maquinas estuvieron listas para operar.

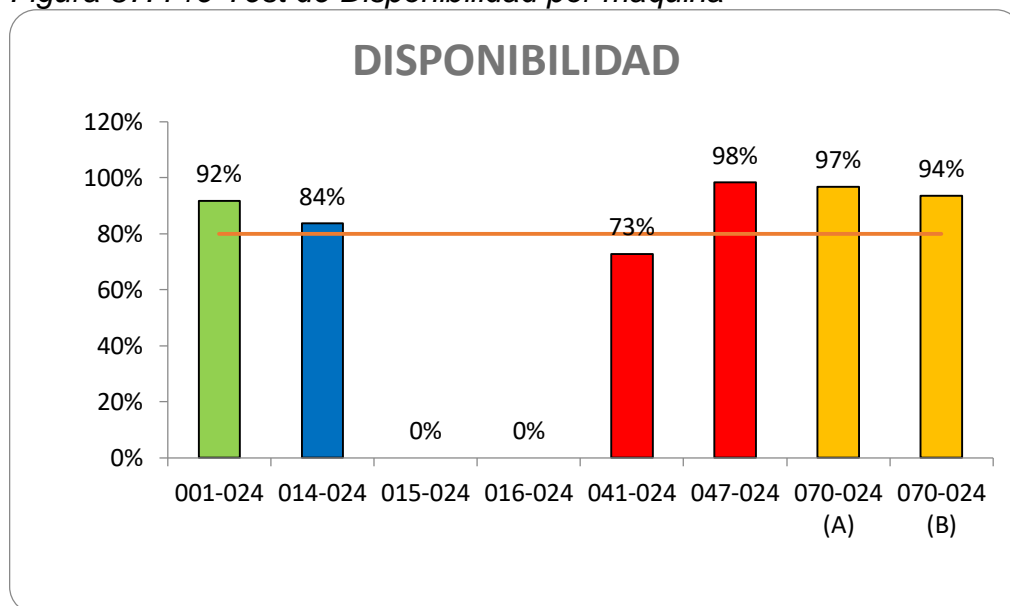
Figura 36. Pre-Test de Disponibilidad por semana



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

En la Figura 37. En ella podemos analizar que todas las compresoras excepto la 015-024 y 016-024, poseen una disponibilidad aceptable por encima o cercana al 73%, siendo la compresora 015-024 y la 016-024 las 2 únicas máquinas INOPERATIVAS. Esta figura nos podrá ayudar a ponerle mayor enfoque a ciertas máquinas con el fin de elevar la DISPONIBILIDAD de nuestras maquinarias.

Figura 37. Pre-Test de Disponibilidad por máquina



Fuente. *Elaboración Propia 2021*

Productividad

Habiendo realizado la recolección de los datos requeridos del pre-test se procede a calcular la productividad inicial en la empresa SIMA – CALLAO del taller de gases industrial. Esta variable se halla en relación de los datos obtenidos de las dimensiones de la eficiencia y eficacia.

$$\text{Productividad} = (\text{eficiencia} \times \text{eficacia}) \times 100$$

Tabla 12. Resultado de productividad inicial – pre test

Eficiencia	Eficacia	Productividad
67%	58%	39%

Fuente: *Elaboración propia 2021*

En esta tabla está el resultado de la productividad inicial del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO como se puede ver este es una productividad del 39%. Por ello es que se plantea la propuesta de mejora bajo la implementación del TPM (Mantenimiento productivo total)

3.5.3. Propuesta de Mejora.

Para la mejora de los problemas que presenta en el suministro de aire comprimido, se observó que se existen varias herramientas y/o metodologías para poder incrementar la productividad del Sistema de Aire Comprimido. La productividad, en nuestro caso, está ligada directamente a que la gestión del mantenimiento tenga la capacidad de mantener la maquinaria operativa cuando ésta sea requerida por Producción, y no se rige por las horas de operación, esto debido a que la demanda es variable y por proyecto, por lo que su medición bajo ese concepto sería errónea. También cabe resaltar, que el Taller de Gases Industriales tiene como cultura instalada la metodología de las 5S. Debido a éstas dos características estamos proponiendo implementar la metodología TPM (Mantenimiento productivo total).

Por ello se ha planteado la implementación de la herramienta del TPM nos damos cuenta que es importante el “pre – test” con la finalidad de observar si la implementación tuvo éxito durante su proceso de desarrollo e implementación en el trabajo de investigación.

Tabla 13. Evaluación de alternativas de solución.

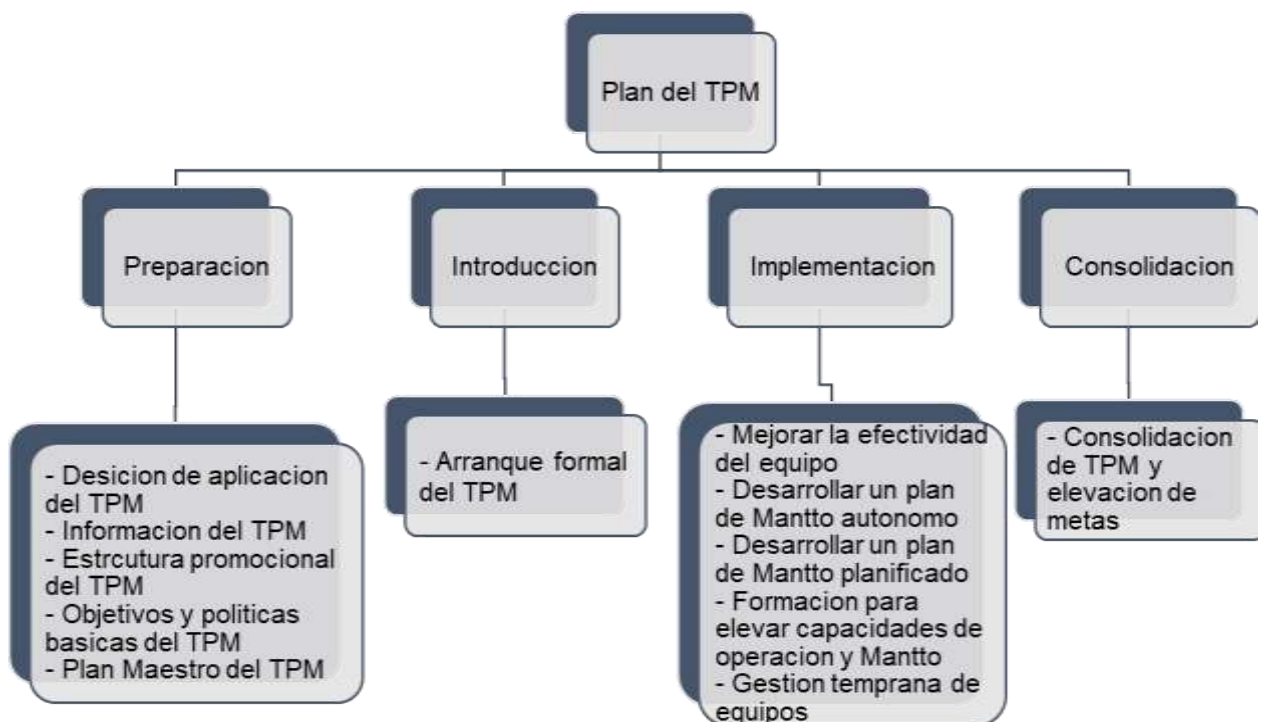
CRITERIOS		
ALTERNATIVAS	DURACION	ENFOQUE
TPM	3 a 5 años	Basado en la prevención, mantenimiento y cuidado ejercido del operador, la participación de la alta gerencia, aprendizaje y mejora continua.
LEAN PRODUCTION	1 – 3 años	Es una filosofía del sistema de organización del trabajo, basado en eliminar aquellas actividades que no aportan valor al proceso y al cliente.
5S	6 meses a 1 año	Tiene como objetivo es mejorar las relaciones interpersonales y ayuda en la gestión de crisis cuando es necesario. Basado en el sentido del orden y dinámicas de trabajo.

Fuente: *Elaboración Propia 2021*

Según nuestra tabla de alternativas no muestra las estas soluciones a los problemas encontrados en la empresa del área de gases industriales, que mediante criterios se consideraron mediante tiempos y criterios financieros, ya que lo que se busca involucrar al personal operario y técnico para así incrementar el suministro de aire comprimido como también minimizar gastos innecesarios, es por ello que no solamente se busca mejorar un solo punto sino también involucrar hombre – maquina en una sola.

Por otro lado, se tiene en cuenta que el objetivo principal de la implementación del TPM es conseguir la máxima productividad de nuestro sistema. El desarrollo del TPM estará centrado en la eliminación de tiempos muertos o de vacío y la reducción de los defectos de los procesos de los equipos maquinarias. También busca el incremento del sistema productivo y la calidad de estado óptimo de los ya mencionado. (Portilla, 2017)

Figura 38. Plan de implementación del TPM



Fuente: Cuatrecasas (2010, p.48), Plan de implementación del TPM”

En la Figura 37. se muestra los 12 pasos que se van aplicar para la implementación del TPM, siendo los siguientes:

Paso 1: Anuncio de la alta dirección de la decisión de aplicar el TPM

En esta etapa se busca que el jefe designado, dé a conocer al personal sobre la herramienta del TPM y dar a conocer las mejoras que se van a conseguir tras su implementación, este anuncio se realizará mediante reuniones en el taller de trabajo.

Por lo que se considera lo siguiente:

- El taller de gases industriales anunciara mediante una reunión la nueva herramienta de implementación del TPM al personal operario que involucra el manejo del sistema de suministro de aire comprimido.
- Designar a un jefe o supervisor encargado de la implementación.
- Brindar la información necesaria sobre la implementación del TPM.

Paso 2: Información sobre la herramienta del TPM

Sobre la implementación del TPM se informará mediante reuniones y campañas informativas a todo el personal de la importancia de implementar el TPM en el Taller.

Paso 3: La estructura promocional del TPM

En este paso se busca delegar las responsabilidades para que involucre al personal e incentivar la implementación de la herramienta.

- Estructura organizacional del TPM (personal jefe o supervisor y personal operario involucrado)
- El compromiso de responsabilidad de realizar las actividades encargadas.

Paso 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos

Para esto se analizará las condiciones actuales existentes y luego se deberá establecer objetivos cuantitativos en base a lo obtenido en el pre-test, para poder tener una base de donde partir y hacia donde llegar, lo cual no ayudará a proveer resultados con el todo personal.

Paso 5: Plan maestro del TPM

Este es uno de los pasos más importantes, ya que en este punto se define los planes que se van a desarrollar, los cuales buscaran el aumento significativo de la productividad en las máquinas.

Paso 6: Arranque formal del TPM

Se informará mediante una reunión principal con todo el personal, el inicio formal del TPM, el cual marcará el inicio de la nueva fase, la implementación.

Paso 7: Mejorar la efectividad de los equipos.

En esta parte se debería identificar los principales equipos y/o máquinas que tienen más pérdidas o fallas para evaluar cuidadosamente y las acciones que se tomará en este proceso de implementación, pero debido a los pocos equipos y tramos de redes con los que se cuenta, se tomará acciones sobre todos ellos.

Paso 8: Desarrollo de un programa autónomo

El Mantenimiento Autónomo consiste en inspecciones rutinarias (checklist) en donde se efectúan actividades de limpieza, chequeos visuales, lubricación de zonas de engrase, revisión de parámetros simples. En este paso, el operario del equipo será el encargado de realizar todas estas actividades, ya que dominan sus procesos y pueden ser capaces de efectuar pequeñas modificaciones que afecten el funcionamiento del equipo y de las redes del Sistema de Aire Comprimido.

Paso 9: Desarrollo del mantenimiento planificado.

En este paso se estará detallando un plan que busque el incremento de la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas para el suministro de aire comprimido, el cual se tendrá a través de un nuevo Plan de mantenimiento preventivo.

Paso 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.

En este paso se busca darle una mayor capacitación en el manejo del Sistema de Aire Comprimido, a través de capacitaciones con representantes de las empresas o curso ligados a las buenas prácticas de operación y detección de fallas.

Paso 11: Gestión temprana de equipos

Como bien sabemos en esta etapa se tendrá como objetivo la prevención del mantenimiento y un diseño que minimice el mantenimiento, para así tomar acciones correctivas que mejoren el sistema de suministro de aire comprimido.

Paso 12: Consolidación del TPM y elevación de metas.

En este último paso se va definir los resultados obtenidos luego de la implementación de las herramientas mencionadas, seguimientos de los resultados obtenidos y la continuación de la mejora a largo plazo.

- Incremento de la productividad en el sistema de suministro de aire comprimido.
- Incremento de confiabilidad y disponibilidad.

Para ello, se propuso en la Tabla 8, el siguiente cronograma de ejecución del TPM. Según VALDERRAMA (2010, p.236), “indica que cronograma es muy importante para la investigación, se indica la distribución de días, meses, año, de las actividades primordiales de la tesis”.

Tabla 14. Cronograma de Ejecución del TPM

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE IMPLEMENTACION DEL TPM																																
ACTIVIDADES	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO											
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
1. Anuncio a la alta dirección de la decisión aplicación del TPM	■	■																														
2. Información de la herramienta TPM		■	■	■	■																											
3. La estructura promocional del TPM			■	■	■																											
4. Objetivos y políticas básicas del TPM			■	■	■																											
5. Plan maestro del TPM					■	■	■	■	■																							
6. Arranque formal del TPM						■	■	■	■																							
7. Mejorar la efectividad del equipo							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
8. Desarrollo de un programa autónomo											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
9. Desarrollo de un mantenimiento planificado.											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento							■	■	■	■																						
11. Gestion Temprana de equipos											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
12. Resultado de mejora de la herramienta TPM.																					■	■	■	■								

Fuente: Elaboración propia 2021

3.5.4. Implementación de la propuesta de mejora.

Luego de realizar los diferentes tipos de análisis del actual sistema de suministro de aire comprimido para empezar con el desarrollo del plan de mejora, se realizará el desarrollo y planificación que beneficiará a la empresa SIMA – CALLAO.

La implementación del TPM o ya bien conocido como mantenimiento productivo total tiene como fin la mejora continua en la empresa, lograr reducir fallas y actuar de manera rápida ante una, involucrando al personal operario y máquinas, logrando así aumentar la productividad en la empresa.

Paso 1: Anuncio a la alta dirección de la decisión de la Alta Gerencia.

Se dio a conocer el beneficio de la aplicación de la metodología TPM y los buenos resultados que traerá al taller de gases industriales de la empresa SIMA CALLAO, siendo la productividad el indicador que se representará aquello, y estará basado en disponibilidad y confiabilidad, Esta decisión fue presentada por el jefe del Taller de Gases Industriales, y contará con el apoyo de supervisores y operarios.

- El jefe de taller anuncia sobre la implementación del TPM

En el taller de gases industriales mediante comunicados, reuniones generales, se informó sobre la implementación de la nueva herramienta del mantenimiento productivo total para la mejora del sistema de suministro de aire comprimido para la mejora de la productividad.

- Designación del jefe de taller a cargo del TPM

El jefe de taller de gases industriales designa a su intendente del taller, que tendrá la responsabilidad en conjunto con el personal operario y mecánico para la implementación de la metodología TPM.

Paso 2: Información de la implementación del TPM

Tras la canalización de la información en la toma de decisión de mejora para la aplicación de la herramienta del TPM (Mantenimiento productivo total) en el taller de gases industriales, el cual tiene la responsabilidad de informar al personal involucrado (jefe de taller, intendentes, operarios y mecánicos), donde se detallará la importancia de su aplicación en la cual se detallará lo siguiente.

- La importancia de la implementación de la herramienta y las mejoras a mediano y a largo plazo en el sistema de suministro de aire comprimido.
- Se da a conocer a todo el personal involucrado en el sistema de suministro de aire comprimido, desde la mayor jerarquía hasta el personal colaborador para que así se demuestre la gran importancia que tiene esta herramienta y los beneficios de su aplicación.

Figura 39. Presentación de la herramienta TPM



Fuente: *fotografía en sima – callao 2021*

Paso 3: Estructura promocional

Se establece la estructura de la organización para el desarrollo de la herramienta TPM, donde se elige al encargado que será responsable para el adecuado seguimiento e implementación del TPM, se delegará las actividades que involucra el sistema de suministro de aire comprimido. A continuación, se detalla el compromiso por estructura organizacional:

- Jefe de taller (director del TPM): Es el máximo encargado de dirigir el desarrollo de la implementación de la herramienta TPM en el área del taller de gases industriales, encargado del suministro de aire comprimido en la empresa SIMA CALLAO.

Funciones:

- Participar en el lanzamiento de implementación de la herramienta TPM.
- Planificar y ejecutar los nuevos objetivos para el plan de mejora en el proceso de implementación de la herramienta.
- Evaluar los recursos que se va emplear para la implementación de la herramienta del TPM.
- Garantizar los tiempos establecidos para la implementación.
- Intendente (Supervisor del TPM): Es el encargado de canalizar la información y el encargado de que se cumpla la ejecución de la implementación de la herramienta del TPM y del personal operario.

Funciones:

- Garantizar el cumplimiento adecuado la implementación de la herramienta TPM.
- Desarrollar la documentación necesaria para cumplir con los objetivos y poder cumplir con la implementación del TPM.
- Llevar control de los indicadores propuestos.
- Levantar información conjuntamente con los operarios sobre los aspectos técnicos a mejorar.
- Elaborar, controlar y analizar los indicadores relacionados a la productividad.
- Capacitar al personal operario y mecánico, sobre la implementación y la documentación y objetivos que éste demande.

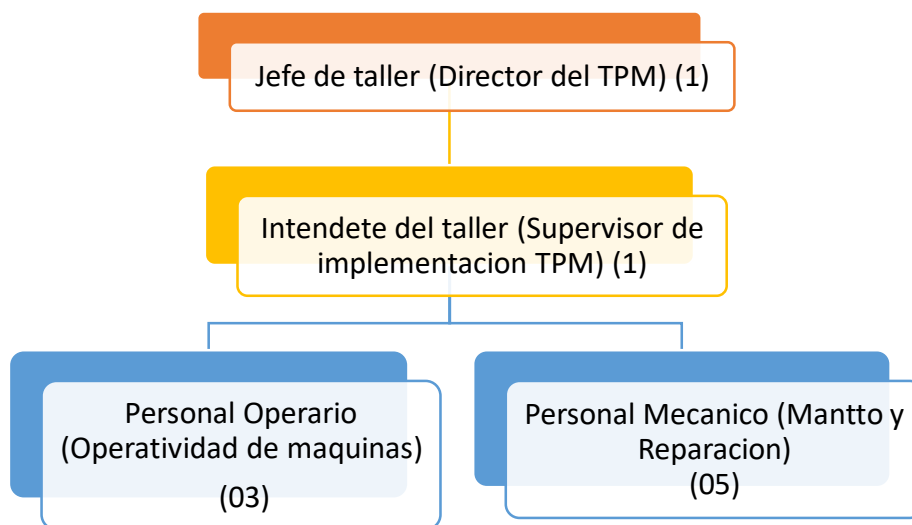
- Seguimiento de la implementación y funcionamiento de la herramienta del TPM.
- Apoyar con conocimientos y delegar responsabilidades para una buena integración del personal a cargo y así lograr un adecuado uso de la herramienta.
- Personal Operario y Mecánico: Es el personal técnico encargado de la operatividad de los equipos y maquinarias, así mismo el personal mecánico son los encargados de la intervención mecánica para el mantenimiento preventivo y correctivo.

Funciones:

- Realizar adecuadamente las actividades correspondientes ante la implementación del TPM.
- Participar con nuevos aportes para la mejora del sistema de aire comprimido.
- Realizar un registro de los resultados que va obteniendo ante la implementación de la herramienta TPM.

Se detalla que el jefe de taller e intendente deben estar en constantes reuniones para la toma de decisiones del desarrollo del TPM para la mejora del sistema de aire comprimido, con el apoyo del personal operario y mecánico, así detallar el avance, brindar apoyo y conocimiento en lo que requieran, involucrar en cada las actividades designadas.

Figura 40. Estructura de la organización del comité de TPM



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Paso 4. Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos

- Políticas
 - Elevar el compromiso del personal al realizar sus respectivas actividades para así reducir averías.
 - Prolongar el incremento de la vida útil de los equipos y maquinarias.
 - Incentivar las buenas prácticas e involucrar al personal del taller con relación a la mejora mediante la herramienta del TPM.

- Objetivos y metas
 - Incrementar la productividad mayor al 50% del sistema de suministro de aire comprimido.
 - Mejorar la eficacia, a través de la confiabilidad en las máquinas del sistema de suministro de aire comprimido.
 - Mejorar la eficiencia a través de la disponibilidad de las maquinas del sistema de suministro de aire comprimido.
 - Reducir el tiempo de reparación del sistema de suministro de aire comprimido.
 - Elevar el tiempo entre fallas de los compresores del sistema de suministro de aire comprimido.
 - Optimizar el consumo de energía de los compresores.

Paso 5: Plan maestro del TPM

Establecer un plan concreto para la implementación de la herramienta del TPM, en la cual se integrará actividades secuenciales para las metas ya propuestas, por ello efectuaremos lo siguiente.

- Plan de Mantenimiento autónomo, que contemple todos los compresores y un formato propio.
- Actividades de mejora de la productividad, los cuales buscarán elevar la disponibilidad y a la confiabilidad de los equipos.
- Planes de Mantenimiento Programado, el cual contemplará:
 - Plan de inspección de redes de aire comprimido

- Plan de Mantenimiento de Compresores
- Asegurar la calidad de las actividades de mantenimiento preventivo, la cual se desarrollará mediante la revisión de instructivos y formatos.
- Gestión temprana de equipo, para lo cual se analizará y estipulará las herramientas y materiales necesarios para su adecuado mantenimiento, el cual, combinado con los tiempos adecuados de adquisición, se podrá cumplir con una atención oportuna al programa planificado de mantenimiento.
- Formación y entrenamiento del personal operario y mecánico, basado en análisis de fallas y gestión de mantenimiento.

Paso 6: Arranque formal del TPM

Se pone en marcha la propuesta de implementación del TPM en el taller de gases industriales, se debe transmitir a todo el personal involucrado el interés y disposición de la herramienta del TPM, con el fin de evitar retrasos y tener una mayor coordinación, asignar a los responsables con el fin de tener un correcto seguimiento y reporte.

- Encargado del seguimiento de implementación de gestión Intendente del taller de gases industriales.
- Encargado de salas de compresores para el cumplimiento de actividades Tec.Castro como supervisor de operadores y Tec. Huaman como supervisor de personal mecánico para la intervención de mantenimientos preventivos y correctivos.

Paso 7: Mejorar la efectividad de equipos.

Para las mejoras de efectividad, se tomó en cuenta todos los equipos y sus redes para las mejoras y de acuerdo al análisis descrito en el punto 3.9.7 descripción del problema, se ha presentado las siguientes acciones de mejora por problema:

- a) Problema: Fugas y deterioro en las redes de aire comprimido, para este problema se ha determinado la siguiente solución:

- a1) Plan de mantenimiento de inspección de redes, en el cual se inspeccionarán las redes de aire comprimido por tramo y sus dispositivos de salida, para evaluar su estado.
- b) Problema: Altos costos por mantenimiento, para este problema se ha determinado las siguientes acciones:
 - b1) Revisión de los documentos actuales de recolección de datos diarios, como son los reportes de falla y de operación.
 - b2) Control de costos de mantenimiento y de operación por máquina para generar análisis de operatividad de los compresores, buscando determinar un promedio de horas de operación en relación a su problemática con los repuestos y promedios de fallas.
- c) Problema: Elevado número de fallas en las líneas y compresores de aire, para este problema se ha determinado las siguientes acciones:
 - c1) Crear una base de datos para análisis de fallas por máquina.
 - c2) Listar acciones proactivas y predictivas para evaluar su puesta en los planes de mantenimiento o generar un nuevo plan.

A continuación, se desarrollará cada una de las acciones anteriormente mencionadas:

- a1) Plan de mantenimiento de inspección de redes, en el cual se inspeccionarán las redes y sus dispositivos de salida, para evaluar su estado.

Con esta acción se ha podido recabar el estado actual de las redes de forma visual, y también su actualización en planos. Siendo la base para crear un plan de mantenimiento, el cual se verá en el paso 8.

- b1) Revisión de los documentos actuales de recolección de datos diarios, como son los reportes de falla y de operación.

En los reportes de falla se debe detallar las características de cómo sucedió la falla, para eso el presente formato se detalla cada uno de los campos, para su correcto llenado por parte del personal operador, identificación del tipo de falla que presenta, fecha de la incidencia, nombre del operario y a que encargado se le ésta reportando, para así tener el registro necesario para su intervención correctiva.

Así mismo este formato nos dará una data numérica con cuanta frecuencia falla un compresor de aire teniendo como base para su intervención lo más rápido posible

Figura 41. Nuevo Formato de registro de reporte de falla.

	FORMATO	Código:	
		Versión	
	REPORTE DE FALLA O AVERIA	Fecha	
		Página:	

Maquina y/o Equipo		Detalle de lo encontrado
Codigo		
Lugar de la ocurrencia		
Estado de la máquina		
Fecha y hora de la ocurrencia		
Sistema o elemento que falló		
Horometro		
Reportado por		

Fuente: *Elaboración propia 2021*

En los registros de operación de máquinas, se recolecta la data diaria de la operatividad de los compresores de aire, de ello nos arroja el total de horas operadas en el día y así al finalizar el mes recopilar una data mensual, con el cual llevamos control de las horas máquina, para su respectivo mantenimiento preventivo y analizar posibles fallas.

En este nuevo formato de operación, se detallará la hora de inicio y fin de la operatividad de los compresores y el estado que se encuentra la máquina.

En esta parte de la implementación hemos profundizado en los datos mínimos que debe contar, para poder usarlo y sea llenado de forma correcta, así mismo éste deberá cumplir con lo mínimo exigible para futuras auditorias, ya que en la empresa se rige bajo normativas de calidad, seguridad y ambiental.

Figura 42. Formato de registro de operatividad de compresores.

		FORMATO				Código:	F-23-01-03		
		HORAS DE OPERACIÓN				Versión:			
						Fecha:			
						Página:	1 - 1		
Taller: _____			Equipo: _____			Código: _____			
ID	FECHA	OPERADOR	ESTADO			HORAS DE OPERACIÓN			OBSERVACIONES
			OPER	INOP	MANTTO	H. INICIO	H. TERMINO	H. TOTALES	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

Fuente: *Elaboración Propia 2021*

b2) Control de costos de mantenimiento y de operación por máquina

En este punto se desarrollará los costos de operar cada compresor, con el fin de determinar acciones de operatividad. Las horas de operación promedio son bajo condiciones normales de trabajo.

Figura 43. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario Chicago Pneumatic.

SALA DE COMPRESORA N° 1

PARAMETROS	
CAPACIDAD =	3000 CFM (85 m ³ /min)
POTENCIA ESPECIFICA =	500 HP
EFICIENCIA =	80%
PRESION DE OPERACIÓN =	100 psi
TARIFA ELECTRICA 2013 =	0,3
HORAS DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL =	750 HORAS
HORAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO =	8760

ESTRUCTURA DE COSTOS	
CONSUMO ENERGIA ELECTRICA POR HORA	
500 X 0,746 X 750 X 0,3 =	S/. 104.906,25 Kw/año
	0,8
COSTO CONSUMO ELECTRICO POR HORA	S/. 139,88 Kw/hora.
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (Promedio)	S/. 27.000,00
	<u>S/. 27.000,00</u>
	8760 horas
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORA	S/. 3,08 hora
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ANUAL (Promedio)	S/. 23.000,00
	<u>S/. 23.000,00</u>
	8760 horas
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR HORA	S/. 2,63 hora
COSTO DE MEJORAS (Promedio)	S/. 13.000,00
	<u>S/. 13.000,00</u>
	8760 horas
COSTO DE MEJORAS HORA	S/. 1,48 hora
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN	
COSTO DE ACEITE DE OPERACIÓN = S/. 2000	<u>S/. 2.000,00</u>
TIEMPO DE LUBRICACION = 4000 horas	4000 horas
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN POR HORA	S/. 0,50 hora
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR (MENSUAL)	<u>S/. 2.000,00</u>
	240 horas
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR POR HORA	S/. 8,34 hora
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR HORA	S/. 155,91 hora

Fuente: Elaboración Propia 2021

Figura 44. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario 041 – 024 y 047-024

SALA DE COMPRESORAS N° 2

PARAMETROS (UN SOLO COMPRESOR)	
CAPACIDAD = 1500 CFM (42.5 m ³ /min)	
POTENCIA ESPECIFICA = 274 HP	
EFICIENCIA = 80%	
PRESION DE OPERACIÓN = 100 psi	
TARIFA ELECTRICA 2013 = 0,3	
HORAS DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL = 750 HORAS	
HORAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO = 8760	
CONSUMO ENERGIA ELECTRICA POR HORA	
274	X
0,746	X
750	X
0,3	=
S/. 57.487,50 Kw/año	
0,8	
COSTO CONSUMO ELECTRICO POR HORA	
S/. 76,65 Kw/hora.	
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (Promedio)	
S/. 28.000,00	
<u>S/. 28.000,00</u>	
8760	horas
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORA	
S/. 3,19 hora	
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ANUAL (Promedio)	
S/. 15.000,00	
<u>S/. 15.000,00</u>	
8760	horas
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR HORA	
S/. 1,71 hora	
COSTO DE MEJORAS (Promedio)	
S/. 5.000,00	
<u>S/. 5.000,00</u>	
8760	horas
COSTO DE MEJORAS HORA	
S/. 0,57 hora	
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN	
COSTO DE ACEITE DE OPERACIÓN = S/. 1200	
<u>S/. 1.200,00</u>	
4000	horas
TIEMPO DE LUBRICACION = 4000 horas	
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN POR HORA	
S/. 0,30 hora	
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR (MENSUAL)	
<u>S/. 2.000,00</u>	
240	Horas
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR POR HORA	
S/. 8,34 hora	
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR HORA	
S/. 90,76 hora	
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR LAS DOS COMPRESORAS POR HORA	
S/. 181,52 hora	

Fuente: Elaboración Propia 2021

Figura 45. Costo de producción de compresor eléctrico estacionario IHI 014-024, 015-024 Y 016-024

SALA DE COMPRESORA N° 3

PARAMETROS									
CAPACIDAD = 1500 CFM (42.5 m ³ /min)									
POTENCIA ESPECIFICA = 308 HP									
EFICIENCIA = 80%									
PRESION DE OPERACIÓN = 100 psi									
TARIFA ELECTRICA 2013 = 0,3									
HORAS DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL = 750 HORAS									
HORAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO = 8760									
ESTRUCTURA DE COSTOS									
CONSUMO ENERGIA ELECTRICA POR HORA									
308	X	0,746	X	750	X	0,3	=	S/. 64.620,00	Kw/año
0,8									
COSTO CONSUMO ELECTRICO POR HORA								S/. 86,16	Kw/hora.
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (Promedio)									
<u>S/. 11.000,00</u>									
8760								horas	
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORA								S/. 1,26	hora
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ANUAL (Promedio)									
<u>S/. 22.000,00</u>									
8760								horas	
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR HORA								S/. 2,51	hora
COSTO DE MEJORAS (Promedio)									
<u>S/. 5.000,00</u>									
8760								horas	
COSTO DE MEJORAS HORA								S/. 0,57	hora
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN									
COSTO DE ACEITE DE OPERACIÓN = S/. 6000									
<u>S/. 6.000,00</u>									
TIEMPO DE LUBRICACION = 4000 horas									
4000								horas	
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN POR HORA								S/. 1,50	hora
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR (MENSUAL)									
<u>S/. 2.000,00</u>									
240								horas	
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR POR HORA								S/. 8,34	hora
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR HORA								S/. 100,34	hora
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR LAS TRES COMPRESORAS POR HORA								S/. 301,02	hora

Fuente: Elaboración Propia 2021

Figura 46. Costo de producción de compresora eléctrica estacionaria 070-024

PARAMETROS			
CAPACIDAD = 1500 CFM (85 m ³ /min)			
POTENCIA ESPECIFICA = 250 HP			
EFICIENCIA = 100%			
PRESION DE OPERACIÓN = 100 psi			
TARIFA ELECTRICA 2013 = 0,3			
HORAS DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL = 1500 HORAS			
HORAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO = 8760			
<u>CONSUMO ENERGIA ELECTRICA POR HORA</u>			
250	X	0.746	X
			X
			0.3
			= S/. 83,925.00 Kw/año
			100
COSTO CONSUMO ELECTRICO POR HORA			S/. 55.95 Kw/hora.
<u>COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (Promedio)</u>			S/. 20,000.00
			$\frac{S/. 20,000.00}{8760}$ horas
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORA			S/. 2.28 hora
<u>COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ANUAL (Promedio)</u>			S/. 0.00
			$\frac{S/. 1000.00}{8760}$ horas
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR HORA			S/. 0.11 hora
<u>COSTO DE MEJORAS (Promedio)</u>			S/. 10,000.00
			$\frac{S/. 10,000.00}{8760}$ horas
COSTO DE MEJORAS HORA			S/. 1.14 hora
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN			
COSTO DE ACEITE DE OPERACIÓN = S/. 2000			$\frac{S/. 2,000.00}{4000}$ horas
TIEMPO DE LUBRICACION = 4000 horas			
COSTOS DE LUBRICACION PARA OPERACIÓN POR HORA			S/. 0.50 hora
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR (MENSUAL)			$\frac{S/. 2,000.00}{240}$ horas
COSTO MANO DE OBRA OPERADOR POR HORA			S/. 8.34 hora
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR HORA			S/. 68.32 hora
COSTO TOTAL DE PRODUCCION POR LOS DOS MOTORES (A Y B) POR HORA			S/. 136.64 hora

Fuente: Elaboración Propia 2021

De acuerdo, al análisis de costos por máquina y teniendo en cuenta las nuevas horas de operación promedio anual, se ha determinado las siguientes horas promedio de uso por máquina, con el cual se buscará minimizar los costos de mantenimiento y de operación.

Tabla 15. Horas propuestas de operación anual

Maquina	Horas de Operación Actual x año	Hora de operación propuesta x año	% Operación
Compresora 001-024	750	250	3%
Compresora 041-024	750	750	10%
Compresora 047-024	750	750	10%
Compresora 014-024	750	500	7%
Compresora 015-024	750	0	0%
Compresora 016-024	750	250	3%
Compresora 070-024 (A)	1500	2500	33%
Compresora 070-024 (B)	1500	2500	33%
	7500	7500	

Fuente. *Elaboración propia 2021*

c1) Crear una base de datos para análisis de fallas por máquina.

La base de datos creada fue en función al nuevo reporte de fallas y con el fin de generar estadísticas por tipo de fallas, y poder saber en qué sistema invertir tiempo y presupuesto.

También nos servirá para poder de acuerdo al tipo de falla, crear actividades proactivas que busquen minimizar las fallas recurrentes.

Tabla 17. Base de datos de fallas en compresores de aire TPM

CODIGO	DESCRIPCION	DETALLE DEL RFA	FECHA_REPORTE	CLASIF_FALLA1	CLASIF_FALLA2
47-024	COMPRESORA AIRE ESTACIONARIA	CAMBIO DE INDICADOR DE TEMPERATURA, COMPRESOR DE AIRE SULLAIR, CODIGO 047-024, PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDO, TGI, ALIAS(149992602). REF: INSPECCION. RC	11/02/2021	ELÉCTRICO	INDICADORES EN TABLERO(COMBUSTIBLE, AGUA, ACEITE, PRESION, ETC)
14-024	COMPRESORA M.DE.M.	CAMBIO DE RODAJE , MANTENIMIENTO DE MOTOR DE COMPRESOR DE AIRE, CODIGO 014-024, PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDO, TGI, DMS., ALIAS (149014024). REF: INSPECCION. RC	12/03/2021	MECÁNICO	MOTOR - PARTE MECÁNICA
1-024	COMPRESORA M. DE M.	MONTAJE Y PRUEBAS PARA LANZAMIENTO DE COMPRESOR, CODIGO 014-024, PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDO, TGI., ALIAS (149014024). REF: ISPECCION. RC	12/03/2021	MECÁNICO	ACOPLES MECÁNICOS
1-024	COMPRESORA M. DE M.	CAMBIO DE TUBERIAS DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL COMPRESOR COD. 001-024 DEL TALLER DE GASES INDUSTRIALES X-96. ALIAS (149001024). RC	16/03/2021	MECÁNICO	SISTEMA DE AGUA
14-024	COMPRESORA M.DE.M.	BARNIZADO DEL ESTATOR DEL MOTOR ELECTRICO DEL COMPRESOR, CODIGO 014-024, PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDO, TGI, DMS., ALIAS (149014024). REF: INSPECCION. RC	29/03/2021	ELÉCTRICO	MOTOR ELECTRICO
14-024	COMPRESORA M.DE.M.	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACION DEL COMPRESOR COD. 014-024, TALLER DE GASES INDUSTRIALES X-96. ALIAS (149014024) RC	05/05/2021	HIDRAULICO	ELEMENTOS DE LUBRICACIÓN
14-024	COMPRESORA M.DE.M.	CAMBIO DE VALVULA DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION DEL COMPRESOR, CODIGO 014-024, PRODUCCION AIRE COMPRIMIDO, TGI., ALIAS (149014024). REF: INSPECCION. RC	05/05/2021	MECÁNICO	SISTEMA DE AGUA
16-024	COMPRESORA M.DE M.	LAVADO DE ROTOR Y ESTATOR, REPARACION DE ESTRUCTURA, COMPRESORA IHI, CODIGO 016-024, PRODUCCION AIRE COMPRIMIDO, TGI., ALIAS (149016024). REF: RFA 001. RC	17/05/2021	ELÉCTRICO	MOTOR ELECTRICO
16-024	COMPRESORA M.DE M.	BARNIZADO DEL ESTATOR DE MOTOR ELECTRICO, COMPRESOR IHI, CODIGO 016-024, PRODUCCION AIRE COMPRIMIDO, DMS., ALIAS (149016024). REF: RFA 001. RC	01/06/2021	ELÉCTRICO	MOTOR ELECTRICO
15-024	COMPRESORA M. DE M.	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACION DEL COMPRESOR, CODIGO 015-024, PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDOTALLER, TGI., ALIAS (149015024). REF: RFA 004-X96. RC	24/06/2021	MECÁNICO	ELEMENTOS DE LUBRICACIÓN
14-024	COMPRESORA M.DE.M.	MANTENIMIENTO DE LA VALVULA CHECK DE LA SALIDA DE AIRE DEL COMPRESOR, CODIGO 014-024, PRODUCCION AIRE COMPRIMIDO, TGI., ALIAS (149014024). REF: RFA 003-X96. RC	24/06/2021	MECÁNICO	VALVULAS

Fuente: Base de datos X96

c2) Listar acciones proactivas y predictivas



Acciones proactivas. De acuerdo al análisis de fallas que se implementó durante los 6 meses, se pudo detectar 2 acciones proactivas que se implementaran en las instrucciones mantenimiento programado. Siendo las siguientes:

- Mantenimiento periódico de enfriadores de aire y aceite de compresor Kaeser para evitar reporte de altas temperaturas generando fallas, esto cada 6 meses.
- Tener listo las válvulas de emisión y escape de compresores Ishikawajima, ya que son los que presenta fallas recurrentes, así mismo estimar la compra o fabricación de estos.

Acciones predictivas. En este punto, de acuerdo al análisis de falla, se tomó la decisión de volver a ejecutar inspecciones predictivas bajo la tecnología de análisis vibracional, el cual no es invasiva ni es necesario que la máquina se detenga. Cabe resaltar que para las primeras mediciones se pidió ayuda del área de calidad.

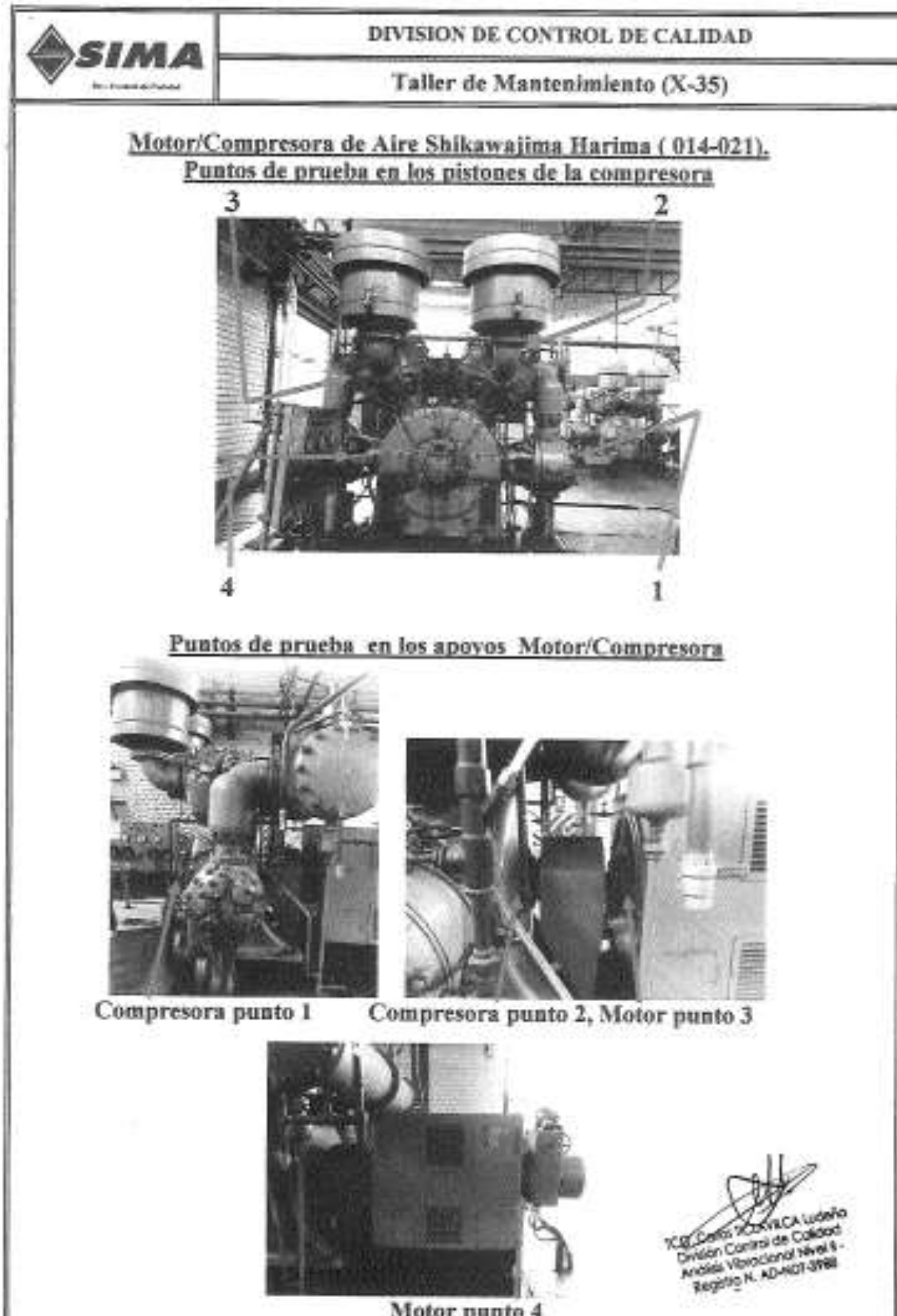
A continuación, se detalla algunos reportes de análisis de vibracional de los compresores de aire, iniciando con los compresores Kaeser 070 – 024 (Unidad A y Unidad B) y Ishikawajima 014- 024

Figura 47. Análisis Vibracional de Compresor 014-024

	FORMATO		Código:	F-27-CC-06-SC
			Versión:	06
RESULTADOS DE NIVELES VIBRACIONALES			Fecha:	05-04-19
			Página:	1-1
N° 021-VAT		Division de Control de Calidad		
Cliente: Mantenimiento (X-35)		Sección: Vibraciones		
Trabajo: Pruebas de análisis vibracional		Efectuado por: C.Ticlavilca Ludeña		
Referencia : SE 211418		P.R.: 5683		
		Fecha: 12/10/2021		
Maquina: Motor/Compresora SHIKAWAJIMA HARIMA 014-024				
Condición de prueba:	Antes Recorrido	En navegación	Con carga	Potencia
	Despues Recorrido	En puerto	Sin carga	Corriente
	Chequear condición	En taller	Rpm	Voltaje
			580	305
Parámetro empleado :	VELOCIDAD (mm/sg)	ACELERACION (Gs)	DESPLAZAMIENTO (Um)	
Punto de Prueba	Plano de medida	VALORES ENCONTRADOS		
		mm/sg		
1 Compresora	Vertical	4.6		
	Horizontal	3.6		
	Axial	3.5		
3 Compresora	Vertical	2.6		
	Horizontal	3.3		
	Axial	3.5		
3 Motor	Vertical	2.2		
	Horizontal	3		
	Axial	4		
4 Motor	Vertical	2		
	Horizontal	3.4		
	Axial	3.8		
Piston 1	Vertical	3.4		
	Horizontal	6.2		
	Axial	4.3		
Piston 2	Vertical	6.8		
	Horizontal	8		
	Axial	4.3		
Piston 3	Vertical	5		
	Horizontal	7.5		
	Axial	3.2		
Piston 4	Vertical	4.8		
	Horizontal	5.2		
	Axial	3.8		
Grado de severidad encontrada según Norma ISO 10816-6				
Límite máximo vibracional : Velocidad (mm/sg): 11 mm/sg				
Los valores obtenidos indican que el Motor/Compresora presenta valores dentro de lo TOLERABLE.				
Conclusiones		Fecha: 14/10/2021	Recomendaciones	
1.- Desbalance _____ 2.- Desalineamiento _____ 3.- Cojinetes malogrados _____ 4.- Amortiguadores defectuosos _____ 5.- Descansos ovalados excentricos en mal estado _____ 6.- Descansos con holguras excesivas _____ 7.- Engranajes en mal estado _____ 8.- Solduras macánicas _____ 9.- Fajas en mal estado _____ 10.- Problemas estructurales. _____ 11.- Otros _____ 12.- Pruebas periódicas de vibraciones _____			Si bien los valores encontrados estan dentro de lo TOLERABLE de acuerdo a la norma indicada, sin embargo al efectuar el analisis vibracional se encontro un desbalance no muy pronunciado del eje cigueñal y un ligero desalineamiento entre el motor y la compresora. Por lo indicado se recomienda efectuar un seguimiento del comportamiento vibracional del motor/compresor a fin de verificar que estos niveles no se incrementen gradualmente ya que esto generaria daños graves al sistema.	
Instrumentos o equipos utilizados:				
Nombre	Modelo	N° Serie	Fecha de calibración	
Vibrómetro	Comtest	43660	27/02/2021	
 C. de F. la Femando RAMIREZ Pereyra jefe de División Aseguramiento de la Calidad		 Ing. Roberto CERVANTES Guyo Jefe División Control de Calidad		


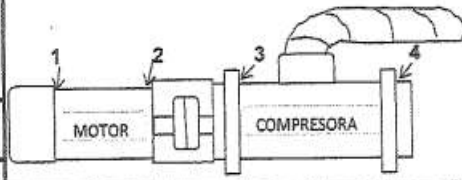

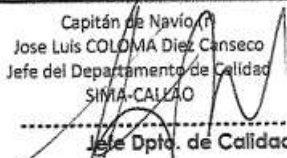

Fuente: Elaboración del Sima Callao 2021

Figura 48. Análisis Vibracional de Compresor 014-024




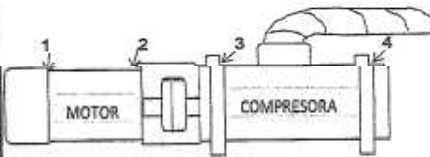



Fuente: *Elaboración del Sima Callao 2021*

Figura 49. Análisis Vibracional de Compresor 070 – 024 (UNIDAD A)

		FORMATO		Código: F-27-CC-06-SC				
		RESULTADOS DE NIVELES VIBRACIONALES		Versión: 06				
Nº 023-VAT Cliente: MANTENIMIENTO(x-35) Trabajo: Pruebas de análisis vibracional			División de Control de Calidad Sección: Vibraciones Efectuado por: C.Ticlavilca Ludeña P.R.: 5683 Fecha: 16/11/2021					
Referencia : SE 211418 Máquina : Compresora KAESER -A								
Condición de prueba:		Antes Recorrido Despues Recorrido En Recorrido	En navegación En puerto En taller	Con carga Sin carga R.p.m	Potencia Corriente Voltaje	200 Kw 60 Amp 220 v		
Parámetro empleado :		VELOCIDAD (mm/sg)	ACELERACION (Gs)	DESPLAZAMIENTO (Um)				
FACTOR DE CRESTA (F.C) : Detector del Valor Pico de la condición del rodamiento (G-s).								
Punto de Prueba	Plano de medida	Valor total (mm/sg)	AMPLITUD/FRECUENCIAS (mm/sg)/ (Hz)					Valor Pico (G-s)
			29.8 hz	150 hz	298 hz	447 hz	745hz	
1 Motor	Vertical	2.6	0.7	2.3			0.7	
	Horizontal	2.4	0.5	0.7		1.3	1.5	
	Axial	1.4	0.1	1	0.6		0.5	
2 Motor	Vertical	1.9	0.3	1.6			0.7	
	Horizontal	1.4	0.2	0.6	0.9		0.9	
	Axial	0.9					0.5	
3 Compresora	Vertical	2	0.1		1.9		0.7	
	Horizontal	1.5	0.1		1.2		0.8	
	Axial	1.4	0.2	0.4	1		0.9	
4 Compresora	Horizontal	1.7	0.3		0.8	0.8	0.9	
	Axial	1.7	0.2	0.7	1.1		0.9	
Grado de severidad encontrada según Norma : ISO 10816-1 Límite max vibracional: 4.5 mm/sg Motor/compresora presenta niveles dentro de los ACEPTABLES			Diagrama de los puntos de prueba					
Grado de severidad máxima en Rodamientos según Norma SKF: 3 G-s Rodamientos se hallan dentro de lo TOLERABLE								
Conclusiones			Fecha: 19/11/2021		Recomendaciones			
1.- Desbalance _____ 2.- Desalineamiento _____ 3.- Cojinetes malogrados _____ 4.- Amortiguadores defectuosos _____ 5.- Descansos ovalados excentricos en mal estado _____ 6.- Descansos con holguras excesivas _____ 7.- Engranajes en mal estado _____ 8.- Solturas macánicas _____ 9.- Fajas en mal estado _____ 10.- Problemas estructurales. _____ 11.-Otros _____ 12.- Pruebas periodicas de vibraciones _____			Se recomienda el efectuar un monitoreo periódico del comportamiento vibracional del sistema Motor/Compresor con el fin de llevar un buen control de las condiciones de los rodamientos por lo que estos resultados obtenidos se tomara como referencia para futuras pruebas vibracionales que se realicen al sistema.					
Instrumentos o equipos utilizados:								
Nombre		Modelo		Nº Serie		Fecha de Calibracion		
Vibrometro		Comtest		43660		27/02/2021		
 C. Ticlavilca Ludeña Jefe División Control de Calidad		 Capitán de Navío (R) Jose Luis COLOMA Diez Canseco Jefe del Departamento de Calidad SIMA-CALLAO Jefe Dpto. de Calidad			 Jefe División Control de Calidad			

Fuente: Elaboración del Sima Callao 2021

Figura 50. Análisis Vibracional de Compresor 070 – 024 (UNIDAD B)

	FORMATO		Código: F-27-CC-06-SC
	RESULTADOS DE NIVELES VIBRACIONALES		Versión: 06
		En navegación	Con carga
		En puerto	Sin carga
		En taller	R.p.m 1785
			Potencia 200 Kw
			Corriente 50 Amp
			Voltaje 220 v
Nº 024-VAT Cliente: MANTENIMIENTO(x-35) Trabajo: Pruebas de análisis vibracional Referencia : SE 211418		División de Control de Calidad Sección: Vibraciones Efectuado por: C.Ticlavilca Ludeña P.R.: 5683 Fecha: 16/11/2021	
Máquina : Compresora KAESER -B			
Condición de prueba:	Antes Recorrido	En navegación	Con carga
	Despues Recorrido	En puerto	Sin carga
	En Recorrido	En taller	R.p.m 1785
Parámetro empleado :	VELOCIDAD (mm/sg)	ACELERACION (Gs)	DESPLAZAMIENTO (Um)
FACTOR DE CRESTA (F.C) : Detector del Valor Pico de la condición del rodamiento (G-s).			
Punto de Prueba	Plano de medida	Valor total (mm/sg)	AMPLITUD/FRECUENCIAS (mm/sg/ (Hz))
			29.8 hz 150 hz 298 hz 447 hz 745hz
1 Motor	Vertical	3.5	0.75 3.3
	Horizontal	1.75	0.6 0.6 0.8 0.8
	Axial	1.7	0.2 0.5 0.7 0.7
2 Motor	Vertical	2.6	0.35 2.3
	Horizontal	1.3	0.2 0.4 0.4 0.4
	Axial	0.9	0.2 1.6 0.65
3 Compresora	Vertical	1.8	0.2 1.6 0.65
	Horizontal	1.7	0.2 0.8 0.8
	Axial	0.9	0.2 2.3 0.6 1.3
4 Compresora	Vertical	2.8	0.2 2.3 0.6 1.3
	Horizontal	1.7	0.4 0.6 1.2
	Axial	0.1	0.2 0.5
Grado de severidad encontrada según Norma : ISO 10816-1		Diagrama de los puntos de prueba	
Limite max vibracional: 4.5 mm/sg			
Motor/compresora presenta niveles dentro de los ACEPTABLES			
Grado de severidad máxima en Rodamientos según Norma SKF:		3 G-s	
Rodamientos se hallan dentro de lo TOLERABLE			
Conclusiones		Fecha: 19/11/2021	Recomendaciones
1.- Desbalance _____ 2.- Desalineamiento _____ 3.- Cojinetes malogrados _____ 4.- Amortiguadores defectuosos _____ 5.- Descansos ovalados excentricos en mal estado --- 6.- Descansos con holguras excesivas _____ 7.- Engranajes en mal estado _____ 8.- Solturas macánicas _____ 9.- Fajas en mal estado _____ 10.-Problemas estructurales. _____ 11.-Otros _____ 12.- Pruebas periodicas de vibraciones _____		Se recomienda el efectuar un monitoreo periódico del comportamiento vibracional del sistema Motor/Compresor con el fin de llevar un buen control de las condiciones de los rodamientos por lo que estos resultados obtenidos se tomara como referencia para futuras pruebas vibracionales que se realicen al sistema.	
Instrumentos o equipos utilizados:			
Nombre	Modelo	Nº Serie	Fecha de Calibracion
Vibrometro	Comtest	43660	27/02/2021
 TCO - C. Ticlavilca Ludeña		Capitán de Navío (r) Jose Luis CARLOMA Díez Canseco Jefe del Departamento de Calidad SIMA-CALLAO  Jefe Dpto. de Calidad	
		Jefe División de Control de Calidad  Jefe División Control de Calidad	


Fuente: Elaboración del Sima Callao 2021

Paso 8: Desarrollo de un plan autónomo

En este paso se desarrollará planes para dos activos:









- Programa de inspección de la red de aire comprimido, para lo cual se consideró un programa de inspección por tramos, y su instructivo el cual se detalla en la figura 51 y figura 52. En los cuales se inspecciona componentes principales como manifolds, válvulas y acoples de anclaje, para luego actuar de forma correctiva.
- Programa de inspección para los compresores, el cual se ejecutará todos los días antes de operar la máquina, para lo cual se rediseño un formato que se poseía y se agregó actividades de mantenimiento autónomo (tabla 14 - 17). Luego de la capacitación, todos los operarios comenzaron a llenar dichos formatos de forma diaria.

Figura 52. Plan de mantenimiento de redes de aire comprimido

		FORMATO														Código						
		PLAN DE INSPECCION DE TUBERÍAS Y TOMAS														Versión	02					
														Fecha	26-12-18							
														Página	1 - 1							
N°	AREA USUARIA	TUBERIAS	COD.	FRECUENCIA	CRONOGRAMA												TALLER	M.O. (HD)	M.O. (\$/.)	MAT (\$/.)	SER (\$/.)	TOTAL
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC						
1	TRAMO 1	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
2	TRAMO 2	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
3	TRAMO 3	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
4	TRAMO 3	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
5	TRAMO 5	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
6	TRAMO 6	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
7	TRAMO 7	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
8	TRAMO 8	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
9	TRAMO 9	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL													X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00

Fuente: Elaboración propia 2021

Figura 53. Instructivos de actividades de plan de redes de aire comprimido.

	FORMATO		Código:	F-23-X35-04-SC		
	INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS		Versión:	05		
			Fecha:	19- 05-21		
			Página:	1 - 1		
División / Taller: RED DE AIRE COMPRIMIDO – TX-96			Centro de costos: 602			
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Anual						
CODIGO	EQUIPO					
DIQUE SECO, ENSAMBLE NORTE, ENSAMBLE CENTRO, ENSAMBLE SUR, GRADA 1º, GRADA 2º, MUELLE MONTAJE, TALLER X-40, TALLER X-41, TALLER X-32, TALLER X-32 TUBERIAS, TALLER X-76, TALLER X-40 CALDERERIA LIVIANA	TOMAS Y TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO					
DESCRIPCIÓN						
Mantenimiento del sistema mecánico.						
HERRAMIENTAS	MATERIALES		INSTRUMENTOS			
	DESCRIPCIONES	CANTIDAD				
- Llaves mixtas - Destornilladores - Francesa - Juego de Llaves Hexagonales	- Válvulas de bola de 2/4 (2123313011) - Acople de 3/4 (2123300931) - Trapo Industrial (8520200062) - Cinta Teflón (0260100300) - Escoba de Mano (8510050059) - Pulverizador de Plástico (8510200050) - Pintura Esmalte Verde Cromo (1615100594) - Thinner (1645100655) - Lija #100 (0418010363) - Brocha de 2" (0406030084) - Brocha de 3" (0406030123)	05 PZ 10 PZ 05 KG 05 PZ 02 PZ 04 PZ 10 GL 05 GL 30 PZ 05 PZ 05 PZ				
ACTIVIDADES			ESPECIALIDAD	H - H		
1. Sistema Mecánico: - Apertura de cajas y comenzar revisión de la condición de la zona de trabajo. - Limpieza de cajas. - Revisar si hay fugas en las zonas críticas (tuercas entre el niple, válvula, acople y manifold). - Desarmar equipos reguladores que presenten fugas y luego hacer el respectivo ajuste o cambio de piezas afectadas. - Equipos que son ajustados, hacer el correcto colocamiento y verificación de funcionamiento. - Verificación y cierre de válvulas. - Cierre de cajas.			4106	40 H-H		
			TOTAL = 40 H-H			
CONTROLES OPERACIONALES						
MEDIO AMBIENTE: 1. Todo residuo sólido será manejado según el código de colores identificado en los receptáculos. 2. Todo residuo líquido se dispondrá en los receptáculos ubicados en los diques de contención de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contención. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de líquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atenderá con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicará a la Brigada del Taller.						
SEGURIDAD Y SALUD: 1. Todo el personal deberá llevar los EPP según lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluación de riesgos y medidas de Mitigación. 2. Verificar la desconexión del sistema eléctrico de la máquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Máquina en mantenimiento". 4. Mantener el área limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseará con agua y jabón.						
USAR				CONOCER		
						
	X	X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR

Fuente: Elaboración propia 2021

Paso 9: Desarrollo del plan planificado

En esta parte de la implementación desarrollaremos lo siguiente:

- Plan de mantenimiento preventivo mejorado.
Teniendo en cuenta las nuevas horas de operación propuestas, se ha generado un cambio en la frecuencia de mantenimiento, buscando sincerar y alinear nuestro plan al TPM. Para ello detallaremos el Plan y los instructivos (materiales y mano de obra). Ver Anexo (17 y 18). Cabe mencionar que los instructivos fueron revisados y se hicieron los siguientes cambios:
 - La frecuencia se determinó de acuerdo a las horas de operación propuestas
 - Se agregaron actividades predictivas como la toma de aceite
 - Se agregaron actividades proactivas como toma de medidas de luces.
 - Se actualizaron los materiales, pues no se presupuestaba todos los materiales.

Paso 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.

La capacitación va enfocada a elevar el conocimiento del personal, con el fin de que aporte en la mejora continua del TPM, mediante capacitaciones en buenas prácticas de operación, análisis de fallas y mantenimiento predictivo, el cual será a través del analizador de vibraciones.

Esta capacitación se realizará por el intendente (ingeniero a cargo) que brindará la información necesaria y despejar las interrogantes. Se presentará dos puntos importantes para involucrar a todo el personal para esta nueva implementación de la herramienta TPM.

- Incentivos en las actividades dadas al personal de trabajo: motivar a los trabajadores del taller de gases industriales al buen cumplimiento de las actividades designadas conllevará a una mejor implementación de la herramienta del TPM. Por lo que se decidió los siguientes incentivos:

- Incentivo del 10% al jornal cuando el personal haya corregido una falla durante sus inspecciones diarias.
- Incentivo del 10% al sobretiempo, si el personal haya podido analizar una falla en base a lo capacitado. (diagrama del árbol)
 - Capacitaciones: el personal encargado de dar la capacitación tiene como objetivo de informar de los beneficios que traerá la implementación de la herramienta, el desarrollo, beneficios y el compromiso desde la alta gerencia y personal técnico. Por lo que se decidió los siguientes temas, los cuales fueron dados por ente externo y por personal interno.


Figura 54. Plan de Capacitaciones

PLAN DE CAPACITACIONES					
TEMAS	MARZO	ABRIL	MAYO	RESPONSABLE	LUGAR
OPERACIÓN DE COMPRESORES	S4			Tec. Dan Castro	Sala de compresor
ANALISIS MDE FALLAS		S3		Ing. Huiman	Sala de compresor
ANALISIS VIBRACIONAL			S1	Sup. Calidad	Sala de compresor

Fuente. *Elaboración propia 2021*

De acuerdo al cronograma de capacitaciones se están tomando los siguientes temas ya que son los principales en intensificar el conocimiento y las buenas prácticas de operatividad para el sistema de suministro de aire comprimido.

Figura 55. Capacitaciones de análisis de fallas.

	FORMATO		Código: F-06-OGI-02
	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO CONTROL DE ASISTENCIA		Versión: 02
		Fecha: 08-03-17	Página: 1 - 2

N° de Registro	
----------------	--

Marcar según corresponda:

<input type="checkbox"/> Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo	<input type="checkbox"/> Gestión Ambiental	<input type="checkbox"/> Gestión de Calidad	<input type="checkbox"/> Gestión BASC	<input checked="" type="checkbox"/> Otros
---	--	---	---------------------------------------	---

Denominación Social/ RUC	<input checked="" type="checkbox"/> SIMA CALLAO: 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA- CHIMBOTE : 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA-IQUITOS S.R.Ltda: 20203866497
Domicilio	<input type="checkbox"/> Av. Contralmirante Mora N°1102 Callao	<input type="checkbox"/> Av. Los Pescadores N° 151 Provincia Santa Región Ancash	<input type="checkbox"/> Av. La Marina N° 1079 Puchana Provincia de Maynas Loreto

Aplicable a todas las Gestiones:


<input type="checkbox"/> Inducción	<input checked="" type="checkbox"/> Capacitación	<input type="checkbox"/> Entrenamiento	<input type="checkbox"/> Simulacro De Emergencia	<input type="checkbox"/> Re inducción	<input type="checkbox"/> Otros
------------------------------------	--	--	--	---------------------------------------	--------------------------------


Aplicable sólo para la Gestión de Seguridad y Salud :

<input type="checkbox"/> Entrega de RISST	<input type="checkbox"/> Re inducción (para casos de personal accidentado)	<input type="checkbox"/> Otros
Actividad Económica : Industrial	N° Trabajadores en el centro :	

Nombre del Capacitador/Entrenador /Responsable	
Tema /Asunto	Análisis de fallas
Fecha:	26/05/21
Hora de:	7:30 a. 2:35


N°	Nombre y Apellido	P.R.	D.N.I	Area / Contratista	Firma
1	RAMOS F. SEGUNDO	9610	08454203	X-96	
2	Morales Valencin H	1505	2582074	X-96	
3	Perez Reyes Carlos	3530	25709211	X-96	
4	Nicolas Flores H	8616	25407981	X-96	
5	Jorge Yalagu Nima	4098	76579010	X-96	
6	Kelly Salazar Jara	4204	44091920	X-96	
7	Jony Melgosa Jara	1943	25801524	X-96	
8	Roberto Flumin HERRERA	3897	21821632	X-96	
9	Stephany Huiman Yajta	4592	70918776	X-96	
10	Juan F. Lebrón E	1306	06162919	X-96	
11	Rubel GILL	4460	18887827	X-96	
12	Giovanni PLAN TALVO L.	3791	43165017	X-96	


 Firma y P.R. del Instructor /
 Responsable de Entrega


 Firma y P.R. Responsable
 del Registro



Fuente: Capacitación de taller de gases industriales X96

Figura 56. Capacitación de operatividad de Compresores.

	FORMATO		Código: F-06-OGI-02
	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO CONTROL DE ASISTENCIA		Versión: 02
			Fecha: 08-03-17
			Página: 1 - 2


N° de Registro				
Marcar según corresponda:				
<input type="checkbox"/> Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo	<input type="checkbox"/> Gestión Ambiental	<input type="checkbox"/> Gestión de Calidad	<input type="checkbox"/> Gestión BASC	<input checked="" type="checkbox"/> Otros
Denominación Social/RUC	<input checked="" type="checkbox"/> SIMA CALLAO: 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA- CHIMBOTE : 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA-IGUITOS S.R.Ltda: 20203866497	
Domicilio:	<input type="checkbox"/> Av. Contrimirante Mora N° 1102 Callao	<input type="checkbox"/> Av. Los Pescadores N° 151 Provincia Santa Región Ancash	<input type="checkbox"/> Av. La Marina N° 1079 Puchana Provincia de Maynas Loreto	
Aplicable a todas las Gestiones:				
<input type="checkbox"/> Inducción	<input checked="" type="checkbox"/> Capacitación	<input type="checkbox"/> Entrenamiento	<input type="checkbox"/> Simulacro De Emergencia	<input type="checkbox"/> Re inducción
Aplicable sólo para la Gestión de Seguridad y Salud :				
<input type="checkbox"/> Entrega de RISST		<input type="checkbox"/> Re inducción (para casos de personal accidentado)		<input type="checkbox"/> Otros
Actividad Económica : Industrial		N° Trabajadores en el centro :		
Nombre del Capacitador/Entrenador /Responsable				
Tema /Asunto	Operatividad de Compresores			
Fecha: 27/03/21	Hora de 7:30 a 7:35			

N°	Nombre y Apellido	P.R.	D.N.I	Area / Contratista	Firma
1	GIORDANI MONTALVO L.	3791	4316509	X-96	
2	Nicolas Flores H.	8616	25407985	X-96	
3	Jorge Yarlesqa Ni-ma	4098	70579010	X-96	
4	Marcos Valencia Huerto	1505	2522074	X-96	
5	Killy Saldamagna J.	4200	44049921	X-96	
6	Boris Emilio Rocoles Marco	1767	44412706	X-96	
7	RODOLFO MEDINA SILVA	1948	18767806	X-96	
8	Francisco Enrique Puy	3550	25709211	X-96	
9	FRANCISCO PUYO YUCCI	3895	21081032	X-96	
10	Stephany Herman Yungli	4592	70918846	X-96	
11	Karel Castillo Pardo	4460	18887822	X-96	
12	JUAN SEGOVIA	1706	06162919	X-96	

 Firma y P.R. del instructor / Responsable de Entrega:	 Firma y P.R. Responsable del Registro:
--	--

Fuente: Capacitación de taller de gases industriales X96

Figura 57. Capacitación de análisis vibracional.

	FORMATO			Código: F-06-OGI-02	
	SISTEMA DE GESTION INTEGRADO CONTROL DE ASISTENCIA			Versión: 02	
				Fecha: 08-03-17	
				Página: 1 - 2	
Nº de Registro					
Marcar según corresponda:					
<input type="checkbox"/> Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo	<input type="checkbox"/> Gestión Ambiental	<input type="checkbox"/> Gestión de Calidad	<input type="checkbox"/> Gestión BASC	<input checked="" type="checkbox"/> Otros	
Denominación Social / RUC	<input checked="" type="checkbox"/> SIMA CALLAO: 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA- CHIMBOTE : 20100003351	<input type="checkbox"/> SIMA-IQUITOS S.R.Ltda: 20203866497		
Domicilio	<input type="checkbox"/> Av. Contralmirante Mora Nº1102 Callao.	<input type="checkbox"/> Av. Los Pescadores Nº 151 Provincia Santa Región Ancash	<input type="checkbox"/> Av. La Marina Nº 1079 Puchana Provincia de Maynas Loreto		
Aplicable a todas las Gestiones:					
<input type="checkbox"/> Inducción	<input checked="" type="checkbox"/> Capacitación	<input type="checkbox"/> Entrenamiento	<input type="checkbox"/> Simulacro De Emergencia	<input type="checkbox"/> Re Inducción	
Aplicable sólo para la Gestión de seguridad y salud:					
<input type="checkbox"/> Entrega de RISST	<input type="checkbox"/> Re inducción (para casos de personal accidentado)		<input type="checkbox"/> Otros		
Actividad Económica : Industrial		Nº Trabajadores en el centro :			
Nombre del Capacitador/Entrenador/Responsable					
Tema /Asunto: Análisis vibracional.					
Fecha: 19/04/21		Hora de 7:30 a 7:35			
Nº	Nombre y Apellido	P.R.	D.N.I	Area Contralista	Firma
1	Francis Fajardo	3550	25709211	X-96	
2	Jorge Melgarejo Jimay	1943	25831524	X-96	
3	Hercules Valenciano N	1505	25920742	X 96	
4	Kelley Saldana	4206	44949872	X-96	
5	Nicolás Ramos V	8616	25403981	X-96	
6	Stephany Huiman Yengeli	0892	70918746	X96	
7	RAMOS F-SEGURIDAD	9600	08455203	X-96	
8	Caruanni Montalvo	3791	63165017	X-96	
9	Rafael Castillo	4460	18887827	X96	
10	RODOLFO HUIMAN	3895	25021632	X-96	
11	Juan C. Legovin Espino	1706	06162919	X-96	
12	José Antequera Nima	4098	2057900	X-96	
Firma y P.R. del Instructor I					

Fuente: Capacitación de taller de gases industriales X96

Figura 58. Capacitación operadores de los Compresores



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Figura 59. Capacitación de Análisis de Falla.



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Paso 11: Gestión temprana de equipos.

Debido a la antigüedad de las máquinas, la gestión temprana de equipos sólo se basará en la atención oportuna de los materiales y herramientas para el su mantenimiento preventivo, para lo cual se revisó los instructivos y de acuerdo a análisis de fallas se tiene algunos repuestos para poseer en stock.

A continuación, se detallar por compresor lo repuestos que se necesita para la atención oportuna de su mantenimiento, el cual está basado en análisis de falla.

Tabla. Repuestos por equipo Compresor

Compresor	Repuesto	Cantidad anual
Compresora 001-024	Babit	1
Compresora 041-024	Radiador	1
Compresora 047-024	Radiador	1
Compresora 014-024	Chaneles para válvulas de escape y de emisión	50
Compresora 015-024		
Compresora 016-024		
Compresora 070-024 (A)	Kit de purga	1
Compresora 070-024 (B)	Kit de purga	1

A continuación, se detallará los nuevos instructivos por compresor:

Paso 12: Resultado de la mejora de la herramienta (TPM)

Después de realizar la implementación de la herramienta del TPM en la empresa SIMA CALLAO, se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al post – test.

3.5.5. Datos Pos – test: a continuación, se tiene los resultados luego de la implementación del TPM, donde se evidencia la mejora resultados tomados del mes de agosto, setiembre y octubre del 2021.

Tabla 21. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (a) por semanas

Mes	Semana	Compresor 001 - 024								Compresor 014 - 024							
		Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
AGO	2021.AGO.01	84	5	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	23	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.AGO.02	84	2	12	1	500	487.64	S/. -	S/. 11,878.71	84	26	24	2	308	265.99	S/. 12,995.00	S/. -
	2021.AGO.03	84	4	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	29	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.AGO.04	84	3	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	24	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
SET	2021.SET.01	84	4	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	9	12	1	308	265.99	S/. 3,181.00	S/. -
	2021.SET.02	84	4	0	0	500	487.64	S/. 5,251.48	S/. -	84	12	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.SET.03	84	3	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	11	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.SET.04	84	3	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	10	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
OCT	2021.OCT.01	84	3	0	0	500	487.64	S/. 4,312.00	S/. -	84	15	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.OCT.02	84	5	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	16	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.OCT.03	84	2	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	13	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.OCT.04	84	5	0	0	500	487.64	S/. -	S/. -	84	18	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
TOTAL	1008	43	12	1	6000.00	5851.73	S/ 9,563.48	S/ 11,878.71	1008	206	36	3	3696	3191.85	S/ 16,176.00	S/ 0.00	

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Tabla 22. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (b) por semanas

Mes	Semana	Compresor 015 - 024								Compresor 016- 024							
		Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
AGO	2021.AGO.01	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	12	0	0	308	265.99	S/. 4,748.00	S/. -
	2021.AGO.02	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	10	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.AGO.03	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	5	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.AGO.04	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	9	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
SET	2021.SET.01	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	13	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.SET.02	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	7	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.SET.03	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	11	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.SET.04	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	16	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
OCT	2021.OCT.01	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	17	0	0	308	265.99	S/. 3,688.99	S/. -
	2021.OCT.02	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	12	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.OCT.03	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	8	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
	2021.OCT.04	84	0	84	1	308	0	S/. -	S/. -	84	9	0	0	308	265.99	S/. -	S/. -
TOTAL		1008	0	1008	12	3696	0	S/ 0.00	S/ 0.00	1008	129	0	0	3696	3191.85	S/ 8,436.99	S/ 0.00

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Tabla 24. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (c) por semanas

Mes	Semana	Compresor 041- 024								Compresor 047- 024								
		Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	
AGO	2021.AGO.01	84	0	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	2	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.AGO.02	84	0	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	3	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.AGO.03	84	0	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	2	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.AGO.04	84	3	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	0	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
SET	2021.SET.01	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.SET.02	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.SET.03	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.SET.04	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
OCT	2021.OCT.01	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.OCT.02	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.OCT.03	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
	2021.OCT.04	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	S/. -	84	4	0	0	274	230.52	S/. -	-	S/. -
TOTAL		1008	35	0	0	3288	2766.27	S/ 0.00	S/ 0.00	1008	39	0	0	3288	2766.27	S/. -	-	S/. -

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Tabla 25. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test (d) por semanas

Mes	Semana	Compresor 070 - 024 (LADO A)								Compresor 070 - 024 (LADO B)							
		Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre
AGO	2021.AGO.01	84	74	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	74	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.AGO.02	84	76	4	1	250	243.82	S/. 1,135.00	S/. -	84	76	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.AGO.03	84	72	4	1	250	243.82	S/. 970.00	S/. -	84	72	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.AGO.04	84	75	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	75	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
SET	2021.SET.01	84	63	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	72	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.SET.02	84	59	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	73	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.SET.03	84	59	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	69	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.SET.04	84	61	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	71	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
OCT	2021.OCT.01	84	78	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	61	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.OCT.02	84	56	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	63	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.OCT.03	84	67	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	61	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
	2021.OCT.04	84	78	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -	84	63	0	0	250	243.82	S/. -	S/. -
TOTAL		1008	818	8	2	3000	2925.86	S/ 2,105.00	S/ 0.00	1008	830	0	0	3000	2925.86	S/ 0.00	S/ 0.00

Fuente: Elaboración propia 2021

Tabla 27. Toma de tiempos del mes de agosto 2021-octubre 2021 Post-Test por maquinas

		Totales								INDICADORES TOTALES				
Mes	Semana	Td	To	HPM	N° Falla	Po Prog	Po Pro	Cst. Rep	Cst. Pre	MTBF	MTTR	Disponibilidad (eficiencia)	Confiabilidad (eficacia)	Productividad
AGO	2021.AGO.01	672	190	84	1	2472	1968.31	S/. 4,748.00	S/. -	588.00	84.00	88%	72%	63.34%
	2021.AGO.02	672	193	124	5	2472	1968.31	S/. 14,130.00	S/. 11,878.71	109.60	24.80	82%	17%	14.02%
	2021.AGO.03	672	184	88	2	2472	1968.31	S/. 970.00	S/. -	292.00	44.00	87%	53%	46.28%
	2021.AGO.04	672	189	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	73%	63.45%
SET	2021.SET.01	672	169	96	2	2472	1968.31	S/. 3,181.00	S/. -	288.00	48.00	86%	56%	47.67%
	2021.SET.02	672	163	84	1	2472	1968.31	S/. 5,251.48	S/. -	588.00	84.00	88%	76%	66.32%
	2021.SET.03	672	161	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	76%	66.54%
	2021.SET.04	672	169	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	75%	65.64%
OCT	2021.OCT.01	672	182	84	1	2472	1968.31	S/. 8,000.99	S/. -	588.00	84.00	88%	73%	64.21%
	2021.OCT.02	672	160	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	76%	66.65%
	2021.OCT.03	672	159	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	76%	66.77%
	2021.OCT.04	672	181	84	1	2472	1968.31	S/. -	S/. -	588.00	84.00	88%	74%	64.32%
TOTAL		8064	2100	1064	18	29664	23619.69	S/. 36,281.47	S/. 11,878.71	498.47	72.73	87%	66%	58%

Fuente: Elaboración propia 2021

Análisis descriptivo comparativo del pre test y post test

El análisis comparativo, se realiza entre los indicadores de productividad de antes y después de la aplicación de TPM, con el fin de ser más visible su mejora.

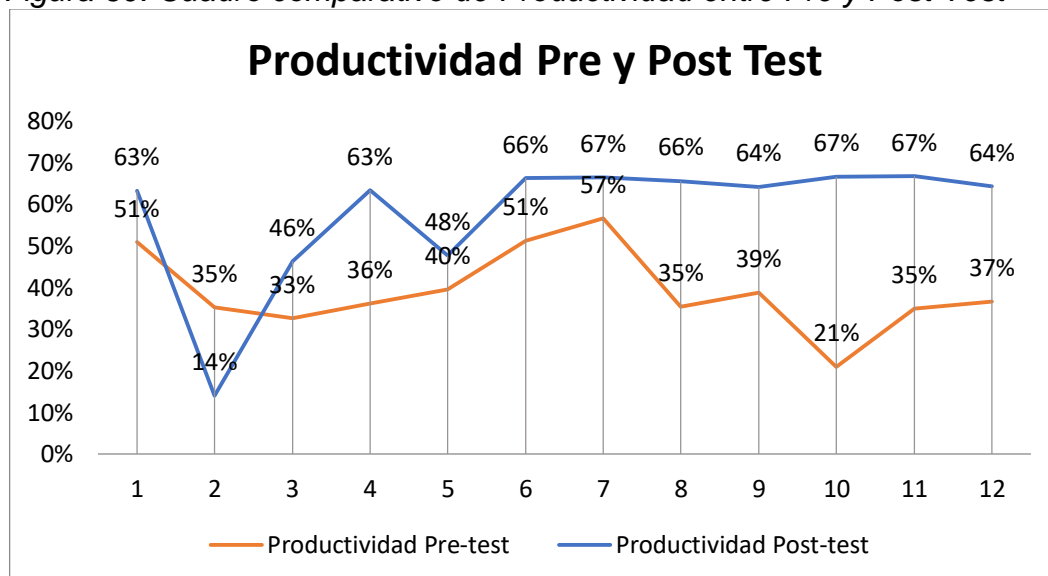
Tabla 29. Cuadro comparativo de Productividad entre Pre y Post-Test

Mes	Semana	Productividad Pre-test	Productividad Post-test
NOV/AGO	1	51%	63%
	2	35%	14%
	3	33%	46%
	4	36%	63%
DIC/SET	5	40%	48%
	6	51%	66%
	7	57%	67%
	8	35%	66%
ENE/OCT	9	39%	64%
	10	21%	67%
	11	35%	67%
	12	37%	64%

Fuente: *Elaboración propia 2021*

En la figura 59, se muestra los resultados de la productividad antes y después del TPM, en el cual se puede visualizar la mejora de 37% a 64% en la última semana.

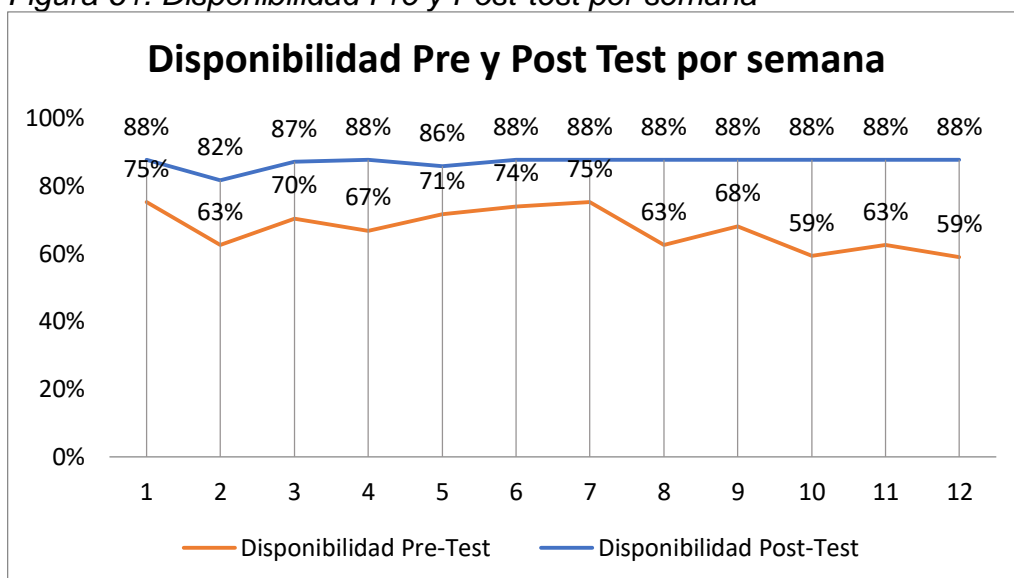
Figura 60. Cuadro comparativo de Productividad entre Pre y Post-Test



Fuente: *Elaboración propia 2021*

En la figura 60, se muestra los resultados de la disponibilidad antes y después del TPM, en el cual se puede visualizar la mejora de 59% a 88% en la última semana, esto dado por las diferentes acciones ejecutadas en la implementación del TPM, el cual asegura que las maquinarias estén disponibles para su alta demanda de producción.

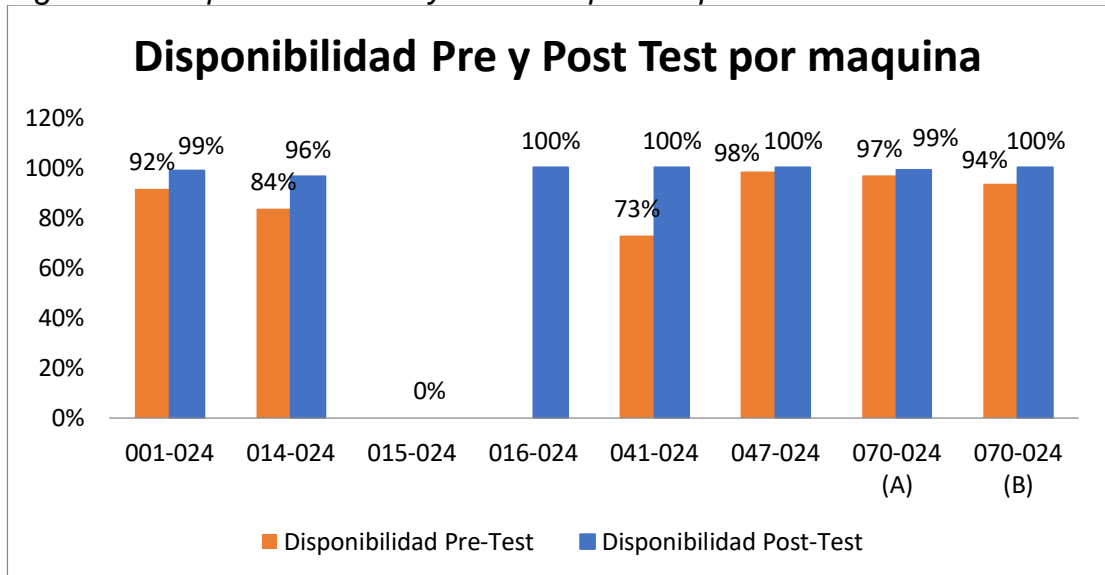
Figura 61. Disponibilidad Pre y Post-test por semana



Fuente: *Elaboración propia 2021*

En la figura 61., se muestra los resultados de la disponibilidad antes y después del TPM por máquina, en el cual nos ayudará a visualizar que el compresor 016-024 volvió a estar disponible, y en los demás compresores como las 041-024 mejoraron su disponibilidad gracias a las acciones de implementación del TPM.

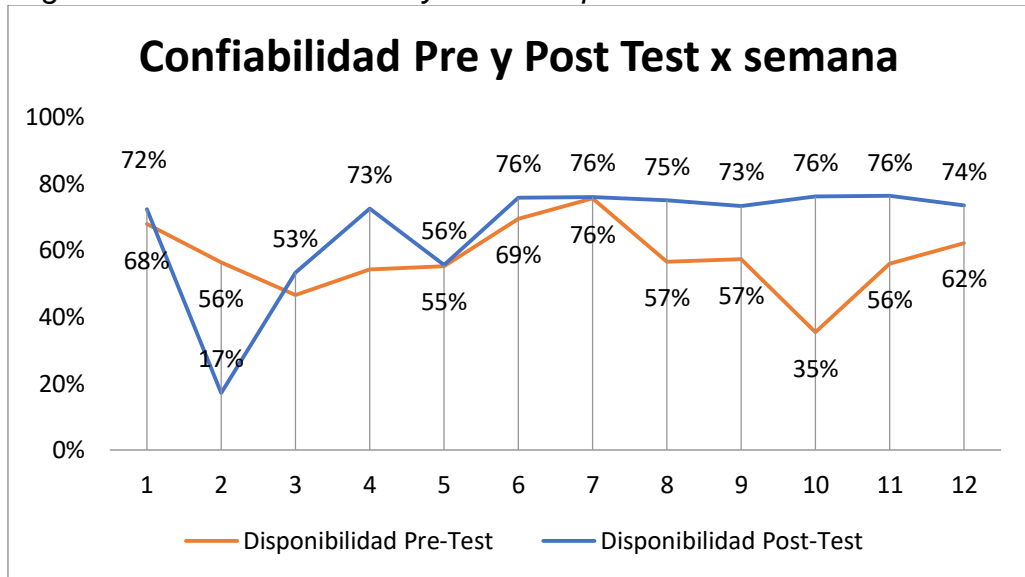
Figura 62. Disponibilidad Pre y Post-test por maquina



Fuente: *Elaboración propia 2021*

En la figura 62., se muestra los resultados de la confiabilidad antes y después del TPM, en el cual se puede visualizar la mejora de 62% a 74% en la última semana, y teniendo un promedio de 66%, esto dado por las diferentes acciones ejecutadas en la implementación del TPM, como la elevación de las horas de operación y el aumento del MTBF, el cual asegura que las maquinarias sean los más confiables para su alta demanda de producción

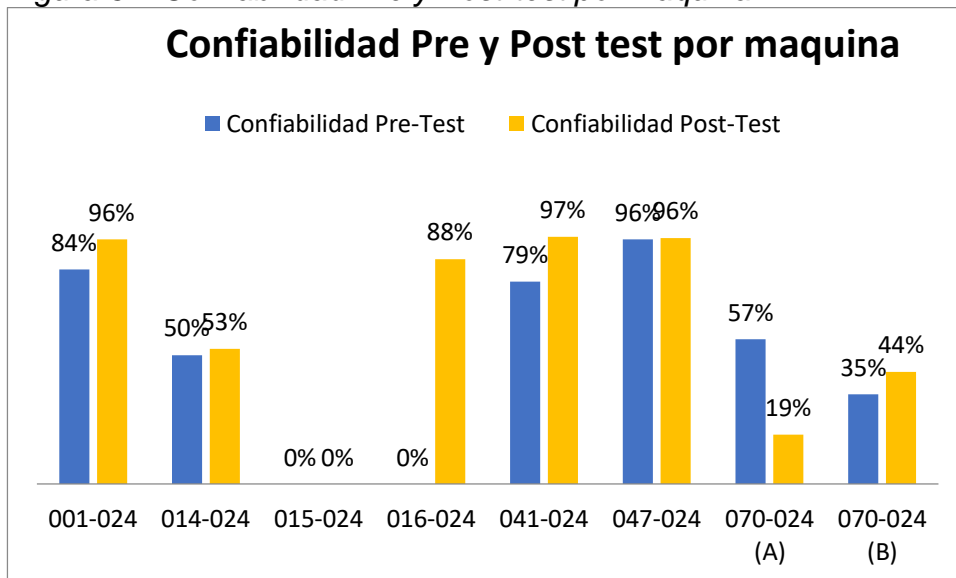
Figura 63. Confiabilidad Pre y Post-test por semana



Fuente: *Elaboración propia 2021*

En la figura 63., se muestra los resultados de la confiabilidad antes y después del TPM por máquina, con el cual podemos visualizar las mejoras en las máquinas, siendo la más resaltante la 016-024.

Figura 64. Confiabilidad Pre y Post-test por máquina



Fuente: *Elaboración propia 2021*

5.5.1.1 Resumen de datos pre – test y post – test

Luego de realizar la obtención de datos se tiene el resumen de comparación del antes y después de la implementación del TPM, así como el comportamiento de los datos obtenidos de acuerdo a las variables y dimensiones, se observa su mejora e incremento respectivamente.

Figura 65: Resultados para comparativa de pre – test y post – test

Resultados Pre – Test.							Resultados Post – Test.						
		INDICADORES							INDICADORES				
Mes	Semana	MTBF	MTTR	Disponibilidad (Eficiencia)	Confiablez (Eficacia)	Productividad	Mes	Semana	MTBF	MTTR	Disponibilidad (eficiencia)	Confiablez (eficacia)	Productividad
NOV	2020 NOV.01	252.00	84.00	75%	68%	51%	AGO	2021 AGO.01	588.00	84.00	88%	72%	63%
	2020 NOV.02	105.00	63.00	65%	56%	35%		2021 AGO.02	109.60	24.80	82%	17%	14%
	2020 NOV.03	118.00	50.00	70%	46%	33%		2021 AGO.03	292.00	44.00	87%	53%	46%
	2020 NOV.04	112.00	56.00	67%	54%	36%		2021 AGO.04	588.00	84.00	88%	73%	63%
DIC	2020 DIC.01	160.00	64.00	71%	55%	40%	SET	2021 SET.01	288.00	48.00	86%	56%	48%
	2020 DIC.02	165.33	58.67	74%	69%	51%		2021 SET.02	588.00	84.00	88%	76%	66%
	2020 DIC.03	252.00	84.00	75%	76%	57%		2021 SET.03	588.00	84.00	88%	76%	67%
	2020 DIC.04	140.00	84.00	63%	57%	35%		2021 SET.04	588.00	84.00	88%	75%	66%
ENE	2021 ENE.01	152.00	72.00	68%	57%	39%	OCT	2021 OCT.01	588.00	84.00	88%	73%	64%
	2021 ENE.02	79.60	54.80	39%	35%	21%		2021 OCT.02	588.00	84.00	88%	76%	67%
	2021 ENE.03	140.00	84.00	63%	56%	35%		2021 OCT.03	588.00	84.00	88%	76%	67%
	2021 ENE.04	99.00	69.00	39%	62%	37%		2021 OCT.04	588.00	84.00	88%	74%	64%
		147.91	68.62	67%	58%	39%			498.47	72.73	87%	66%	59%

Fuente: *Elaboración propia 2021*

3.5.5. Análisis económico financiero

Para poder determinar el análisis económico-financiero del Taller de Gases Industriales, nos hemos basado en el contexto que se desarrolla el Taller y los objetivos que se plantearon al principio de presente trabajo de investigación.

El Taller de Gases Industriales, al estar sobredimensionado en cantidad de máquinas, no ha generado incumplimientos de gran magnitud en los tiempos de entrega de los Proyectos. Por ello, el análisis económico, se ha enfocado en optimizar el consumo de energía en el Sistema de Aire Comprimido, el cual su consumo nunca ha sido analizado. A continuación, en el siguiente cuadro se muestra el consumo promedio anual por compresor en la actualidad, (paso 7(2b)), y el consumo promedio anual propuesto por compresor.

Tabla 30. Consumo de energía actual y propuesto

DESCRIPCION	ACTUAL				PROPUESTO			
	CU	HORA MES	CT	%	CU	HORA MES	CT	%
Compresora 001-024	S/. 155.91	62.5	S/. 9,744.38	10%	S/. 155.91	20.83	S/. 3,248.13	3%
Compresora 041-024	S/. 90.76	62.5	S/. 5,672.50	10%	S/. 90.76	62.50	S/. 5,672.50	10%
Compresora 047-024	S/. 90.76	62.5	S/. 5,672.50	10%	S/. 90.76	62.50	S/. 5,672.50	10%
Compresora 014-024	S/. 100.34	62.5	S/. 6,271.25	10%	S/. 100.34	41.67	S/. 4,180.83	7%
Compresora 015-024	S/. 100.34	62.5	S/. 6,271.25	10%	S/. 100.34	0.00	S/. -	0%
Compresora 016-024	S/. 100.34	62.5	S/. 6,271.25	10%	S/. 100.34	20.83	S/. 2,090.42	3%
Compresora 070-024 (A)	S/. 68.32	125	S/. 8,540.00	20%	S/. 68.32	208.33	S/. 14,233.33	33%
Compresora 070-024 (B)	S/. 68.32	125	S/. 8,540.00	20%	S/. 68.32	208.33	S/. 14,233.33	33%
		625	S/. 56,983.13			625	S/. 49,331.04	

Fuente. *Elaboración propia 2021*

En la tabla 24. se muestra una diferencia de S/ 7,652.08 soles, la cual sería el ahorro si se utiliza las horas de operación propuesta. Este ahorro se utilizaría para la implementación del TPM. Cabe recordar que las horas de operación propuestas ayudarán a los objetivos del TPM, pues si bien es cierto existe un sobredimensionamiento de las máquinas, éstas tienen varios puntos en contra, como la antigüedad, fallas más amplias en cantidad de piezas comprometidas y reparación y repuestos no disponibles; las cuales han generado la urgente implementación del TPM.

Tabla 31. Recursos de implementación TPM

DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANT	CANT TOTAL
RECURSOS ADMINISTRATIVOS			S/. 172.00
Renovación de formatos	S/. 100.00	1	
Libro TPM	S/. 72.00	1	
RECURSOS MATERIALES			S/. 12,150.00
Pruebas de Fugas en Tuberías y Tomas	S/. 150.00	1	
Computador	S/. 1,500.00	1	
Calibración de equipos predictivos	S/. 10,000.00	1	
EPPS	S/. 500.00	1	
RECURSOS HUMANOS			S/. 3,470.00
Personal implementador	S/. 970.00	1	
Capacitación de personal operario	S/. 1,000.00	1	
Capacitación de personal de ingeniería	S/. 1,500.00	1	
TOTAL COSTO DE IMPLEMENTACION			S/. 15,792.00

Fuente: *Elaboración propia (2021)*

En la tabla 25, se puede observar los recursos a utilizar para la implementación de la TPM, teniendo una inversión total de S/15,792.00, siendo el pago de personal un costo mensual.

En ella se puede evidenciar que, en recursos humanos, se agregó 1 personal adicional para que se encargue de las inspecciones y poder lograr los objetivos de implementación.

A continuación, teniendo en cuenta los costos de ahorro de energía y los costos de implementación, elaboraremos el VAN y TIR.

Tabla 32. Cuadro económico-financiero

	MESES						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75
Ahorro de Energía		S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08
Ingreso Presupuestal		S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67
Egresos		S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00
Costo Inversión	S/. -15,792.00						
Gasto TPM		S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00
Gasto Mantenimiento		S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00
Flujo de caja acumulado	S/. -15,792.00	S/. -5,943.25	S/. 3,905.50	S/. 13,754.25	S/. 23,603.00	S/. 33,451.75	S/. 43,300.50

VAN	S/. 47,199.87
TASA MENSUAL	2%
TIR	48%
B/C	2.99

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 33. Cuadro económico-financiero

	MESES					
	7	8	9	10	11	12
Ingresos	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75	S/. 24,318.75
Ahorro de Energía	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08	S/. 7,652.08
Ingreso Presupuestal	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67	S/. 16,666.67
Egresos	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00	S/. -14,470.00
Costo Inversión						
Gasto TPM	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00	S/. -970.00
Gasto Mantenimiento	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00	S/. -13,500.00
Flujo de caja acumulado	S/. 53,149.25	S/. 62,998.00	S/. 72,846.75	S/. 82,695.50	S/. 92,544.25	S/. 102,393.00

VAN	S/. 47,199.87
TASA MENSUAL	2%
TIR	48%
B/C	2.99

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 26, se puede apreciar lo siguiente:

- Se ha tomado el monto de ahorro de energía mensual promedio según tabla 24.
- Se ha considerado el ingreso presupuestal anual de S/200,000.00, el cual se ha dividido en 12 meses (S/16,666.67).
- El costo de inversión, se da según lo descrito en la tabla 25, de la cual existe un gasto constante del TPM, el cual es el sueldo del personal (S/970.00)
- El Gasto de mantenimiento antes de la implementación era de S/16,666.67; y se tenía una productividad promedio de 39% (según tabla 8), el cual luego de implementarse el TPM se mejoró en 19%, por lo que se ha estimado que el gasto de mantenimiento se reduzca en ese porcentaje, teniendo un nuevo gasto de mantenimiento de S/ 13,500.00.
- Se ha dispuesto una tasa de descuento anual de 24%, el cual es superior al porcentaje de préstamo de un banco, esto con el fin de demostrar la rentabilidad de la inversión, esta asignación de tasa se dio por medio de la base de datos del banco central de reserva del Perú.

Figura. Tasa de intereses según SBS

PROMEDIO ÚLTIMOS 30 DÍAS ÚTILES AL 25 septiembre 2018/ AVERAGE, LAST 30 BUSINESS DAYS ON September 25 2018	MONEDA NACIONAL / DOMESTIC CURRENCY								
	CORPORATIVOS CORPORATE		GRANDES EMPRESAS/ BIG COMPANIES		MEDIANAS EMPRESAS/ MEDIUM ENTERPRISES		CONSUMO/ CONSUMPTION		
	PRÉSTAMOS / LOANS		PRÉSTAMOS / LOANS		PRÉSTAMOS / LOANS		PRÉSTAMOS / LOANS 2/		
	Promedio Average 3/	Más de 360 días More than 360 days	Promedio Average 3/	Más de 360 días More than 360 days	Promedio Average 3/	Más de 360 días More than 360 days	Promedio Average 3/	Tarjetas de Credito/ Credit Cards	Más de 360 días More than 360 days
EMPRESAS BANCARIAS	4,28	4,79	6,20	6,49	10,39	10,38	41,47	46,89	20,29
CRÉDITO	4,06	5,04	5,88	5,52	11,47	11,91	32,17	37,54	14,93
INTERBANK	4,19	-	6,60	7,49	8,99	9,67	43,33	46,28	19,64
CITIBANK	6,44	-	4,61	-	4,82	-	-	-	-
SCOTIABANK	4,37	4,75	6,00	6,32	9,79	9,53	27,38	30,62	16,80
BBVA CONTINENTAL	4,12	4,15	6,86	7,11	10,27	9,38	41,15	53,87	16,71
COMERCIO	9,00	-	8,76	-	10,73	10,00	16,07	22,48	16,04
PICHINCHA	6,08	-	7,40	-	8,46	9,74	39,73	41,63	35,59
BANBIF	4,97	-	6,89	7,49	9,11	9,86	20,37	30,00	15,97

Fuente: Superintendencia de banca, seguros y AFP

- De los resultados obtenidos se pueden interpretar lo siguiente:
 - Se obtuvo un VAN mayor a cero, el cual quiere decir que en todos los escenarios la inversión producirá ganancias.
 - Se obtuvo un TIR mayor a cero, el cual quiere decir que se obtendrá una rentabilidad del 48%.

- Se obtuvo un B/C del 2.99, el cual es mayor que 1, y nos indica que, por cada sol invertido, se ganará 2.99 soles.

Por los indicadores anteriormente mencionados, se puede concluir que económica-financieramente es viable.

3.6. Método de análisis de datos.

De acuerdo a NIÑO (2011, p.103) nos dice “El analizar es descomponer y examinar las partes de un todo con la finalidad de reconocer la naturaleza y características, lo cual permite la obtención del conocimiento”.

“Un análisis bien trabajado y con una buena interpretación, permite a volver al problema planteado para saber la respuesta que se obtenemos; al objetivo y poder decidir que los logros se alcanzaron a la hipótesis, y así confirmar su validación o invalidación”

Luego de concluir con la etapa de recolección de datos y realizar el procedimiento de implementación, se inició con la fase importante de este proyecto de investigación. El análisis de datos, esto fue mediante:

Según HERNANDEZ (2014), “primero se debe de realizar, es describir los datos obtenidos por cada una de las variables”.El análisis descriptivo ha ayudado a organizar la información en una base de datos para realizar la presentación de estos mediante porcentajes, facilitando el análisis e interpretación intuitiva de la misma. Para ellos utilizamos histogramas, gráficos y tablas con el software estadístico IBM SPSS Statistics 23.

Según HERNANDEZ (2014), “el análisis inferencial está basado en la estadística para probar o rechazar una hipótesis y estimar sus parámetros”,El análisis inferencial ayudo a constatar las hipótesis en donde se determinó si los datos obtenidos de la variable productividad antes y después de la mejora posee un comportamiento paramétrico o no paramétrico, ya que la muestra es menor a 30, se procede a realizar el análisis de normalidad mediante Shapiro – Wilk. En este informe el desarrollo de la investigación se realizará en tres etapas a continuación.

Etapa 1: Planificación de recolección de datos.

Mediante de las herramientas de calidad se obtuvo la información en general con el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, que ayudaron a identificar las causas principales de la problemática. Así la mismo otros datos fueron tomados de la empresa SIMA - CALLAO, se solicitó esta data al taller de gases industriales que es parte del departamento de mantenimiento y servicios. Y

también se colectará los datos mediante los instrumentos validados por el juicio de expertos que fueron detallados anteriormente. (Ver anexo 11).

Etapa 2: Procesamiento de los datos

Tras obtener la data necesaria, se pasará a organizar los datos en la ficha de registro de datos. Se presentan en los grupos de pre – test y una propuesta de ejecución los cuales nos va a permitir controlar y supervisar la implementación, en adición, para el procesamiento de la data se usará el programa de Microsoft Excel 2019 y IBM SPSS Statistics 23, donde se medirá, clasificará, tabulará y graficará los datos.

Etapa 3: Análisis de Información

Por medio de la estadística descriptiva, se determinará la influencia de la herramienta aplicado en el área con tablas, luego se hará la discusión de resultados con el objetivo de sacar las conclusiones y brindar recomendaciones, esto ayudará a la toma de decisiones y ampliar el conocimiento acerca del trabajo de investigación. Mediante la estadística inferencial los datos recolectados de la muestra serán estimados a los parámetros y probados con las hipótesis ya plantadas.

3.7. Aspectos Éticos.

El aspecto moral de una investigación según ANN, Mery (2017, p.:15), nos dice que son las implicaciones éticas que el investigador está comprometido con el comportamiento personal, es decir, todos nuestros comportamientos en los campos de la sociedad y la educación. Por lo tanto, se puede decir que la persona que participa en la encuesta no es un objeto, sino un objeto con dignidad, se consideran los siguientes aspectos que consideran en este proyecto de investigación.

- Consentimiento detallado acerca de la participación del autor que realizan la investigación.
- Los permisos realizados a la empresa solicitudes para acceder a la empresa y a su información según las reglas para los grupos de pre - test.
- Confidencialidad para que no se revele información de la empresa

La veracidad de esta información respetando los derechos de autor, por lo cual toda la información es citada con la normativa de ISO 690 y se verifica la autenticidad del contenido mediante el programa de turnitin (Ver anexo 25), un 24% es aceptable.

Por otro lado, MANUEL (2010, p.65), “menciona que es la parte más importante porque se realiza la veracidad y la honestidad de la investigación. La presentación de los resultados del trabajo de investigación debe corresponder a los que se obtuvieron en el proceso, sin realizar alteraciones o distorsiones en los fenómenos hallados para nuestro beneficio personal o de interés de terceros. Desde que se formula una hipótesis, este es el paso principal para el proceso de nuestra investigación social, se desea alcanzar objetivos inherentes a un interés personal, grupal o social de acuerdo a la iniciativa desde donde inicie el desarrollo de la investigación.”

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis Descriptivos

Empelando el programa de IBM SPSS Statisticts 23 para determinar la muestra de análisis descriptivo se basa en la comparación de los hallazgos recopilados antes y después de la implementación de la herramienta TPM que viene a ser la mejora. Mediante la variable dependiente que es la productividad y sus respectivas dimensiones, así mismo considerar también la variable independiente la metodología TPM con sus respectivas dimensiones.

4.1.1. Variable dependiente: Productividad

En consideración con los resultados de la productividad inicial y actual obtenidos, se analiza descriptivamente el comportamiento de la productividad, mediante el programa IBM SPSS Statistics 23.

Tabla 34. Comparativa de Productividad en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
Productividad - PRE	Media		39,17%	2,798%
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	33,01% 45,33%	
	Media recortada al 5%		39,19%	
	Mediana		36,50%	
	Varianza		93,970	
	Desviación estándar		9,694%	
	Mínimo		21%	
	Máximo		57%	
	Rango		36%	
	Rango intercuartil		13%	
	Asimetría		,299	,637
	Curtosis		,459	1,232
	Media		57,92%	4,500%
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	48,01% 67,82%	
Media recortada al 5%		59,85%		

Productividad-POST	Mediana	64,00%	
	Varianza	242,992	
	Desviación estándar	15,588%	
	Mínimo	14%	
	Máximo	67%	
	Rango	53%	
	Rango intercuartil	15%	
	Asimetría	-2,401	,637
	Curtosis	6,062	1,232

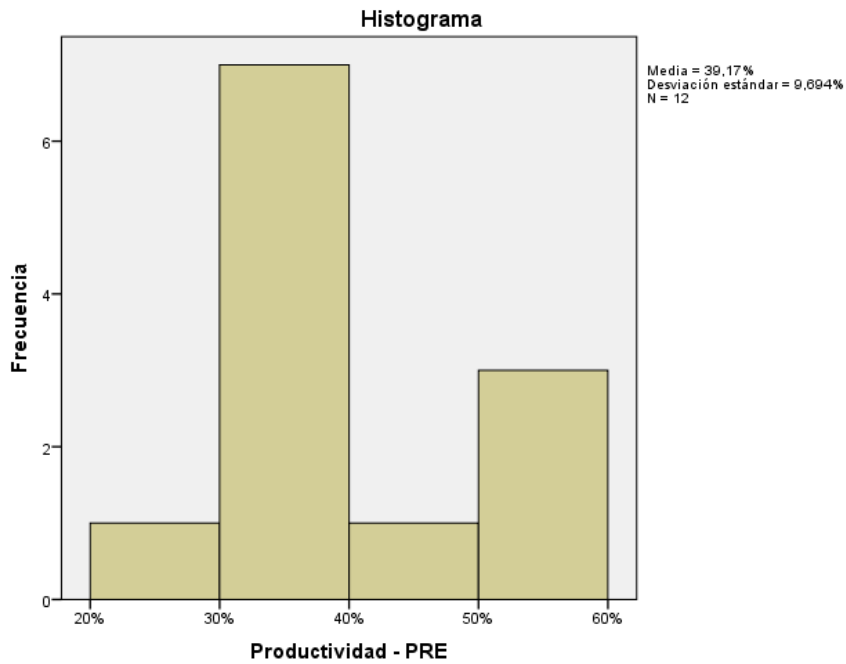
Fuente: *IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021*

Se observa en la siguiente tabla que la productividad en el pre – test (antes de la implementación del TPM) y la productividad post- test (después de la implementación del TPM). De acuerdo al análisis del índice de productividad, la media de la productividad inicial fue de 39,17%, mientras que después de la implementación de la herramienta del TPM la productividad actual es de 57,92%, el incremento porcentual de esta variable es de 18,75% lo que confirma que luego de la implementación de la propuesta de implementación en la empresa SIMA – CALLAO los niveles de productividad mejoraron.

Comparación de datos índices de frecuencias

De acuerdo a la figura 64., se observa que el histograma del indicador de frecuencia para el pre – test, de los 12 datos procesados de nuestra investigación, con una media del 39,17% y con una desviación estándar de 9,694%.

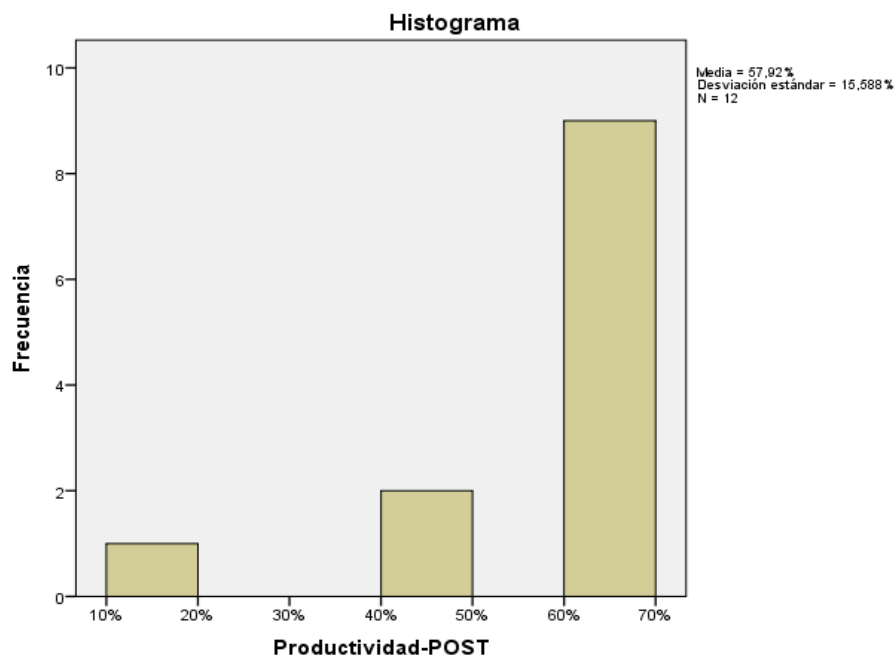
Figura 65. Histograma Frecuencias de pre – test de productividad



Fuente: *IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021*

Se observa en la figura 65., que la frecuencia en el histograma del indicador del post –test, de los 12 datos procesados, obteniendo una media 57,92% con una desviación estándar 15,588%

Figura 66. Histograma Frecuencias de post – test de productividad



Fuente: *IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021*

Dimensión: Eficiencia

Indicador: Índice de Disponibilidad

Con los datos obtenidos de la eficiencia pre – test (antes de la implementación del TPM) y el post – test (después de la implementación del TPM). Se procede a realizar la comparativa de datos en el software mencionado.

Como bien detallamos los resultados obtenidos, el indicador adecuado para guardar todo el esfuerzo de lo implementado, es el indicador de disponibilidad, con el cual se buscará la disponibilidad.

Tabla 35. Comparativa de Eficiencia en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
Disponibilidad - Pre	Media		67,25%	1,693%
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	63,52%	
		Límite superior	70,98%	
	Media recortada al 5%		67,28%	
	Mediana		67,50%	
	Varianza		34,386	
	Desviación estándar		5,864%	
	Mínimo		59%	
	Máximo		75%	
	Rango		16%	
	Rango intercuartil		10%	
	Asimetría		-,022	,637
	Curtosis		-1,396	1,232
	Disponibilidad-POST	Media		87,25%
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	86,13%	
		Límite superior	88,37%	
Media recortada al 5%			87,50%	
Mediana			88,00%	
Varianza			3,114	
Desviación estándar			1,765%	
Mínimo			82%	
Máximo			88%	
Rango			6%	
Rango intercuartil		1%		

Asimetría	-2,837	,637
Curtosis	8,401	1,232

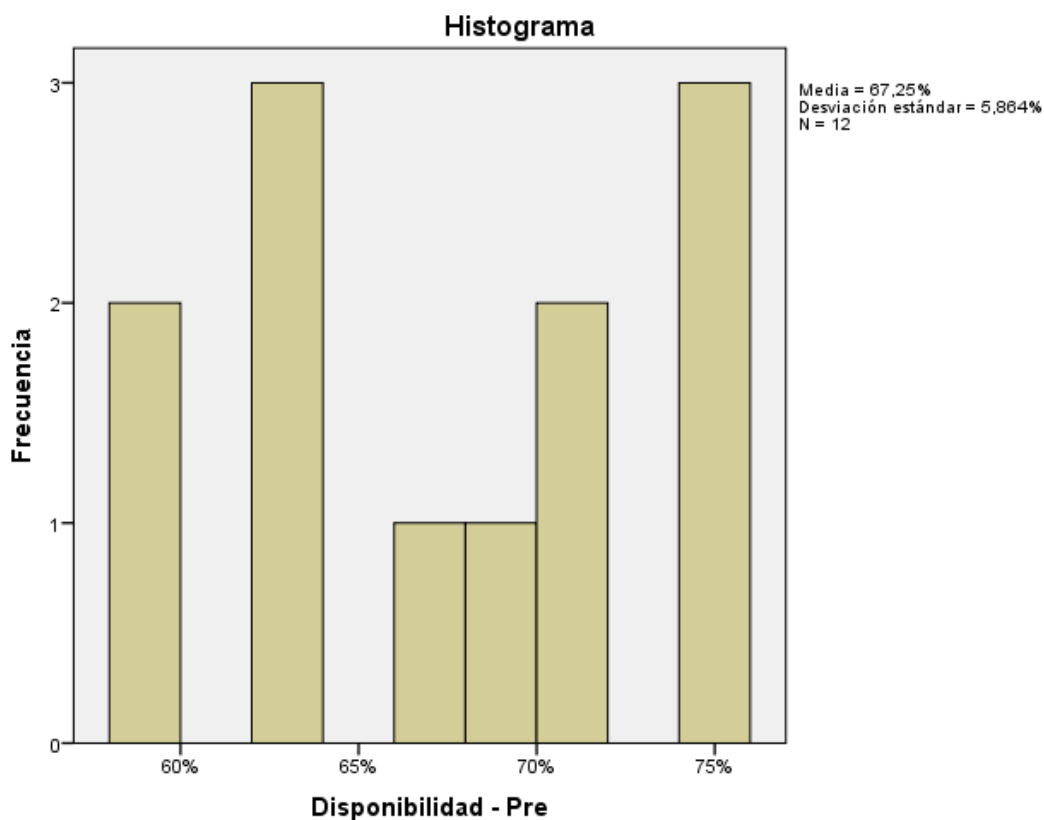
Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Mediante el análisis se puede observar que la media de la disponibilidad en el pre – test (antes de la implementación de la herramienta del TPM) fue de 67,25%, pero luego con la aplicación de la herramienta del TPM incremento a un 87,25%, el aumento porcentual de la disponibilidad es de 20% lo que confirma que luego de la implementación de la propuesta de mejora en la empresa SIMA – CALLAO los niveles de la eficiencia mejoraron.

Comparación de datos de frecuencias

Se observa en la figura 66., que el histograma del indicador de frecuencia para el pre – test, de los 12 datos procesados de nuestra investigación, con una media del 67,25% y con una desviación estándar de 5,864%.

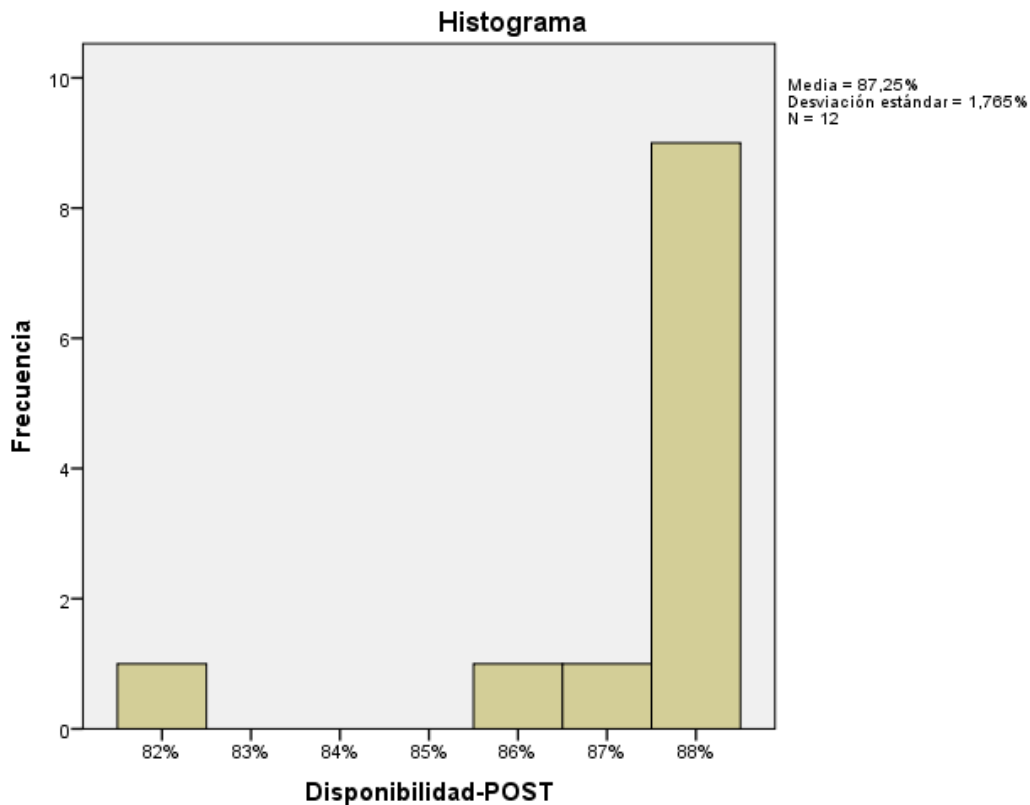
Figura 67. Histograma Frecuencias de pre – test de la eficiencia



Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Se puede observar en la figura 67, que el histograma del indicador de frecuencia para el post – test, obtenidos de los 12 datos procesados, con una media 87,25%, con una desviación estándar aproximada a 1,766%.

Figura 68. Histograma Frecuencias de post – test de la eficiencia



Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Dimensión: Eficacia

Indicador: Índice de Confiabilidad

Con los datos recopilados de la eficacia pre – test (antes de la implementación del TPM) y el post – test (después de la implementación del TPM). Se procede a realizar la comparativa de datos en el software mencionado.

Basado en dicho argumento de la eficacia, el mejor indicador que representa a la eficacia es la Confiabilidad de la maquinaria para operar.

Tabla 36. Comparativa de Eficacia en el Pre – test(inicial) y el Post – Tes(actual)

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar	
Confiabilidad - Pre	Media	57,58%	3,098%	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	50,76% 64,40%	
	Media recortada al 5%		57,81%	
	Mediana		56,50%	
	Varianza		115,174	
	Desviación estándar		10,732%	
	Mínimo		35%	
	Máximo		76%	
	Rango		41%	
	Rango intercuartil		12%	
	Asimetría		-,370	,637
	Curtosis		,986	1,232
	Confiabilidad-POST	Media	66,42%	5,035%
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	55,33% 77,50%
Media recortada al 5%			68,63%	
Mediana			73,50%	
Varianza			304,265	
Desviación estándar			17,443%	
Mínimo			17%	
Máximo			76%	
Rango			59%	
Rango intercuartil			16%	
Asimetría			-2,444	,637
Curtosis			6,272	1,232

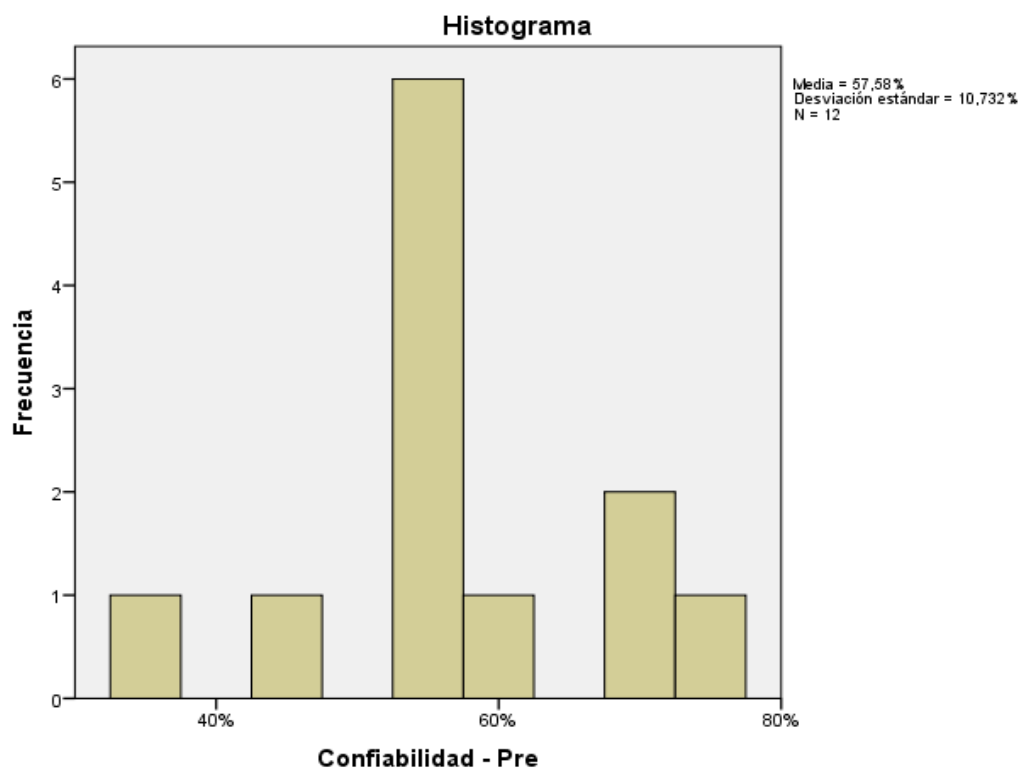
Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

De acuerdo a la tabla de análisis descriptivo se observa que la media de la confiabilidad en el pre – test (antes de la implementación de la herramienta del TPM) fue de 57,58%, pero luego con la aplicación de la herramienta del TPM incremento a un 66,42%, el aumento porcentual de la disponibilidad es de 8,69% lo que confirma que tras la implementación de la propuesta de mejora en la empresa SIMA – CALLAO los niveles de la eficacia mejoraron.

Comparación de datos de frecuencias

Se observa en la figura 68., que el histograma del indicador de frecuencia para el pre – test, de los 12 datos trabajados de nuestra investigación, con una media del 57,58% y con una desviación estándar de 10,732%.

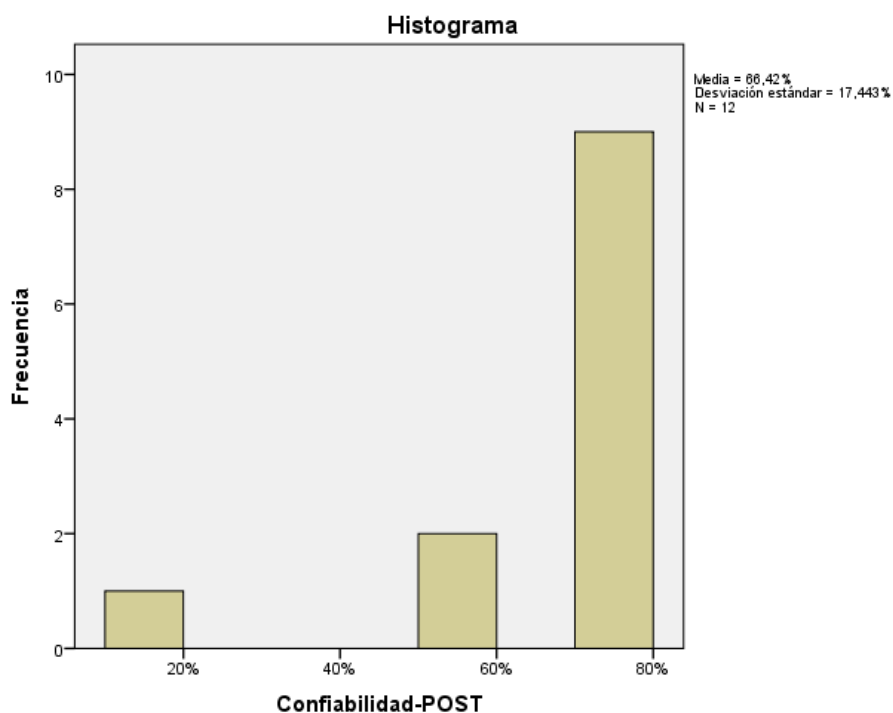
Figura 69. Histograma Frecuencias de pre – test de la eficacia



Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

De acuerdo a la figura 69., se observar el histograma del indicador de frecuencia para el pre – test, de los 12 datos procesados, con una media al 66,42 y con una desviación estándar al 17,443%.

Figura 70. Histograma Frecuencias de post – test de la eficacia



Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

4.1.2. Variable Independiente: Metodología TPM (Mantenimiento productivo total)

Respecto a la variable independiente se presenta el resultado del valor de exactitud obtenido hasta noviembre del 2021, está desarrollado con las dimensiones de tiempo medio entre fallas (MTBF) y Tiempo medio de reparación (MTTR) con sus respectivos indicadores.

Dimensión: Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Indicador: Índice de MTBF

A continuación, se muestra la evolución del índice de MTBF, obtenidos cada mes, la mejora del sistema de suministro de aire comprimido y el conteo cíclico hicieron posible...

(aquí grafica de mejora del MTBF) (ANTES Y ACTUAL).

4.2. Análisis Inferencial

Para la demostración estadística que la aplicación de la mejora influye positivamente en la productividad en el sistema de suministro de aire comprimido en la empresa SIMA – CALLAO, se efectúa la prueba de normalidad luego de ello se contrasta la hipótesis general y específica que se han planteado, por lo cual primero se determina el estadígrafo a usar, esto de acuerdo al tamaño de muestra, para fines de esta trabajo de investigación las series de todos los datos son 12 semanas los cuales son menos a 30, por tanto se procederá al análisis inferencial mediante el estadígrafo de Shapiro – Wilk.

Tabla 37. Estadígrafos idóneos según pruebas de normalidad.

ANTES	DESPUES	ESTADIGRAFO
PARAMETRICO	PARAMETRICO	T-STUDENT
PARAMETRICO	NO PARAMETRICO	WILCOXON
NO PARAMETRICO	NO PARAMETRICO	WILCOXON

Fuente: *Universidad Cesar Vallejo (2018)*

Por eso para comprobar la hipótesis general y específica primero es importante determinar si la data corresponde a un comportamiento paramétrico y no paramétrico según nuestra tabla, para ello se procederá con el análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro - Wilk.

Cuando se haya obtenido los resultados de la prueba de normalidad se tendrá que realizar la comprobación de la hipótesis según el resultado de la significancia y siguiendo la regla de decisión.

4.2.1. Análisis de la hipótesis general

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la productividad de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

Mediante el estadígrafo definido se procede analizar la prueba de normalidad, para así determinar si la productividad ha mejorado, de este modo se realiza la comparación de las medias (pre – test y post - test) para ver si los datos tienen un comportamiento paramétrico o no paramétrico.

Regla de decisión:

Si $P_v \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $P_v \geq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 38. Prueba de normalidad de hipótesis general con la prueba Wilcoxon

	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Estadístico	gl	Sig.
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad - PRE	,216	12	,129	,908	12	,203
Productividad-POST	,378	12	,000	,635	12	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Mediante la tabla se puede ver la prueba de normalidad aplicada a la variable dependiente productividad, donde la significancia de la productividad inicial es 0,203 ($p_{valor} \geq 0.05$) comportamiento paramétrico y la productividad actual es 0,000 ($p \leq 0.05$) comportamiento no paramétrico, por consiguiente y de acuerdo a las reglas de decisión, queda demostrado que el comportamiento es paramétrico en la inicial y no paramétrico en la actual.

Por lo tanto, el estadígrafo a utilizar según la prueba de normalidad es Wilcoxon. Dado que la serie de los datos numéricos recolectados de la productividad antes y después de la implementación del TPM, tienen un comportamiento diferente se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

Ho: Hipótesis Nula:

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido no incrementa la productividad de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

Ha: Hipótesis Alternativa

(Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la productividad de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

Regla de decisión:

Ho: $\mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis nula
Ha: $\mu_{Pi} \leq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis alterna

Donde:

μ_{Pi} : Productividad inicial (antes de la implementación)

μ_{Pa} : Productividad actual (después de la implementación)

Tabla 39. Comparación de medias de la productividad inicial y actual

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Productividad - PRE	12	21%	57%	39,17%	9,694%
Productividad-POST	12	14%	67%	57,92%	15,588%

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

De acuerdo a la tabla se demuestra que la media de la productividad inicial es de 39,17% es menor que la media de la productividad actual 57,92% por lo tanto, no se cumple Ho: $\mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en este sentido queda demostrado que la aplicación de la herramienta del TPM mejora la productividad en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021. La variación de las medias, representa a un aumento porcentual de 18,75% entre la productividad inicial y actual.

Para la confirmación de que esta comparación es correcta, se procede a analizar el estadístico de prueba mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 40. Análisis de la significancia de la hipótesis general

	Productividad-POST - Productividad - PRE
Z	-2,590 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,010

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: *IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021*

Según la tabla se puede constatar que la significancia de la prueba de Wilcoxon aplicada a la productividad inicial y actual es de 0.010, por lo tanto y de acuerdo a las reglas de decisión se confirma el rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que cumple la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021.

4.2.2. Análisis de la primera hipótesis específica

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la eficiencia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

Se procede a realizar la prueba de normalidad a la primera hipótesis específica mediante el estadígrafo de Shapiro- Wilk.

Regla de decisión:

Si $P_v \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $P_v \geq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 41. Prueba de normalidad de la primera Hipótesis específica

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad - PRE	,182	12	,200 [*]	,915	12	,250
Disponibilidad-POST	,415	12	,000	,511	12	,000

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: *IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021*

Mediante la tabla se puede ver la prueba de normalidad aplicada a la dimensión de eficiencia, donde la significancia de la eficiencia inicial es 0,250 (pvalor ≥ 0.05) comportamiento paramétrico y la eficiencia actual es 0,000 ($p \leq 0.05$) comportamiento no paramétrico, por consiguiente y según la regla de decisión, queda demostrado que el comportamiento es paramétrico en la inicial y no paramétrico en la actual.

Por lo tanto, el estadígrafo a utilizar según la prueba de normalidad es Wilcoxon. Dado que la serie de los datos numéricos recolectados de la eficiencia antes y después de la implementación del TPM, tienen un comportamiento diferente se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la primera hipótesis específica

Ho: Hipótesis Nula:

Hipótesis nula (Ho): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido no incrementa la eficiencia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.

Ha: Hipótesis Alternativa

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la eficiencia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021

Regla de decisión:

Ho: $\mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis nula

Ha: $\mu_{Pi} \leq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis alterna

Donde:

μ_{Pi} : Eficiencia inicial (antes de la implementación)

μ_{Pa} : Eficiencia actual (después de la implementación)

Tabla 42. Comparación de medias de la eficiencia inicial y actual

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Disponibilidad - PRE	12	59%	75%	67,25%	5,864%
Disponibilidad-POST	12	82%	88%	87,25%	1,765%

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

De acuerdo a la tabla ha quedado demostrado que la media de la eficiencia inicial es de 67,25% es menor que la media de la eficiencia actual 87,25% por lo tanto, no se cumple $H_0: \mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en este sentido queda demostrado que la aplicación de la herramienta del TPM mejora la eficiencia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021. La variación de las medias, representa a un aumento porcentual de 20% entre la eficiencia inicial y actual.

Para la confirmación de que esta comparación es correcta, se procede a analizar el estadístico de prueba a través del pvalor o significancia de los resultados tras la aplicación de la prueba Wilcoxon a ambas eficiencias.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 43. Análisis de la significancia de la primera hipótesis específica

Estadísticos de prueba ^a	
	Disponibilidad- POST - Disponibilidad - Pre
Z	-3,063 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Según la tabla se puede comprobar que la significancia de la prueba de Wilcoxon aplicada a la eficiencia inicial y actual es de 0.002, por lo tanto y de acuerdo a las reglas de decisión se confirma el rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que se cumple que la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021.

4.2.3 Análisis de la segunda Hipótesis específica

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de Aire comprimido incrementa la eficacia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021

Se procede a realizar la prueba de normalidad a la primera hipótesis específica mediante el estadígrafo de Shapiro- Wilk.

Regla de decisión:

Si $P_v \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $P_v \geq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 44. Prueba de normalidad de la primera Hipótesis específica

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad - PRE	,203	12	,187	,946	12	,574
Confiabilidad-POST	,376	12	,000	,618	12	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

Mediante la tabla se puede ver la prueba de normalidad aplicada a la dimensión de eficacia, donde la significancia de la eficacia inicial es 0,574 ($p_{valor} \geq 0.05$) comportamiento paramétrico y la eficiencia actual es 0,000 ($p \leq 0.05$) comportamiento no paramétrico, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que el comportamiento es paramétrico en la inicial y no paramétrico en la actual.

Por lo tanto, el estadígrafo a utilizar según la prueba de normalidad es Wilcoxon.

Dado que la serie de los datos numéricos recopilado de la eficacia antes y después de la implementación del TPM, tienen un comportamiento diferente y se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Ho: Hipótesis Nula:

Hipótesis nula (Ho): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de Aire comprimido no incrementa la eficacia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021

Ha: Hipótesis Alternativa

Hipótesis alternativa (Ha): La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de Aire comprimido incrementa la eficacia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021

Regla de decisión:

Ho: $\mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis nula

Ha: $\mu_{Pi} \leq \mu_{Pa}$ = se acepta la hipótesis alterna

Donde:

μ_{Pi} : Eficacia inicial (antes de la implementación)

μ_{Pa} : Eficacia actual (después de la implementación)

Tabla 45. Comparación de medias de la eficacia inicial y actual

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Confiability - PRE	12	35%	76%	57,58%	10,732%
Confiability-POST	12	17%	76%	66,42%	17,443%

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

De acuerdo a la tabla ha quedado demostrado que la media de la eficacia inicial es de 57,28% es menor que la media de la eficacia actual 66,42% por lo tanto, no se cumple $H_0: \mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en este sentido queda demostrado que la aplicación de la herramienta del TPM mejora la eficacia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021. La variación de las medias, presenta un incremento porcentual de 8,84% entre la eficacia inicial y actual.

Para la confirmación de que esta comparación es correcta, se procede a analizar el estadístico de prueba por medio del (Petroquímica) (Gestion integrada de procesos en planta, 2009) (Enrique, 2009) pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba Wilcoxon a ambas eficacias.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 46. Análisis de la significancia de la primera hipótesis específica

Estadísticos de prueba ^a	
	Confiabilidad-POST - Confiabilidad - PRE
Z	-2,046 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,041

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: IBM SPSS Statistics 23. – elaboración propia 2021

En la siguiente la tabla se puede comprobar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficacia inicial y actual es de 0.041, por consiguiente y de acuerdo a las reglas de decisión se confirma el rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde se cumple que la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021.

V. DISCUSIÓN

En el siguiente trabajo de investigación a partir de los hallazgos obtenidos aceptamos la Hipótesis alternativa donde se mencionó la implementación de la metodología del TPM para incrementar la productividad del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021. Este resultado guarda relación con OBESO, Alexandra y YAYA, Javier. (2018), esta revista científica tuvo como objetivo principal mejorar la productividad con la implementación del TPM, donde se identificaron fallas que afectaba el sistema de producción de la empresa, así mismo tiene una metodología cuantitativa con un diseño pre-experimental, logrando un incremento de su productividad en un 6% en su producción, así como el trabajo de investigación realizado también se mejoró la productividad del sistema de suministro de aire comprimido con una productividad actual del 57,62%, donde inicialmente se tenía al 39,17% donde su incremento fue de 18,45% entre la productividad inicial y actual.

Estos resultados concuerdan también con ANCHANTE, Julio (2018) también aplico el TPM para mejorar la productividad en la línea de producción de una empresa alimenticia del Cusco, donde utilizo el método cuantitativo, este autor logro incrementar su productividad en un 21,4%, esto permitió asegurar la confiabilidad de los equipos, guarda relación con la investigación de trabajo ya que tiene un aumento en su productividad del 18,45%, así mismo también se mejoró la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del sistema de suministro de aire comprimido, con un aumento en su eficiencia (disponibilidad) 20% de mejor entre la inicial y la actual, la eficacia (confiabilidad) con un 8,14% de mejora.

Concuerda también con GARCIA, Gonzalo (2018), esta tesis tuvo como objetivo la aplicación de la metodología del TPM, su aplicación fue de forma estratégica donde al termino, donde mantuvo mediante capacitaciones, formación de los operarios concientizándolos a la mejora evaluación tuvo ahorros mensuales, S/. 6,731.60 con una inversión inicial de S/: 30,612.63. Tuvo un ahorro, como se muestra una diferencia de S/ 91,285.00 soles, la cual sería el ahorro si se utiliza las horas de operación propuesta. Este ahorro se utilizaría para la implementación del TPM. Cabe recordar que las horas de operación propuestas

ayudarán a los objetivos del TPM, pues si bien es cierto existe un sobredimensionamiento de las máquinas, éstas tienen varios puntos en contra, como la antigüedad, fallas más amplias en cantidad de piezas comprometidas y reparación y repuestos no disponibles; las cuales han generado la urgente implementación del TPM.

Por otro lado, tenemos a ZAMBRANO, Geovanny (2015), donde su objetivo principal era analizar los costos considerables estos identificados por los reportes de falla por una falta de planificación, muy parecido a las problemáticas presentadas en el trabajo de investigación, que también presentaba fallas en sus compresores de aire, siguiendo el objetivo que tuvo este autor es aumentar su productividad del 30% al 70%, como bien detallamos anteriormente en el trabajo de investigación realizado se logró mejorar la productividad del sistema de suministro de aire comprimido con una productividad actual del 57,62%, donde inicialmente se tenía al 39,17% donde su incremento fue de 20,75% entre la productividad inicial y actual.

Para MORENO, Pedro y CALVILLO, Oscar (2018) este artículo de investigación evalúa si la implementación del TPM beneficia el crecimiento de la productividad de la empresa metalmecánica, Los paros programados se reducen en un 55.82%, y el 75% estas paradas no son causa de factores directamente con problemas de un mal mantenimiento preventivo. El beneficio de la disminución de estos paros programados es la producción de entre 170 y 200 piezas más de producción dentro del turno, lo cual equivale a un 7.5% más de piezas fabricadas, en nuestro caso tenemos que se ha reducido, guarda relación con el trabajo de investigación ya que mejora la disponibilidad de los compresores de aire, inicialmente hablamos de una disponibilidad al 67,25% y actualmente se tiene a un 87,25%, con un aumento en su eficiencia (disponibilidad) de un 20%.

De a los resultados obtenidos se ha demostrado que la eficacia ha incrementado en un 57,28% tras la implementación de la herramienta TPM en la empresa SIMA CALLAO. Lo cual coincidiendo con el autor (Portilla 2017). Quien indica que la ejecución del TPM a mejora a un 66,42% de su eficacia ya que se mejoró para el sistema de suministro de aire comprimido a un 8,84% entre la eficacia inicial y actual.

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis estadístico de los resultados obtenidos llegamos a la conclusión que la implementación de la metodología TPM incrementó la productividad del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO S.A, se consiguió tras la aplicación de los fases y etapas de la implementación del TPM este guiado por las problemáticas que presentaba la empresa y la cual pudimos abarcar correctamente con cada paso de la implementación, con esto se logró conseguir reducir las fallas en los compresores de aire, así mismo mejorar su disponibilidad y confiabilidad, principalmente de acuerdo al objetivo principal incrementar su productividad, con una productividad inicial antes de la implementación con 39,17% y actualmente un 57,92% esto quiere decir que su incremento fue de 18,75, por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pi} \geq \mu_P$, en adición la hipótesis general, obtuvo una significancia de la prueba de Wilcoxon aplicada a la productividad inicial y actual es de 0.010, frente por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis general de la investigación.
2. También se determinó que la implementación de la metodología TPM mejoró la eficiencia del sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO S.A, de acuerdo a las fases y etapas de la implementación, esto se pudo lograr a través de las capacitaciones al personal involucrado en las actividades a fines, antes de la implementación con un 67,25% como eficiencia inicial y actualmente esta con el 87,25% esto quiere decir que incremento a un 20% la eficiencia (disponibilidad) viéndose una notable mejora, por consiguiente no se cumple $H_0: \mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$, ya que obtuvo una significancia de la prueba de Wilcoxon aplicada a la eficiencia inicial y actual es de 0.002, frente por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la primera hipótesis específica del trabajo de investigación.
3. Así mismo se determinó que la implementación de la metodología TPM mejoró la eficacia del sistema de suministro de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO S.A, de acuerdo a las fases y etapas de implementación, tras las mejoras implementadas y los notables resultados conseguidos, antes de la implementación con un

57,28% como eficacia inicial y actualmente con el 66,42%, esto quiere decir que incremento a un 8,84% la eficacia(confiabilidad), por consiguiente no se cumple $H_0: \mu_{Pi} \geq \mu_{Pa}$, ya que obtuvo una significancia de la prueba de Wilcoxon aplicada a la eficacia inicial y actual es de 0,041, de acuerdo a esto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la segunda hipótesis específica del trabajo de investigación.

VII. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a las conclusiones de esta investigación se recomienda a la alta dirección del departamento de mantenimiento y servicios, al taller de gases industriales X96 continuar con el seguimiento de implementación de la herramienta del TPM, manteniendo su mejora de implementación ya que tuvo resultados muy favorables para la empresa respecto a los niveles de productividad del sistema de suministro de aire comprimido. Prestar más atención a las mejoras implementadas y seguir con la buena predisposición de su personal operador y mecánico respecto a los compresores de aire, dando y asegurando su disponibilidad y confiabilidad para las actividades demandadas.
2. Se recomienda al taller de gases industriales cumplir con el programa de mantenimiento de redes de aire comprimido y el plan de mantenimiento preventivo de sus compresores de aire, también seguir con las capacitaciones del personal operarios y mecánico, las buenas prácticas reflejan mejoras para la conservación y prolongar la vida útil de sus máquinas a pesar de la antigüedad de los mismos, también la alta dirección deberá considerar a largo plazo las alternativas del reemplazo de uno de sus compresores de aire para así garantizar la disponibilidad de sus máquinas.
3. Se sugiere también al taller de gases industriales seguir con las inspecciones de redes y máquinas para evitar fallas o averías, así mismo considerar los principales repuestos de acuerdo a las fallas recurrentes que se presentaron para así mitigar la parada prolongada y el retraso de los trabajos en campo, hacer el seguimiento del análisis de fallas y mantener actualizado los formatos implementados y mejorados, Por último , se recomienda a los futuros investigadores el poder utilizar como guía el presente trabajo de investigación para seguir mejorando.

REFERENCIAS

ANCHANTE, JULIO. 2018. *La aplicación del TPM para mejorar la productividad en la línea de chocolatería de Industrias Alimenticias Cusco S.A. Universidad Cesar Vallejo Lima, Peru, 2018. TESIS.*

APAZA, Ronald. 2015. *El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa Minera Chama Perú E.I.R.L. Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez Juliaca, Peru, 2015. Tesis.*

BAPTISTA, PILAR y SAMPIERI , Roberto. 2010. *Metologia de Investigacion .* DF. Mexico : Mc. Graw Hill, 2010. ISBN: 9786071502919.

Competitividad, Consejo Privado de. Consejo Privado de Competitividad. [En línea] [Citado el: 09 de Junio de 2021.] <https://www.compite.pe/noticia/datocpc-pbi-de-junio-2021/>.

CORDOVA, Leonel. 2018. *Aplicación de un mantenimiento productivo total para mejorar la productividad de las maquinas cortadoras de papel en el área de producción de la empresa Convertidora del Pacifico E.I.R.L. Universidad Cesar Vallejo Ate, Peru, 2018. Tesis.*

CUATRECASAS, Lluís y TORREL, Francesca. 2010. *TPM en un entorno Lean Management.* Barcelona : Profit Editorial, 2010. ISBN: 9788415330172.

Enrique, Dounce Villanueva. 2009. *La productividad en el mantenimiento industrial .* DC Mexico : 3era Ed Patria, 2009. ISBN 9786074380682.

FMI, WORLD ECONOMIC DATABASE. 2019. WOLRD ECONOMIC . [En línea] 2019. [Citado el: 07 de Junio de 2021.] https://www.ey.com/es_pe/mining-metals/promoviendo-la-inversion-peru.

GARCIA, Gonzalo. 2018. *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). Pontificia Universidad Catolica del Peru Lima, Peru, 2018. Tesis.*

Gestion integrada de procesos en planta. Cuatrecasas, Lluís, Olivella, Jordi y Torrell, Francesca. 2009. 2009, Vol. Implantacion gestion visual mediante tecnicas TPM en un entorno lean management.

GUITIERREZ , Humberto. 2014. *Calidad y Productividad* . Ed. Mexico : Mc Graw Hill, 2014. ISBN: 97888415061403.

HERNANDEZ , Matias. 2013. *Lean Manufacturing: Conceptos, Tenicas e Implantacion* . España : Escualea de Organizacion Industrial, 2013. ISBN: 9788415061403.

HERNANDEZ, Roberto. 2014. *Metodologia, Diseño de investigacion.* Mexico : Interamericana Editores S.A, 2014.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. 2014. *Metodologia de la Investigacion* . Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. ISBN: 9781456223960.

Implementacion del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado de la empresa Inversiones Regal. OBESO, Sarmiento Alexandra Paola y YAYA Sarmiento, Javier Jaime. 2018. Chimbote : Revista Ingnosis, 2018.

KRAMIS , Jose. 1994. *Sistemas y procedimientos administrativos.* Mexico : Universidad Iberoamericana, 1994. ISBN: 9688591157.

Mercado de Estadísticas. [En línea]

Modelo de Mejora de Productividad en Pequeñas y Medianas Empresas de Extrusión de Metales, Aplicando Mantenimiento Productivo Total, Six Sigma y Estandarización de Procesos. LUCIANO, Jorginho, y otros. 2021. Brazilia, Brasil, : Actas del VI Simposio Brasileño de Tecnología, 2021, Vol. 233.

MORA, Luis . 2009. *Mantenimiento, Planeacion, Ejecucion y Control.* Mexico : Alfaomega S.A, 2009. ISBN: 9789586827690.

MORENO, Pedro y CALVILLO, Oscar. 2018. *El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.* Universidad Tecnologica de Calvillo DC, Mexico, 2018. Tesis.

Perú, Banco central de reserva del. Banco central de reserva del Perú. [En línea] <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Guia-Methodologica/nota-semanal/Guia-Methodologica-02.pdf>.

Petroquimica, Mantenimiento. Mantenimiento productivo. [En línea] <https://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>.

PORTELLA, Luis. 2017]. *Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la productividad en la sección de envoltura metálica um-3 de la 13 empresa Panasonic peruana S. A. Universidad Cesar Vallejo Lima, Peru, 2017].* Tesis.

ROBERTS. 2010. *TOTAL TPM MANAGEMENT.* 2010.

TOKUTARU, Suzuki. 2015. TPM en Industrias en proceso. *TPM en Industrias en Proceso.* Japon : Japan Institute of plant maintenance, 2015.

Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions. **JAIN, Abhishek, BHATTI, Rajbit y SINGH, Harwinder. 2014.** 3, INDIA : International Journal of Lean Six Sigma, 2014, Vol. 5. 293-323.

TPM - Total productive maintenance. Actas sobre ciencias de la ingeniería. **ZLATIC, Marko. 2019.** 2, Serbia : University of Kragujevac, 2019, Vol. 1. 581-590.

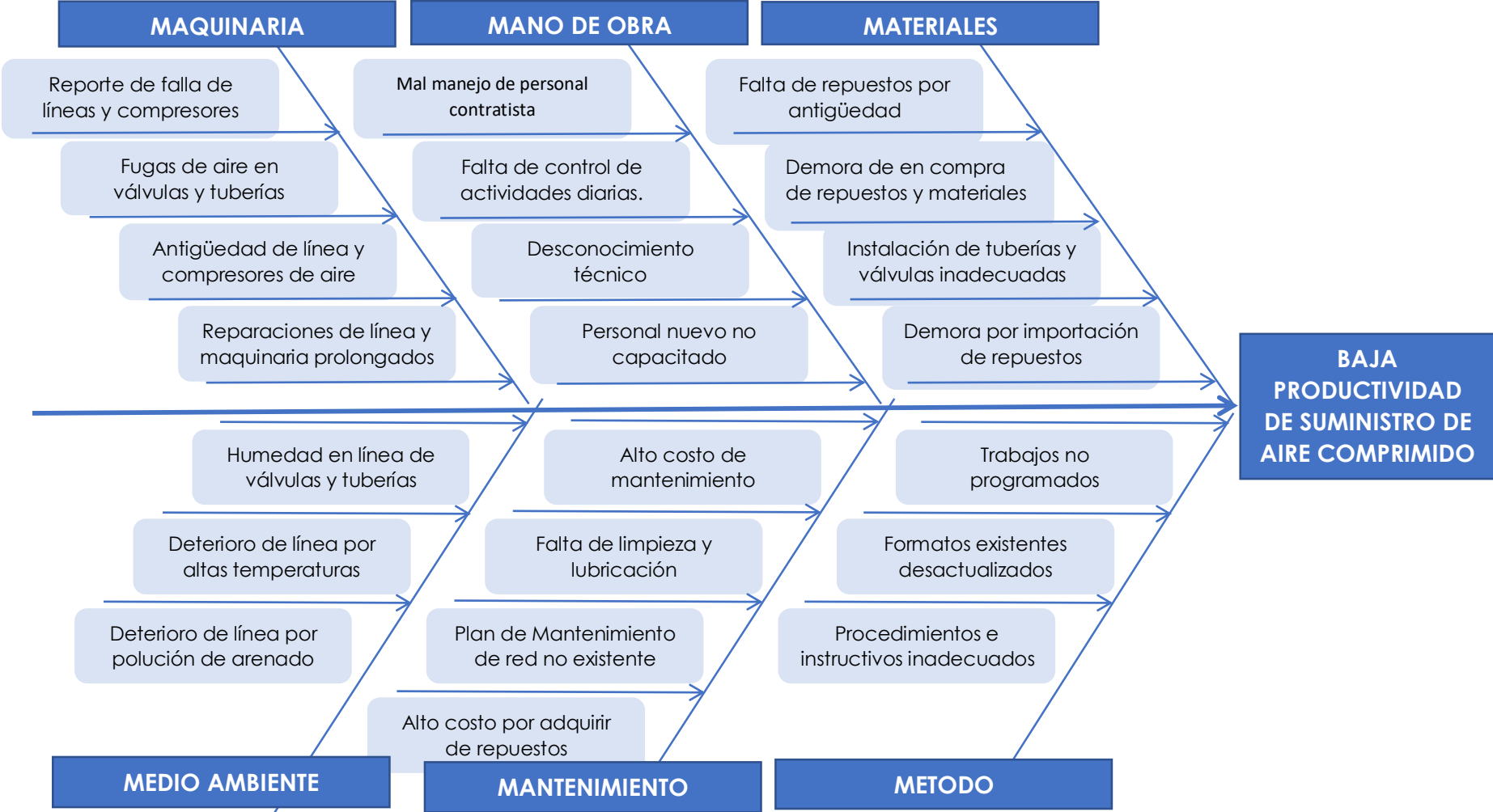
VALDERRAMA, Santiago. 2013. *Pasos para elaborar proyecto de investigación científica.* Lima, Peru : Editorial San Marcos, 2013. ISBN: 9786123028787.

VARGAS, Antonio. 1995. *Estadística Descriptiva e Inferencial.* España : Editorial universidad de Castilla la Mancha, 1995. ISBN: 9788488255877.

VILLOTA, Cesar. 2014. *TPM para aumentar la productividad del proceso de mantenimiento automotriz, en busca del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda empresa TOYOCOSTA S.A. Univerisdad Nacional de Guayaquil Guayaquil, Ecuador, 2014.* Tesis.

ZAMBRANO, Geovanny. 2015. *Diseño de un programa de TPM para una empresa proveedora de productos y servicios en el sector de la construcción. Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil, Ecuador, 2015.* Tesis.

ANEXOS



Anexo 2. Matriz de Correlación

Nº	CAUSALES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	INFLUENCIA
P1	Reporte de falla en línea y compresores	P1	3	3	1	1	0	2	1	2	2	1	0	1	1	1	0	2	3	2	2	2	30
P2	Fugas de aire en válvula y tuberías	P2	3	3	2	1	0	1	1	2	1	1	0	1	1	1	2	0	3	0	0	1	24
P3	Antigüedad de línea y compresores de aire	P3	3	0	1	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0	3	0	3	3	0	0	19
P4	Reparación de línea y maquinaria prolongadas	P4	1	0	2	1	2	2	3	2	2	0	2	1	1	1	3	1	3	2	0	2	31
P5	Mal manejo de personal contratista	P5	1	2	0	0	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3	1	1	20
P6	Falta de control de actividades diarias	P6	1	0	0	2	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0	1	3	3	0	2	2	20
P7	Desconocimiento técnico	P7	2	0	0	2	2	2	3	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	1	2	20
P8	Personal nuevo no capacitado	P8	1	0	1	3	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	2	0	0	2	19
P9	Falta de repuestos por antigüedad	P9	2	2	3	3	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	0	2	2	0	0	20
P10	Demora de compra de repuestos y materiales	P10	1	1	3	2	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	2	2	0	0	18
P11	Instalación de tuberías y válvulas inadecuadas	P11	1	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	1	1	13
P12	Demora por importación de repuestos	P12	0	0	3	3	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	2	0	2	2	0	0	18
P13	Humedad en línea de válvulas y tuberías	P13	1	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	12
P14	Deterioro de línea por altas temperaturas	P14	1	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	1	2	0	0	0	12
P15	Deterioro de línea por polución de arenado	P15	1	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	12
P16	Altos costos por mantenimiento	P16	0	0	3	3	0	0	0	3	1	1	2	0	0	0	0	1	3	3	0	0	20
P17	Falta de limpieza y lubricación de maquinarias/línea	P17	2	0	2	2	0	2	1	1	0	0	1	0	2	2	2	0	2	0	1	2	22
P18	Plan de mantenimiento de red no existente	P18	3	3	0	0	0	0	1	2	2	3	0	3	3	3	3	3	0	2	2	2	35
P19	Alto costo por adquirir repuestos	P19	2	0	3	3	0	0	0	3	3	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	19
P20	Formatos existentes desactualizados	P20	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	10
P21	Procedimientos e instructivos inadecuados	P21	2	1	0	2	1	2	1	2	0	0	1	0	0	0	2	2	2	0	2	0	20
	DEPENDENCIA		30	19	30	29	10	14	14	16	27	16	19	11	10	10	34	19	44	21	12	19	414

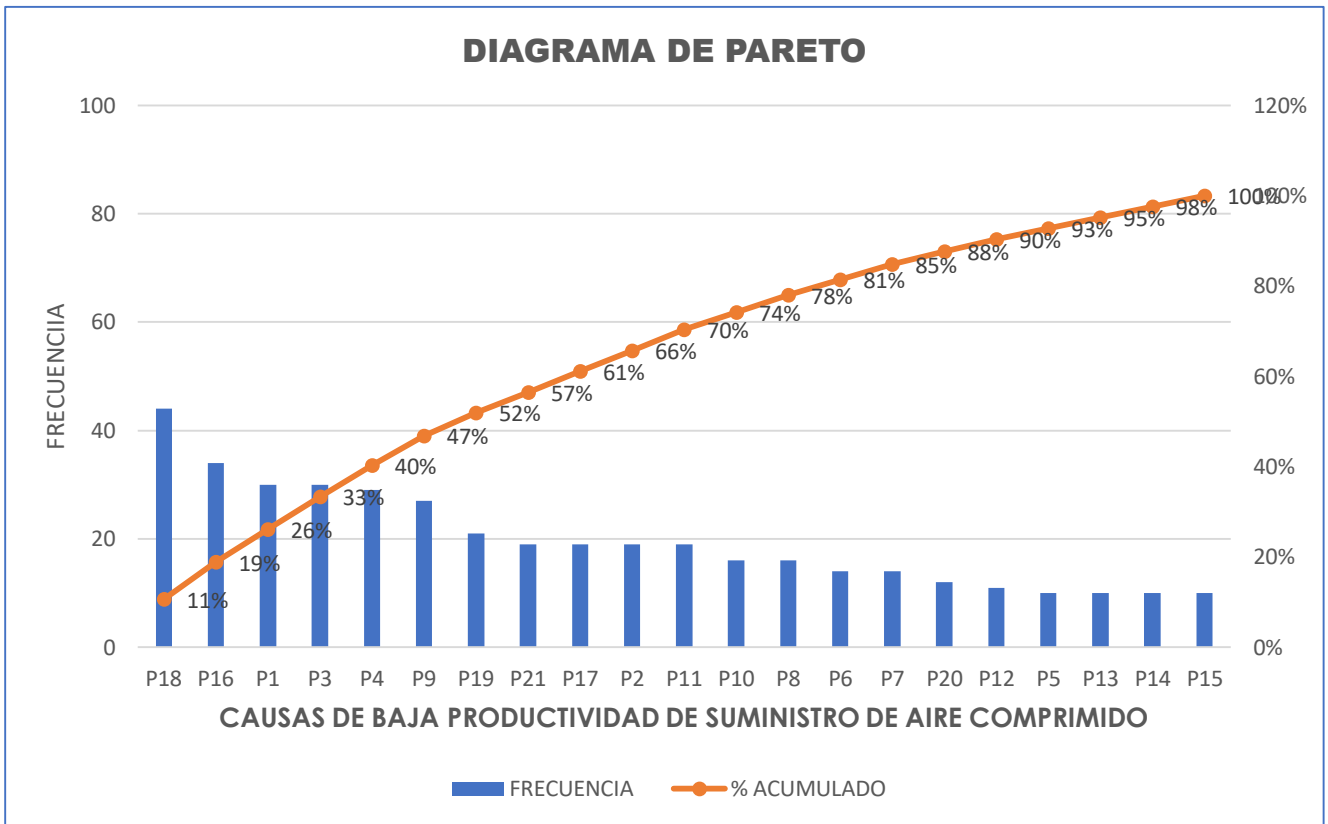
Fuente: *Elaboración propia 2021.*

Anexo 2. Matriz de porcentaje acumuladoFuente: *Elaboración propia 2021.*

	CAUSAS	FRECUENCIA	PONDERADO	ACUMULADO	%ACUMULADO
P18	Plan de mantenimiento de red no existente	44	11%	44	11%
P16	Altos costos por mantenimiento	34	8%	78	19%
P1	Reporte de falla en línea y compresores	30	7%	108	26%
P3	Antigüedad de línea y compresores de aire	30	7%	138	33%
P4	Reparación de línea y maquinaria prolongadas	29	7%	167	40%
P9	Falta de repuestos por antigüedad	27	7%	194	47%
P19	Alto costo por adquirir repuestos	21	5%	215	52%
P21	Procedimientos e instructivos inadecuados	19	5%	234	57%
P17	Falta de limpieza y lubricación de maquinarias/línea	19	5%	253	61%
P2	Fugas de aire en válvula y tuberías	19	5%	272	66%
P11	Instalación de tuberías y válvulas inadecuadas	19	5%	291	70%
P10	Demora de compra de repuestos y materiales	16	4%	307	74%
P8	Personal nuevo no capacitado	16	4%	323	78%
P6	Falta de control de actividades diarias	14	3%	337	81%
P7	Desconocimiento técnico	14	3%	351	85%
P20	Formatos existentes desactualizados	12	3%	363	88%
P12	Demora por importación de repuestos	11	3%	374	90%
P5	Mal manejo de personal contratista	10	2%	384	93%
P13	Humedad en línea de válvulas y tuberías	10	2%	394	95%
P14	Deterioro de línea por altas temperaturas	10	2%	404	98%
P15	Deterioro de línea por polución de arenado	10	2%	414	100%
		414	100%		

Fuente: *Elaboración propia 2021.*

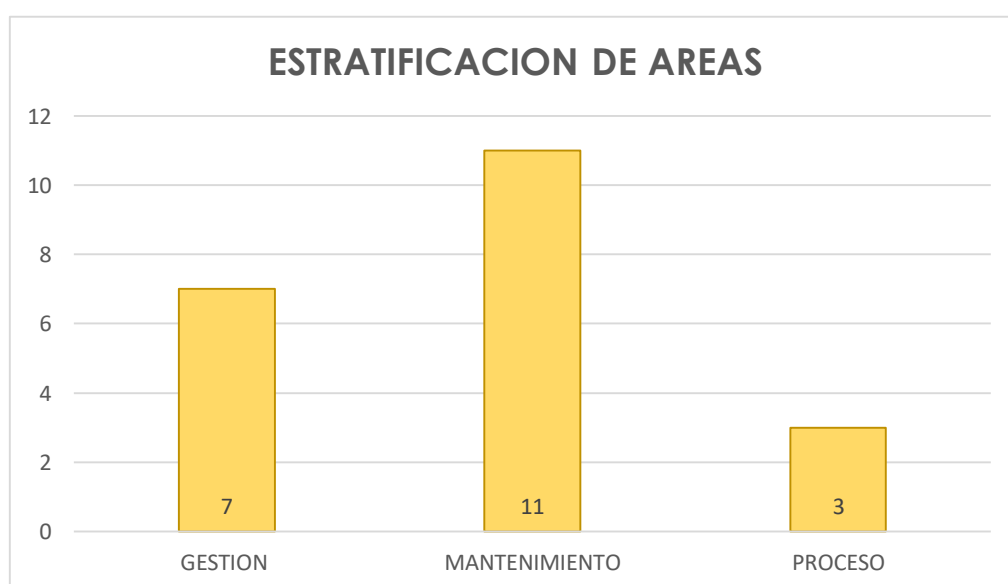
Anexo 3. Grafica de Diagrama de Pareto.



Fuente: *Elaboración propia 2021.*

Anexo 4. Matriz de Estratificación.

	CAUSAS	PONDERACION	AREAS	PUNTAJE
P18	Plan de mantenimiento de red no existente	44	G	153
P16	Altos costos por mantenimiento	34	G	
P21	Procedimientos e instructivos inadecuados	19	G	
P8	Personal nuevo no capacitado	16	G	
P6	Falta de control de actividades diarias	14	G	
P7	Desconocimiento técnico	14	G	
P20	Formatos existentes desactualizados	12	G	
P1	Reporte de falla en línea y compresores	30	M	224
P3	Antigüedad de línea y compresores de aire	30	M	
P4	Reparación de línea y maquinaria prolongadas	29	M	
P9	Falta de repuestos por antigüedad	27	M	
P19	Alto costo por adquirir repuestos	21	M	
P17	Falta de limpieza y lubricación de maquinarias/línea	19	M	
P2	Fugas de aire en válvulas y tuberías	19	M	
P11	Instalación de tuberías y válvulas inadecuadas	19	M	
P13	Humedad en línea de válvulas y tuberías	10	M	
P14	Deterioro de línea por altas temperaturas	10	M	
P15	Deterioro de línea por polución de arenado	10	M	37
P10	Demora de compra de repuestos y materiales	16	P	
P12	Demora por importación de repuestos	11	P	
P5	Mal manejo de personal contratista	10	P	



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Anexo 5. Alternativas de Solución

Alternativas	Solución a la problemática	Costos de aplicación	Facilidad de Ejecución	Tiempo de ejecución	Total
TPM	2	2	2	2	8
Lean Production	1	2	1	1	5
5S	0	1	1	1	3

Escala	
Muy Bueno	2
Bueno	1
No Bueno	0

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Anexo 6. Clasificación de las Seis grandes pérdidas.

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos	Eliminar
	2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre velocidad actual y la de diseño del equipo. Mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas	Minimizar según técnica

Fuente: Cuatrecasas 2010 (p. 50)

Anexo 7. Fases y etapas de implementación del TPM

Fases	Etapas	Aspectos De Gestión
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	se hace saber la aplicación del TPM mediante volantes, reuniones,
	2. Información sobre TPM.	Realizar reuniones con todas las áreas de
	3. Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas TPM.	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM.	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar
2.introduccion	6. Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores.
3. implantación	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar máquinas más defectuosas para analizar la causa y efecto y poder solucionarlo.
	8. Desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo	Realizar mantenimiento diario a los operarios con relación al buen desarrollo.
	9. Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado	Incluye el mantenimiento programado o paradas, siendo correctivo y predictivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Capacitar a los líderes para que después enseñar a cada uno de sus colaboradores.
	11. Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad
4.consolidación	12. Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua

Fuente: Cuatrecasas 2010 (p. 50)

Anexo 08: Matriz de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	FÓRMULA	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE (METODOLOGÍA TPM)	Para Guerra & Paucar (2013, p. 1), el “TPM es un sistema compuesto de actividades que se desarrolla en una empresa con el fin de mejorar la capacidad competitiva dentro del mercado, mediante la eliminación de todo tipo de derroche o pérdidas que se presentan en los sistemas productivos, esto se logra con la contribución de los integrantes comprometidos en la búsqueda de la perfección en las operaciones de la empresa”.	Sera medida a través de las dimensiones de disponibilidad y confiabilidad, y los indicadores correspondientes	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	Índice de (MTBF)	$MTBF = \frac{Td - Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ <p>Dónde: -TD = Tiempo disponible -Tpm = Tiempo parada-máquina</p>	Numérico
			TIEMPO MEDIO DE REPARACION	Índice de (MTTR)	$MTTR = \frac{Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ <p>Dónde: -Tpm = Tiempo parada - máquina</p>	Numérico

DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD	<p>Gutiérrez (2014, p. 20), sostiene “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtiene en un proceso o en un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.</p> <p>Según también Acuña (2009),” nos manifiesta que la productividad incrementa a menos tiempos muertos durante la producción y paradas imprevistas de las maquinas (p.33)”.</p>	<p>Es el grado en que una empresa demuestra eficiencia y eficacia al momento de aplicar sus procesos productivos.</p>	EFICIENCIA	Índice de Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$ <p>Dónde: - MTBF = Tiempo promedio entre fallas - MTTR = Tiempo promedio de reparación</p>	Razón
			EFICACIA	Índice de Confiabilidad	$\text{Confiabilidad} = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$ <p>Dónde: - MTBF = Tiempo promedio entre fallas - t = Tiempo de Operación</p>	Razón

Anexo 09. Matriz de Consistencia

Aplicación de la metodología (TPM) para incrementar la productividad en el Sistema de Suministro de Aire Comprimido de la empresa SIMA, CALLAO 2021

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
¿De qué manera la implementación del TPM, elevará la productividad del Sistema de Suministro de Aire Comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021?	Determinar como la implementación del TPM, eleva la productividad del Sistema de Suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021	La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la productividad de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021.
Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicas
¿De qué la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficiencia del sistema de suministro de aire comprimido en la empresa SIMA – CALLAO 2021?	Determinar como la implementación del TPM, mejorará la eficiencia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021	La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de aire comprimido incrementa la eficiencia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021
¿De qué manera la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficacia del Sistema de Suministro de Aire Comprimido en la empresa SIMA – CALLAO 2021?	Determinar como la implementación del TPM, mejorará la eficacia en el sistema de suministro de aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021.	La aplicación del TPM mejora el proceso del Sistema de suministro de Aire comprimido incrementa la eficacia de las actividades principales del Astillero SIMA-CALLAO 2021

Anexo 10. Carta de solicitud para validación de instrumentos



Carta de presentación

Callao, 17 de Noviembre del 2021

Señor: Mg. Gustavo Montoya Cárdenas

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVEZ DE JUCIO DE EXPERTOS

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos cordiales y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recopilaré la información necesaria para poder desarrollar mi proyecto de investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero Industrial.

El título de mi proyecto de investigación es: Aplicación de la Metodología TPM para incrementar la productividad en el Suministro de Aire Comprimido en la empresa SIMA, CALLAO 2021, y considerando su connotada experiencia en temas de Ingeniería Industrial y/o investigación tecnológica, le solicito validar los instrumentos de recolección de datos.

El expediente de validación, que le remito contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad de expresar mi consideración y estima personal.

Atentamente.

Stephany Del Carmen Huiman Yangali

DNI: 70918776

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Carta de solicitud para validación de instrumentos



Carta de presentación

Callao, 07 de Octubre del 2021

Señor: Mg. Paz Campaña, Augusto

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVEZ DE JUCIO DE EXPERTOS

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos cordiales y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recopilaré la información necesaria para poder desarrollar mi proyecto de investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero Industrial.

El título de mi proyecto de investigación es: Aplicación de la Metodología TPM para incrementar la productividad en el Suministro de Aire Comprimido en la empresa SIMA, CALLAO 2021, y considerando su connotada experiencia en temas de Ingeniería Industrial y/o investigación tecnológica, le solicito validar los instrumentos de recolección de datos.

El expediente de validación, que le remito contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad de expresar mi consideración y estima personal.

Atentamente,

Stephany Del Carmen Huiman Yangali

DNI: 70918776

Fuente: *Elaboración propia 2021.*

Carta de solicitud para validación de instrumentos

Fuente: *Elaboración propia 2021.*



Carta de presentación

Callao, 07 de Octubre del 2021

Señor Mg. Percy Sunohara Ramirez

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVEZ DE JUCIO DE EXPERTOS

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos cordiales y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recopilare la información necesaria para poder desarrollar mi proyecto de investigación y con la cual optare el titulo de Ingeniero Industrial.

El titulo de mi proyecto de investigación es: Aplicación de la Metodología TPM para incrementar la productividad en el Suministro de Aire Comprimido en la empresa SIMA, CALLAO 2021, y considerando su connotada experiencia en temas de Ingeniería Industrial y/o investigación tecnológica, le solicito validar los instrumentos de recolección de datos.

El expediente de validación, que le remito contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones de las variables y dimensiones.
- Matriz de Operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad de expresar mi consideración y estima personal.

Atentamente.

Stephany Del Carmen Huiman Yangali

DNI: 70918776

c) Certificado de validez de contenido del instrumento que mide

Instrumento a las Variables Independiente y la Variable Dependiente

N°	DIMENSIONES / Ítems	Coherencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA TPM							
1	Dimensión 1: Tiempo medio entre fallas (MTBF) $MTBF = \frac{Td - Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -Td = Tiempo disponible -Tpm = Tiempo parada-máquina	X		X		X		
2	Dimensión 2: Tiempo promedio de reparación (MTTR) $MTTR = \frac{Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -Tpm = Tiempo parada - máquina	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
4	Dimensión 1: Eficiencia $Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$ Dónde: -MTBF = Tiempo promedio entre fallas -MTTR = Tiempo promedio de reparación	X		X		X		
5	Dimensión 2: Eficacia $Confiabilidad = e^{-\frac{t}{MTBF}}$ Dónde: - MTBF = Tiempo promedio entre fallas - t = Tiempo de Operación	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): __HAY SUFICIENCIA__

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X]

Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: MSc. Sanohara Ramirez, Percy Sixto - DNI:40608759

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial, MSc. Dirección TI

06 de Diciembre del 2021

Firma del Experto Informante.

¹ Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.
² Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

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

Fuente: *Elaboración propia 2021*

Validación de instrumentos por juicio de expertos

c) Certificado de validez de contenido del instrumento que mide

Instrumento a las Variables Independiente y la Variable Dependiente

N°	DIMENSIONES / Ítems	Coherencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA TPM							
1	Dimensión 1: Tiempo medio entre fallas (MTBF) $MTBF = \frac{Td - Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -TD = Tiempo disponible -Tpm = Tiempo parada-máquina	X		X		X		
2	Dimensión 2: Tiempo promedio de reparación (MTTR) $MTTR = \frac{Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -Tpm = Tiempo parada - máquina	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
4	Dimensión 1: Eficiencia $\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$ Dónde: -MTBF = Tiempo promedio entre fallas -MTTR = Tiempo promedio de reparación	X		X		X		
5	Dimensión 2: Eficacia $\text{Confiabilidad} = e^{-\frac{t}{MTBF}}$ Dónde: - MTBF = Tiempo promedio entre fallas - t = Tiempo de Operación	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): __ HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X]

Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. Paz Campaña, Augusto . DNI:07945812

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial, Magister en Administración de Empresas

07 de Octubre del 2021

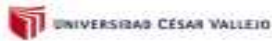
¹ Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.
² Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna al enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

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



Firma del Experto Informante.

Validación de instrumentos por juicio de expertos



c) Certificado de validez de contenido del instrumento que mide

Instrumento a las Variables Independiente y la Variable Dependiente

N°	DIMENSIONES/ ítem	Coherencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGIA TPM							
1	Dimensión 1: Tiempo medio entre fallas (MTBF) $MTBF = \frac{Td - Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -TD = Tiempo disponible -Tpm = Tiempo parada-máquina	X		X		X		
2	Dimensión 2: Tiempo promedio de reparación (MTTR) $MTTR = \frac{Tpm}{Nro\ de\ fallas}$ Dónde: -Tpm = Tiempo parada - máquina	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
4	Dimensión 1: Eficiencia $Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$ Dónde: -MTBF = Tiempo promedio entre fallas -MTTR = Tiempo promedio de reparación	X		X		X		
5	Dimensión 2: Eficacia $Confiability = e^{-\frac{t}{MTBF}}$ Dónde: - MTBF = Tiempo promedio entre fallas - t = Tiempo de Operación	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): __ HAY SUFICIENCIA __

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X]

Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador, Mg. Montoya Cárdenas, Gustavo DNI:07500140

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial, Magister en Administración Estratégica de Empresas

02 de Diciembre del 2021

¹ Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo
² Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo
³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

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

GUSTAVO MONTAYA CÁRDENAS
INGENIERO INDUSTRIAL
DNI N° 14400

Firma del Experto Informante.

Anexo 12. Autorización del Jefe de Departamento de Mantenimiento y Servicios

**"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"
"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERU: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"**

Callao 13 de diciembre del 2021

Señor:

Director de Escuela de la Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Cesar Vallejo

Asunto: Autorización para realizar tesis de investigación.

Yo Cesar Saulo Belli Arroyo, identificado con el DNI 43193908 en calidad de Jefe de Departamento de Mantenimiento y Servicios, autorizo a la Srta. Stephany del Carmen Huiman Yangali con DNI: 70918776, estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial, la Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Norte, a utilizar información confidencial de la empresa para el desarrollo del proyecto de tesis denominado "Implementación de la metodología TPM para incrementar el sistema de suministro aire comprimido de la empresa SIMA – CALLAO 2021".

Como condición contractual, el estudiante se encuentra obligado a no divulgar, ni usar para fines personales; la información, documentos, expedientes, contratos, escritos, artículos, estado de cuentas y otros materiales, la cual será suministrada.

No proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades o procesos de cualquier clase que fueran observadas en la empresa durante la duración del proyecto, el estudiante asume que toda la información el resultado obtenido del proyecto es exclusivamente académico.

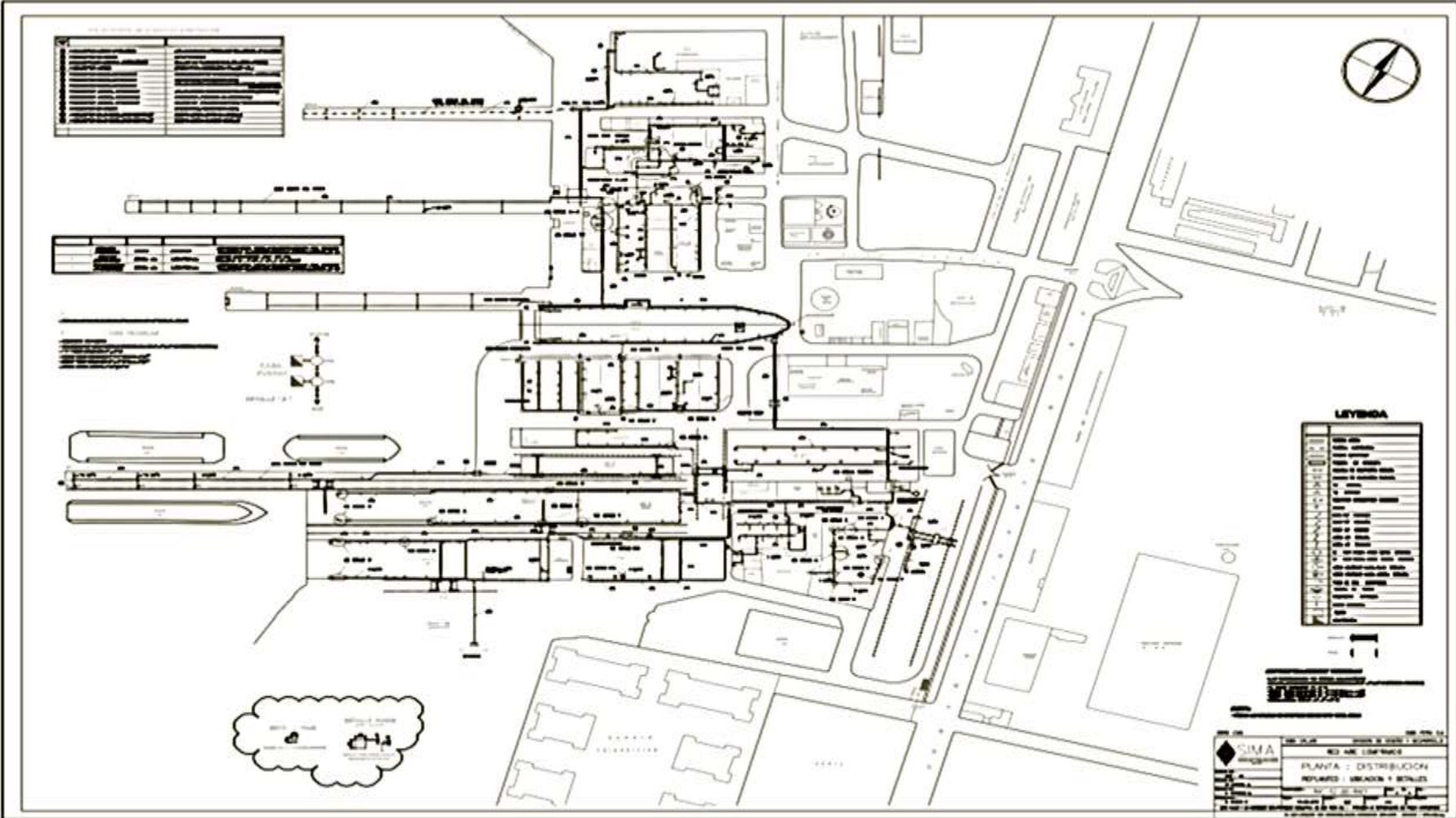
El material suministrado por la empresa será de base para la construcción de lo estudiado. La información y el resultado que se obtenga podrían llegar a convertirse en una herramienta de apoyo de información de los estudiantes de la escuela de ingeniería industrial.

Atentamente
Capitán de Corbeta
César BELLI Arroyo
Jefe Departamento de Mantenimiento y
Servicios



Fuente: *Elaboración propia 2021*

Anexo 13. Plano de la red de aire comprimido SIMA -CALLAO



Fuente: Archivos de sima – callao

Anexo 14. *Estado actual de dispositivo de salida de aire comprimido*



Fuente: *Fotografía sima – callao 2021*



Fuente: *Fotografía sima – callao 2021*

Estado actual de dispositivo de salida de aire comprimido



Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Anexo 15. Estado actual de tuberías de salida de aire comprimido



Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 202

Estado actual de tuberías de salida de aire comprimido




Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Anexo 16. Plan de Redes de suministro de aire comprimido SIMA – CALLAO

		FORMATO														Código							
		PLAN DE INSPECCION DE TUBERÍAS Y TOMAS														Versión	02						
														Fecha	26-12-18								
														Página	1 - 1								
N°	AREA USUARIA	TUBERIAS	COD.	FRECUENCIA	CRONOGRAMA												TALLER	M.O. (HD)	M.O. (S./.)	MAT (S./.)	SER (S./.)	TOTAL	
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC							
1	TRAMO 1	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
2	TRAMO 2	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
3	TRAMO 3	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
4	TRAMO 3	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
5	TRAMO 5	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
6	TRAMO 6	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
7	TRAMO 7	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
8	TRAMO 8	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00
9	TRAMO 9	MANTENIMIENTO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO	S/C	ANUAL														X-96	2.0	S/. 224.00	S/. 200.00	0.0	S/. 424.00

Fuente: *Elaboración propia 2021*




Anexo 17. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto de Compresores de Aire SIMA – CALLAO

	FORMATO		Código	F-23-01-01-SC
			Versión	09
	PLAN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINAS Y EQUIPOS 2019		Fecha	25/02/2019
			Página	1 - 1

AREA USUARIA	MAQUINARIA	COD.	PERIODO DE TIEMPO	CRONOGRAMA												TALLER RESP.	M.O. (HD)	M.O. (S/.)	MAT (S/.)	SER (S/.)	TOTAL (MAT+SER)		
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA M. DE M.	001-024	SEMESTRAL															TX-96	18	S/. 4,032.00	S/. 9,433.18	S/. -	S/. 9,433.18
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA M.DE.M.	014-024	SEMESTRAL															TX-96	2	S/. 224.00	S/. 6,369.26	S/. -	S/. 6,369.26
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA M.DE.M.	016-024	OCTOMESTRAL															TX-96	2	S/. 224.00	S/. 6,369.26	S/. -	S/. 6,369.26
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA ESTACIONARIA	041-024	SEMESTRAL															TX-96	10	S/. 1,120.00	S/. 386.54	S/. -	S/. 386.54
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA ESTACIONARIA	041-024	ANUAL															TX-96	5	S/. 560.00	S/. 26,265.40	S/. -	S/. 26,265.40
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA ESTACIONARIA	047-024	SEMESTRAL															TX-96	10	S/. 1,120.00	S/. 386.54	S/. -	S/. 386.54
TX-96 GASES INDUSTRIALES	COMPRESORA ESTACIONARIA	047-024	ANUAL															TX-96	5	S/. 560.00	S/. 26,265.40	S/. -	S/. 26,265.40
TX-96 GASES INDUSTRIALES	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO LADO A (KAESER)	070-024	3000															TX-96	0	S/. -	S/. -	S/. 15,695.00	S/. 15,695.00
TX-96 GASES INDUSTRIALES	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO LADO A (KAESER)	070-024	6000															TX-96	0	S/. -	S/. -	S/. 46,155.64	S/. 46,155.64
TX-96 GASES INDUSTRIALES	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO LADO B (KAESER)	070-024	3000															TX-96	0	S/. -	S/. -	S/. 15,695.00	S/. 15,695.00
TX-96 GASES INDUSTRIALES	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO LADO B (KAESER)	070-024	6000															TX-96	0	S/. -	S/. -	S/. 46,155.64	S/. 46,155.64
																TOTALES	S/. 7,840.00	S/. 75,475.58	S/. 123,701.28	S/. 137,326.22			

Fuente: Elaboración propia 2021.





Anexo 18. Instructivos de mantenimiento planificado revisados

CODIGO		EQUIPO	
001-024		COMPRESORA ESTACIONARIA CHICAGO PNEUMATIC	
DESCRIPCION			
Mantenimiento e inspeccion mecanica, electrica y neumatica			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	INSTRUMENTOS	
Llaves mixtas, francesa, Stillson, dado, hexagonal. Destornilladores. (Medidas segun requerimientos).	DESCRIPCIONES	CANTIDAD	- Filler - Torquimetro - Vernier - Micrometro - Megometro
	- Silicona alta temperatura (0458250116)	05 PZ	
	- Solvente dielectrico (3710060182).	01 GL	
	- Lija para agua # 80 (041810340).	05 PZ	
	- Lija para agua # 600 (0418010545).	05 PZ	
	- Lija de fierro # 180 (0418063006).	05 PZ	
	- Lija para fierro # 80 (0418062407).	05 PZ	
	- Formador de empaquetadura (1430060141).	03 PZ	
	- Filtro de Aire TP Panel de 648 x 500 x 52 mm (2142061929).	05 PZ	
	- Grasa Molycote tipo G (env. de 1 lb) (0174130603)	01 PZ	
	- Trapo industrial (8520200062)	02 KL	
	- Empaqa no asbestada en plancha 455 1/16" chesterton (0260060200)	20 KL	
	- Grasa para partes abiertas y cables de servicio (0176500709)	02 KL	
	- Empaqa de jebe neopreno c/trama de lona plancha 1/8" (0240151258)	14 KL	
	- Aceite p/compresores reciprocantes de aire (0123190500)	55 GL	
- Azul de Prusia en chisguete de 18 gramos (0458010505)	02 PZ		
- Desengrasante ecológico biodegradable (1645201031)	02 GL		
INSTRUCCIONES		ESPECIALIDAD	H-H
1. Sistema Mecanico – Neumatico - Retirar todas las valvulas, limpiar e inspeccionar. - Limpiar las camisas de enfriamiento de los cilindros del compresor. - Desmontaje de intercambiadores, intercooler y aftercooler. - Revisar los pistones de alta y baja. Limpieza de la torre de enfriamiento. - Limpiar el deposito del lubricador y filtro. - Cambio de aceite del carter, si cumple las horas de trabajo. - Tomar muestra de aceite . - Limpieza de unidad compresora. - Limpiar el tanque acumulador y trampas de condensado. - Revisar manómetros y termómetros. Calibrar, (Plan anual) - Retirar las valvulas de seguridad, limpiarlas y calibrarlas. - Tomar luces a los descansos, puno de biela, cruceta. Verificar si estan en la tolerancia. - Inspeccionar los anillos del piston, verificar el desgaste. Cambiar si se requiere.		4434	176 H-H
2. Sistema Electrico - Desmontaje del grupo convertidor, mantenimiento al motor y convertidor, toma de aislamiento, - Limpieza, pulverizado y estufado del motor y cuadro de arranque. - Desmontaje de las bombas de enfriamiento. Inspeccion a las tomas de aislamiento y revision el cuadro de arranque. - Verificar el nivel de aceite dielectrico (cambiar si es necesario); verificacion de contactos, arranque 2300 voltios.		4210	112 H-H
		TOTAL = 288 H-H	
CONTROLES OPERACIONALES			
MEDIO AMBIENTE: 1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller.			
SEGURIDAD Y SALUD: 1. Todo el personal debera llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoara con agua y jabon.			
USAR			CONOCER
			
			
X	X	X	X
			MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

vision / Taller: Gases Industriales – Produccion de Aire Comprimido.		Centro de costos: 602				
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Semestral						
CODIGOS		EQUIPO				
014-024		COMPRESORA ESTACIONARIA IHI				
DESCRIPCION						
Mantenimiento e inspeccion mecanica, electrica y neumatica						
HERRAMIENTAS		MATERIALES				
DESCRIPCIONES		CANTIDAD				
<ul style="list-style-type: none"> - Llaves mixtas - Llave francesa - Llave Stillson - Destornillador - Alicata. 		<ul style="list-style-type: none"> - Pintura Esmalte Sint. c/ver Nilo (1615100240) 05 GL - Trapo industrial (852020062) 02 KL - Solvente dielectrico (3710060182) 01 GL - Desengrasante Industrial Biodegradable, (1645201031). 02 GL - Empaq no asbest.plancha csa-90 de 1/16" (5 x5) (0260070842) 5.8 KL - Empaq de jebe neoprene c/trama 1/8" (1,000 x 1,000 m2) (0240151258) 07 KL - Empaq de jebe c/trama de 1/16" (1,000 x 1,000 m2) (0240200107) 03 KL - Empaq teflon en cinta de 1/2" x 12 mts (0260100300) 05 PZ - Silicona alta temperatura (0458250116) 05 PZ - Lija para agua # 80 (0418010340) 05 PZ - Lija para agua # 180 (0418010425) 05 PZ - Lija para agua # 40(0418010305) 05 PZ - Lija para agua # 600 (0418010545) 05 PZ - Filtro de aire tipo humedo af-10254 purolator (2142900332) 02 PZ - Aceite p/compresores reciprocantes. (0123190500) 55 GL 				
INSTRUMENTOS		INSTRUMENTOS				
<ul style="list-style-type: none"> - Filler. - Torquimetro. - Vernier. - Micrometro. - Megometro. - Alineador laser . 						
INSTRUCCIONES		ESPECIALIDAD				
<p>Sistema Mecanico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Drenar el aceite del carter, limpiar el carter y rellenar con aceite Shell Corena P-100 nuevo. Limpiar el filtro de aceite del carter. - Revisar si no hay fugas de aceite del carter por los sellos de aceite de los vastagos. Desarmar y limpiar si se detectan fugas. Inspeccionar. - Limpieza de unidad compresora. - Inspeccion y ajustes de canerias de lubricacion. - Revision y ajustes de pernos de anclaje del motor, acoplamientos y bases de la unidad compresora. 		4434				
<p>1. Sistema Mecanico – Neumatico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Retirar todas las valvulas, descarbonizar y desengrasar e Inspeccionar. - Inspeccionar los pistones por las lumbreras, tomar luces. - Desmontar y limpiar el filtro de aire del panel. Revisar y probar todos los sensores y valvulas de seguridad. - Retirar el filtro de aire, limpiar el deposito de aceite, secarlo con trapo, rellenar con aceite nuevo Shell Corena P-100. Limpiar el filtro e instalacion en su alojamiento - Revisar las empaquetaduras de los cabezales y vastagos que sellan el aire. Reajustar si es necesario para evitar fugas. - Revisar si no hay fugas de aceite del carter por los sellos de aceite de los vastagos. Desarmar y limpiar si se detectan fugas. Inspeccionar. - Limpieza de unidad compresora. - Inspeccion y ajustes de canerias de lubricacion. - Revision y ajustes de pernos de anclaje del motor, acoplamientos y bases de la unidad compresora. - Alineamiento del motor y unidad compresora 		4434				
		TOTAL = 16 H-H				
CONTROLES OPERACIONALES						
MEDIO AMBIENTE:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller. 						
SEGURIDAD Y SALUD:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal debera llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoara con agua y jabón. 						
USAR						CONOCER
						
X	X	X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR







Instructivos de mantenimiento planificado revisados

vision / Taller: Gases Industriales – Produccion de Aire Comprimido.		Centro de costos: 602	
tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Octomestral			
CODIGOS	EQUIPO		
016-024	COMPRESORA ESTACIONARIA IHI		
DESCRIPCION			
Mantenimiento e inspeccion mecanica, electrica y neumatica			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	CANTIDAD	INSTRUMENTOS
	DESCRIPCIONES		
- Llaves mixtas - Llave francesa - Llave Stillson - Destornillador - Alicates.	- Pintura Esmalte Sint. c/ver Nilo (1615100240) - Trapo industrial (852020062) - Solvente dielectrico (3710060182) - Desengrasante Industrial Biodegradable, (1645201031). - Empaq no asbest.plancha csa-90 de 1/16" (5 x5) (0260070842) - Empaq de jebe neoprene c/trama 1/8" (1,000 x 1,000 m2) (0240151258) - Empaq de jebe c/trama de 1/16" (1,000 x 1,000 m2) (0240200107) - Empaq teflon en cinta de 1/2" x 12 mts (0260100300) - Silicona alta temperatura (0458250116) - Lija para agua # 80 (0418010340) - Lija para agua # 180 (0418010425) - Lija para agua # 40(0418010305) - Lija para agua # 600 (0418010545) - Filtro de aire tipo humedo af-10254 purolator (2142900332) - Aceite p/compresores reciprocantes. (0123190500)	05 GL 02 KL 01 GL 02 GL 5.8 KL 07 KL 03 KL 05 PZ 05 PZ 05 PZ 05 PZ 05 PZ 02 PZ 55 GL	- Filler. - Torquimetro. - Vernier. - Micrometro. - Megometro. - Alineador laser .
INSTRUCCIONES		ESPECIALIDAD	H-H
<p>Sistema Mecanico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Drenar el aceite del carter, limpiar el carter y rellenar con aceite Shell Corena P-100 nuevo. Limpiar el filtro de aceite del carter. - Revisar si no hay fugas de aceite del carter por los sellos de aceite de los vastagos. Desarmar y limpiar si se detectan fugas. Inspeccionar. - Limpieza de unidad compresora. - Inspeccion y ajustes de canerías de lubricacion. - Revision y ajustes de pernos de anclaje del motor, acoplamientos y bases de la unidad compresora. 		4434	16 H-H
<p>1. Sistema Mecanico – Neumatico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Retirar todas las valvulas, descarbonizar y desengrasar e Inspeccionar. - Inspeccionar los pistones por las lumbreras, tomar luces. - Desmontar y limpiar el filtro de aire del panel. Revisar y probar todos los sensores y valvulas de seguridad. - Retirar el filtro de aire, limpiar el deposito de aceite, secarlo con trapo, rellenar con aceite nuevo Shell Corena P-100. Limpiar el filtro e instalacion en su alojamiento - Revisar las empaquetaduras de los cabezales y vastagos que sellan el aire. Reajustar si es necesario para evitar fugas. - Revisar si no hay fugas de aceite del carter por los sellos de aceite de los vastagos. Desarmar y limpiar si se detectan fugas. Inspeccionar. - Limpieza de unidad compresora. - Inspeccion y ajustes de canerías de lubricacion. - Revision y ajustes de pernos de anclaje del motor, acoplamientos y bases de la unidad compresora. - Alineamiento del motor y unidad compresora 		4434	16 H-H
		TOTAL = 16 H-H	
CONTROLES OPERACIONALES			
MEDIO AMBIENTE:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller. 			
SEGURIDAD Y SALUD:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal debera llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoara con agua y jabón. 			
USAR			CONOCER
			
X	X	X	X
			MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

Division / Taller: Gases Industriales – Produccion de Aire Comprimido		Centro de costos: 602				
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Semestral						
CODIGO	EQUIPO					
041-024 047-024	COMPRESORA ESTACIONARIA SULLAIR					
DESCRIPCION						
Mantenimiento e inspeccion mecanica, electrica y neumatica						
HERRAMIENTAS	MATERIALES		INSTRUMENTOS			
	DESCRIPCIONES	CANTIDAD				
- Llaves mixtas - Llave francesa - Llave Stillson - Destornillador - Alicates.	- Solvente dielectrico (3710060182). - Lija para agua # 80 (0418010340). - Lija para agua # 600 (0418010545). - Lija de fierro # 180 (0418063006). - Thinner JET STD (1645100655) - Pintura Esmalte Verde Nilo (1615100240) - Formador de empaquetadura (1430060141) - Trapo industrial (8520200062)	01 GL 05 PZ 05 PZ 05 PZ 02 GL 01 GL 02 PZ 02 KL	- Multimetro			
INSTRUCCIONES			ESPECIALIDAD			
1. Sistema Mecanico – Neumatico - Limpiar los filtros Strainer de la valvula de vacio Sullicon. - Lubricar los ejes y varillaje de la valvula Sullicon e inspeccionar diafragma. - Retirar el filtro de aceite, limpiar el deposito, instalar filtro y rellenar aceite a nivel. Retirar el filtro primario y secundario y remplazarlo.			4434			
1. Sistema Electrico - Pulverizar y lavar con solvente dielectrico.			4210			
			TOTAL = 40 H-H			
CONTROLES OPERACIONALES						
MEDIO AMBIENTE:						
1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller.						
SEGURIDAD Y SALUD:						
1. Todo el personal debera llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoara con agua y jabon						
USAR						CONOCER
						
X		X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

Division / Taller: Gases Industriales – Produccion de Aire Comprimido				Centro de costos: 602			
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Anual							
CODIGO		EQUIPO					
041-024 047-024		COMPRESORA ESTACIONARIA SULLAIR					
DESCRIPCION							
Mantenimiento e inspeccion mecanica y neumatica							
HERRAMIENTAS		MATERIALES		INSTRUMENTOS			
		DESCRIPCIONES		CANTIDAD			
<ul style="list-style-type: none"> - Llaves mixtas - Llave francesa - Llave Stillson - Destornillador - Alicata. 		<ul style="list-style-type: none"> - 250007-839 element air filter 18" (2103502136) - 250008-956 filtro de aceite (2103502188) - Element plated primary n° parte 250034-123 (2103502113). - Element separator secondary n° parte 250034-129 (2103502107). - 010-02250135-149 element air filter 18" prim. Rpto. P/compresor aire sullair mod. 253-300L (2103502120) - Filtro control aire 1/4" n° parte 010-02250112-032 (2103502074). - Aceite sullube N-32 (0123190056) - Trapo industrial (8520200062) 		<ul style="list-style-type: none"> 01 PZ 02 PZ 01 PZ 01 PZ 01 PZ 01 PZ 25 GL 02 KL 		<ul style="list-style-type: none"> - Multimetro 	
INSTRUCCIONES				ESPECIALIDAD	H-H		
1. Sistema Mecanico – Neumatico <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de filtro control aire, elemento primario y elemento separador secundario. - Cambio de aceite 				4434	40 H-H		
				TOTAL = 40 H-H			
CONTROLES OPERACIONALES							
MEDIO AMBIENTE:							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller. 							
SEGURIDAD Y SALUD:							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal debera llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseara con agua y jabon 							
USAR					CONOCER		
							
X		X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR	

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

Division / Taller: Gases Industriales – Produccion de Aire Comprimido		Centro de costos: 602	
tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Cada 3000 horas			
CODIGO	EQUIPO		
070-024	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO LADO A (KAESER)		
DESCRIPCION			
Mantenimiento e inspeccion mecanica			
HERRAMIENTAS	MATERIALES		INSTRUMENTOS
	DESCRIPCIONES	CANTIDAD	
INSTRUCCIONES			ESPECIALIDAD
<p>Servicio de mantenimiento de 3000 horas (TIPO A), Compresor A – Motor N/S:N-F21443454010002/2015, segun las siguientes indicaciones del manual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de esterilla de filtro - Cambio de elemento filtrante de aire. - Cambio de filtro de aceite. 			H-H
			TOTAL =
CONTROLES OPERACIONALES			
<p>MEDIO AMBIENTE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido sera manejado segun el codigo de colores identificado en los receptaculos. 2. Todo residuo liquido se dispondra en los receptaculos ubicados en los diques de contencion de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contencion. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de liquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atendera con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicara a la Brigada del Taller. 			
<p>SEGURIDAD Y SALUD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal deberra llevar los EPP segun lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluacion de Riesgos y Medidas de Mitigacion. 2. Verificar la desconexion del sistema electrico de la maquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Maquina en mantenimiento". 4. Mantener el area limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseara con agua y jabon 			
USAR			CONOCER
			
			
X		X	X
		X	X
			X
			MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

División / Taller: Gases Industriales – Producción de Aire Comprimido		Centro de costos: 602	
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Cada 6000 horas			
CODIGO	EQUIPO		
070-024	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO (KAESER)		
DESCRIPCION			
Mantenimiento e inspección mecánica			
HERRAMIENTAS	MATERIALES		INSTRUMENTOS
	DESCRIPCIONES	CANTIDAD	
INSTRUCCIONES			ESPECIALIDAD
<p>Servicio de mantenimiento de 6000 horas (TIPO A), Compresor A – Motor N/S:N-F21443454010002/2015: , según las siguientes indicaciones del manual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de esterilla de filtro - Cambio de elemento filtrante de aire. - Cambio de filtro de aceite. - Cambio de cartucho separador aceite. - Cambio de SIGMA FLUID S-460 19L - Cambio de kit de mantenimiento purg. Condens. 			H-H
			TOTAL =
CONTROLES OPERACIONALES			
<p>MEDIO AMBIENTE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido será manejado según el código de colores identificado en los receptáculos. 2. Todo residuo líquido se dispondrá en los receptáculos ubicados en los diques de contención de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contención. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de líquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atenderá con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicará a la Brigada del Taller. 			
<p>SEGURIDAD Y SALUD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal deberá llevar los EPP según lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluación de Riesgos y Medidas de Mitigación. 2. Verificar la desconexión del sistema eléctrico de la máquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Máquina en mantenimiento". 4. Mantener el área limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseará con agua y jabón 			
USAR			CONOCER
			
X		X	X
			MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

División / Taller: Gases Industriales – Producción de Aire Comprimido				Centro de costos: 602		
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Cada 3000 horas						
CODIGO	EQUIPO					
070-024	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO (KAESER)					
DESCRIPCION						
Mantenimiento e inspección mecánica						
HERRAMIENTAS	MATERIALES			INSTRUMENTOS		
	DESCRIPCIONES		CANTIDAD			
INSTRUCCIONES				ESPECIALIDAD	H-H	
<p>Servicio de mantenimiento de 3000 horas (TIPO B), Compresor A – Motor N/S:N-F21443454010002/2015, según las siguientes indicaciones del manual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de esterilla de filtro - Cambio de elemento filtrante de aire. - Cambio de filtro de aceite. 						
				TOTAL =		
CONTROLES OPERACIONALES						
<p>MEDIO AMBIENTE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido será manejado según el código de colores identificado en los receptáculos. 2. Todo residuo líquido se dispondrá en los receptáculos ubicados en los diques de contención de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contención. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de líquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atenderá con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicará a la Brigada del Taller. 						
<p>SEGURIDAD Y SALUD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal deberá llevar los EPP según lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluación de Riesgos y Medidas de Mitigación. 2. Verificar la desconexión del sistema eléctrico de la máquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Máquina en mantenimiento". 4. Mantener el área limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoará con agua y jabón 						
USAR					CONOCER	
						
X		X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR

Instructivos de mantenimiento planificado revisados

División / Taller: Gases Industriales – Producción de Aire Comprimido		Centro de costos: 602				
Tipo de Mantenimiento - Frecuencia: Preventivo – Cada 6000 horas						
CODIGO	EQUIPO					
070-024	GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO (KAESER)					
DESCRIPCION						
Mantenimiento e inspección mecánica						
HERRAMIENTAS	MATERIALES		INSTRUMENTOS			
	DESCRIPCIONES	CANTIDAD				
INSTRUCCIONES			ESPECIALIDAD			
<p>Servicio de mantenimiento de 6000 horas (TIPO B), Compresor A – Motor N/S:N-F21443454010002/2015:, según las siguientes indicaciones del manual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambio de esterilla de filtro - Cambio de elemento filtrante de aire. - Cambio de filtro de aceite. - Cambio de cartucho separador aceite. - Cambio de SIGMA FLUID S-460 19L - Cambio de kit de mantenimiento purg. Condens. <p>Costo del servicio: \$ 6, 662.78 dólares americanos</p>			H-H			
			TOTAL =			
CONTROLES OPERACIONALES						
MEDIO AMBIENTE:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo residuo sólido será manejado según el código de colores identificado en los receptáculos. 2. Todo residuo líquido se dispondrá en los receptáculos ubicados en los diques de contención de cada Taller. 3. Prevenir toda fuga y/o derrame de productos o sus residuos (hidrocarburos, solventes, pinturas, productos nocivos), mediante el uso de material absorbente y/o bandejas de contención. 4. En caso de iniciarse un derrame y/o fuga de líquidos peligrosos (emergencia ambiental), se debe procurar reparar la fuente de la fuga y/o derrame, caso contrario, se atenderá con bandejas y/o material absorbente, y si el derrame se da en grandes proporciones (mayor a 55 gal.), se comunicará a la Brigada del Taller. 						
SEGURIDAD Y SALUD:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todo el personal deberá llevar los EPP según lo indicado en el Formato F-24-X77-10 Evaluación de Riesgos y Medidas de Mitigación. 2. Verificar la desconexión del sistema eléctrico de la máquina y/o equipo antes de iniciar el trabajo. 3. Colocar aviso de "Máquina en mantenimiento". 4. Mantener el área limpia de grasa y aceites, evitando superficies resbalosas. 5. Verificar el buen funcionamiento de las guardas u otro dispositivo de seguridad o reportarlo en caso de su inexistencia. 6. Al término del trabajo, el personal se aseoará con agua y jabón 						
USAR						CONOCER
						
X		X	X		X	MANEJO DE EXTINTOR

Anexo 19. Acciones de mejora de red de aire comprimido



Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Anexo 20 Supervisión de trabajos a contratistas



Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Anexo 21 Plan de capacitaciones




Fuente: Fotografía sima – callao 2021



Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Anexo 22. Recolección de datos de operatividad de compresores

	FORMATO	Código: F-23-01-03
	CONTROL DE HORAS MÁQUINA	Versión: 01 Fecha: 14-02-19 Página: 1-1

Taller: _____


Equipo/Máquina: KOOLER "D"

Código: 070-024

DATOS DEL USUARIO			Fecha	Hora Inicio	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
Nº	Personal del Taller						Operativo	Inoperativo	
	Apellidos	P.R.							
1	Florez	8616	03-05-21	07:45	12:30				
2	Florez	8616	03-05-21	13:45	17:45				
3	Rosales	1763	04-05-21	08:00	12:45				
4	Rosales	1763	04-05-21	13:50	17:25				
5	MEALINA	1948	04-05-21	20:40	00:00				
6	MEALINA	1948	05-05-21	00:00	04:30				
7	Rosales	1763	05-05-21	07:30	09:00				
8	Rosales	1763	05-05-21	14:00	16:30				
9	Valencia	1505	05-05-21	21:30	00:00				
10	Valencia	1505	06-05-21	00:00	04:30				
11	Rosales	1763	06-05-21	13:35	15:10				
12	Florez	8616	07-05-21	10:00	12:40				
13	Florez	8616	07-05-21	13:45	17:30				
14	Rosales	1763	08-05-21	05:00	16:00				
15	Rosales	1763	10-05-21	09:00	09:30				
16	Rosales	1763	10-05-21	13:00	16:30				
17	Brastel	1732	11-05-21	09:30	12:45				
18	D. Castro	1732	11-05-21	15:40	18:00				
19	D. Castro	1732	12-05-21	09:00					
20	D. Castro	1732	13/05/21	22:10	00:00				
21	D. Castro	1732	14/05/21	00:00	06:00				
22	B. Rosales	1763	14/05/21	07:50	12:45				
23	B. Rosales	1763	14/05/21	14:00	16:30				
24	MEALINA	1948	14/05/21	20:00	00:00				
25	MEALINA	1948	15/05/21	00:00	05:00				
26	Rosales	1763	15/05/21	08:00	12:45				

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores

		FORMATO				Código:	F-23-01-03		
		CONTROL DE HORAS MÁQUINA				Versión:	01		
						Fecha:	14-02-19		
						Página:	1-1		
Taller: <u>X-96</u>		Equipo/Máquina: <u>Kaasea "A"</u>				Código: <u>070-024</u>			
Nº	DATOS DEL USUARIO		Fecha	Hora inicio	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
	Personal del Taller						Operativo	Inoperativo	
	Apellidos	P.R.							
1	Rosales	1763	01-07-21	08:15	13:15				
2	Rosales	1763	05-07-21	04:50	12:15				
3	Rosales	1763	06-07-21	13:50	18:00				
4	Rosales	1763	06-07-21	14:30	18:55				
5	Rosales	1763	07-07-21	07:45	12:45				
6	Rosales	1763	07-07-21	13:50	16:50				
	Rosales	1763	07-07-21	10:45	00:00				
	Rosales	1763	08-07-21	00:00	09:50				
7	Castro	1732	08-07-21	07:45	12:45				
10	Castro	1732	08-07-21	13:50	18:10				
11	Castro	1732	08-07-21	21:45	00:00				
12	Castro	1732	09-07-21	00:00	04:45				
13	Rosales	1763	09-07-21	08:00	15:30				
14	Yanlagua	4098	09-07-21	23:30	00:00				
15	Yanlagua	4098	10-07-21	00:00	05:20				
16	Vicuña	1707	08-07-21	8:45	18:00				
17	Rosales	1763	11-7-21	08:30	09:00				
18	Castro	1732	12-07-21	07:50	12:45				
19	Castro	1732	12-07-21	13:50	19:10				
20	Castro	1732	13-07-21	09:30	12:45				
21	Rosales	1763	13-07-21	13:50	16:00				
	Castro	1732	14-07-21	08:00	18:00				
	Castro	1732	15-07-21	07:50	12:45				
24	Castro	1732	15-07-21	13:50	18:00				
25	Elones	8616	16-07-21	09:10	12:50				
26	Elones	8616	16-07-21	13:45	21:00				
27	Castro	1732	17-07-21	08:00	12:45				
28	Castro	1732	17-07-21	13:50	16:10				

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores

	FORMATO	Código: F-23-01-03
	CONTROL DE HORAS MÁQUINA	Fecha: 14-02-19
		Versión: 01
		Página: 1-1

Taller: X-96

Equipo/Máquina: KAESER "A"

Código: 070-024

Nº	DATOS DEL USUARIO		Fecha	Hora inicio	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
	Personal del Taller						Operativo	Inoperativo	
	Apellidos	P.R.							
1	B. Rosales	1763	24-05-21	08:30	12:50				
2	B. Rosales	1763	24-05-21	13:50	17:50				
3	Castro	1732	25-05-21	08:50	12:45				
4	Castro	1732	25-05-21	13:50	18:10				
5	Castro	1732	25-05-21	22:00	00:00				
6	CASTRO	1732	26-05-21	00:00	05:30				
7	Rosales	1763	26-05-21	12:20	20:45				
8	M. Valencia	1705	26-05-21	21:00	23:00				
9	Rosales	1763	27-05-21	08:45	18:00				
10	Rosales	1763	27-05-21	21:30	00:00				
11	Rosales	1763	28-05-21	00:00	04:30				
12	CASTRO	1732	28-05-21	21:00	05:00				
13	FLORÉS	8616	29-05-21	09:00	12:45				
14	FLORÉS	8616	29-05-21	12:45	17:20				
15	FLORÉS	8616	29-05-21	22:00	00:00				
16	FLORÉS	11	30-05-21	00:00	04:00				
17	VALENCIA	1305	30-05-21	02:30	13:00				
18	CASTRO	1732	31-05-21	09:00	15:00				
19	Castro	1732	01-06-21	09:00	17:45				
20	Melipuyo	1943	01-06-21	21:30	00:00				
21	FLORÉS	8550	02-06-21	00:00	04:30				
22	Rosales	1763	02-06-21	03:15	12:45				
23	Rosales	1763	02-06-21	12:45	17:10				
24	Rosales	1763	02-06-21	21:50	00:00				
25	Rosales	1763	03-06-21	00:00	04:30				
26	Castro	1732	03-06-21	10:00	17:35				

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores

	FORMATO	Código: F-23-01-03
	CONTROL DE HORAS MÁQUINA	Versión: 01 Fecha: 14-02-19 Página: 1-1

Taller: x-96


Equipo/Máquina: ISHIKAWASHIMA

Código: 014-024

Nº	DATOS DEL USUARIO		Fecha	Hora Inicia	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
	Personal del Taller						Operativo	Inoperativo	
	Apellidos	P.R.							
1	Rosales	1763	04-05-21	14:25	17:52	3:25			
2	Rosales	1763	05-05-21	14:40	17:50	3:10			
3	Rosales	1763	06-05-21	14:30	17:50	3:20			
4	Rosales	1763	07-05-21	05:00	18:00	13:00			
5	Rosales	1763	10-05-21	09:30	18:00	8:30			
6	Rosales	1763	14-05-21	15:00	17:00	2:00			
7	Rosales	1763	15-05-21	09:30	12:45	3:15			
	Valencia	1505	16-05-21	10:00	18:00	8:00			
9	Rosales	1763	20-05-21	12:50	18:00	5:10			
10	Flórez	8616	20-05-21	02:00	00:00	2:00			
11	Flórez	8616	21-05-21	00:00	04:20	4:20			
12	Rosales	1763	21-05-21	09:30	00:00	2:30			
13	Rosales	1763	22-05-21	00:00	05:00	5:00			
14	Castro	1732	22-05-21	10:00	12:50	2:50			
15	Rosales	1763	23-05-21	21:30	04:00	6:40			
16	Rosales	1763	24-05-21	14:30	18:00	3:30			
17	Rosales	1763	24-05-21	21:00	00:00	3:00			
18	Rosales	1763	25-05-21	00:00	03:30	3:30			
19	Valencia	1505	26-05-21	20:00	05:00	4:00			
20	Elones	8616	24-05-21	09:45	11:00	1:15			
21	Rosales	1763	26-05-21	21:20	00:00	2:30			
22	Rosales	1763	01-06-21	20:00	01:15	4:15			
	Castro	1732	04-06-21	22:10	00:00	1:50			
24	Castro	1732	05-06-21	00:00	05:00	5:00			
25	Valencia	4098	07-06-21	21:30	00:00	1:30			
26	Valencia	4098	08-06-21	00:00	03:45	5:45			

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores

		FORMATO				Código:	F-23-01-03		
		CONTROL DE HORAS MÁQUINA				Versión:	01		
						Fecha:	14-02-19		
						Página:	1-1		
Taller: <u>X-96</u>		Equipo/Máquina: <u>Kaeser A</u>				Código: <u>070-024</u>			
DATOS DEL USUARIO									
Nº	Personal del Taller		Fecha	Hora Inicio	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
	Apellidos	P.R.					Operativo	Inoperativo	
1	Castro	1732	24-07-21	00:00	04:00				
2	Flores	8616	25-07-21	09:30	13:30				
3	Castro	1732	26-07-21	08:30	12:45				
4	Castro	1732	26-07-21	13:50	18:00				
5	Castro	1732	26-07-21	20:00	00:00				
6	Castro	1732	27-07-21	00:00	02:00				
	Rosales	1763	27-07-21	08:00	09:35				
	Rosales	1763	27-07-21	11:20	18:10				
9	Rosales	1763	27-07-21	20:00	00:00				
10	Rosales	1763	28-07-21	00:00	02:15				
11	J. Valencia	1505	29-07-21	08	10:50				
12	Flores	8616	29-07-21	08:15	15:30				
13	Melgarejo	1943	30-07-21	16:00	18:00				
14	Melgarejo	1948	30-07-21	20:30	23:00				
15	Castro	1732	31-07-21	07:50	18:10				
16	Castro	1732	31-07-21	21:00	00:00				
17	Castro	1732	01-08-21	00:00	02:00				
18	Castro	1732	02-08-21	07:50	18:00				
19	Rosales	1763	02-08-21	20:00	22:00				
20	Rosales	1763	02-08-21	22:15	00:00				
21	Rosales	1763	03-08-21	00:00	05:20				
22	Castro	1732	03-08-21	16:00	18:00				
	Valencia	1505	03-08-21	22:00	05:44				
24	Rosales	1763	04-08-21	08:00	12:45				
25	Melgarejo	1948	04-08-21	22:00	00:00				
26	Melgarejo	1948	05-08-21	00:00	03:00				

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores

	FORMATO	Código: F-23-01-03
	CONTROL DE HORAS MÁQUINA	Versión: 01
		Fecha: 14-02-19
		Página: 1-1

Taller: X-96 Equipo/Máquina: Kaeser "Δ" Código: 070-024

DATOS DEL USUARIO			Fecha	Hora Inicio	Hora término	Horas totales	Estado		Observaciones
Nº	Personal del Taller						Operativo	Inoperativo	
	Apellidos	P.R.							
1	Yanque	4098	15-08-21	08:10	13:15				
2	Rosales	1763	16-08-21	02:45	12:45				
3	Rosales	1763	16-08-21	12:50	18:10				
4	Rosales	1763	16-08-21	21:15	00:00				
5	Rosales	1763	17-08-21	00:00	05:00				
6	Castro	1732	17-08-21	07:15	19:15				
	Castro	1732	17-08-21	21:00	00:00				
	Castro	1732	18-08-21	00:00	05:30				
9	Castro	1732	18-08-21	07:40	11:00				
10	Castro	1732	18-08-21	11:30	18:30				
11	Flores	8616	19-08-21	21:30	00:00				
12	Flores	8616	19-08-21	00:00	04:00				
13	Castro	1732	19-08-21	07:40	18:00				
14	Rosales	1763	19-08-21	21:15	00:00				
15	Rosales	1763	20-08-21	00:00	05:20				
16	Castro	1732	20-08-21	07:50	18:30				
17	Castro	1732	20-08-21	21:30	00:00				
18	Castro	1732	21-08-21	00:00	05:00				
19	Flores	8616	22-08-21	08:10	11:30				
20	Castro	1732	23-08-21	07:50	20:00				
21	Castro	1732	23-08-21	22:00	00:00				
22	Castro	1732	24-08-21	00:00	05:20				
	Rosales	1763	24-08-21	07:40	10:05				
24	Rosales	1763	24-08-21	11:45	19:30				
25	Rosales	1763	24-08-21	22:20	00:00				
26	Rosales	1763	25-08-21	00:00	05:00				
27	Castro	1732	25-08-21	07:50	12:45				
28	Castro	1732	25-08-21	13:50	19:15				
29	Castro	4098	25-08-21	22:00	00:00				

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores actuales

	FORMATO		Código:	F-23-X96-13-SC
			Versión:	
	HOJA DE OPERACIÓN COMPRESORA CHICAGO PNEUMATIC HP-500		Fecha:	
			Página:	1 - 1

FECHA	OPERADOR	HORA		NIVEL	PRESIÓN (PSI)					TABLERO ELECTRICO			TEMPERATURA (°C)		
					ACEITE CÁRTER	AIRE (PSI)	BOMBA AGUA	TRANSFORM. AIRE	CONTROL AUTOMATICO	AIRE 1ERA. ETAPA	VOLTAJE mt./conv. (V)	AMPERAJE ROTOR (A)	AMPERAJE MOTOR (A)	SALIDA AIRE	ENTRADA AGUA
27-08-21	1763	INICIO	09:30	OK	90	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	14:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
02-09-21	1763	INICIO	07:45	OK	80	60	98		1.8	110	60	110	28	25	3
		TERMINO	16:00	OK	105	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
15-09-21	1763	INICIO	09:00	OK	70	60	98		1.8	110	60	110	28	25	3
		TERMINO	19:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
20-09-21	1732	INICIO	07:30	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	16:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
25-09-21	1980	INICIO	09:30	OK	70	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	16:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
28-09-21	1980	INICIO	08:40	OK	80	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	16:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
1-10-21	1763	INICIO	10:00	OK	90	60	98		1.8	110	60	110	28	25	3
		TERMINO	16:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
8-10-21	1763	INICIO	08:45	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	28	25	3
		TERMINO	16:00	OK	105	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
13-10-21	1763	INICIO	09:30	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	14:00	OK	105	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
21-10-21	1980	INICIO	08:45	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	14:00	OK	105	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
03-11-21	1980	INICIO	10:00	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	14:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
10-11-21	1980	INICIO	09:30	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	16:00	OK	105	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8
12-11-21	1980	INICIO	09:00	OK	60	60	98		1.8	110	60	110	30	28	2
		TERMINO	14:00	OK	100	60	98		1.8	110	60	110	40	32	8

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores actuales

FORMATO	
HOJA DE OPERACIÓN COMPRESORA KAESER HSD-550 (070-024) - UNIDAD ..A.	

FECHA	OPERADOR	HORA		NIVEL	PRESIÓN (PSI)			TEMPERATURA (°C)				
				ACEITE DEL TANQUE SEPARADOR	ACEITE DEL TANQUE SEPARADOR	AIRE EN LA LINEA	COMPRESOR	MOTOR T1	MOTOR T2	MOTOR T3	AGUA REFRIGERANTE INGRESO	AGUA REFRIGERANTE SALIDA
01-11-21	1763	INICIO	07:45	OK	105	100	86	68	70	72	25	32
		TERMINO	18:00	OK	110	105	87	69	70	72	25	32
01-11-21	1763	INICIO	22:30	OK	106	101	86	67	70	72	25	32
		TERMINO	00:00	OK	105	100	87	67	70	72	25	32
02-11-21	3895	INICIO	10:12	OK	104	98	87	68	71	72	25	32
		TERMINO	16:45	OK	107	102	87	68	70	72	25	32
02-11-21	3895	INICIO	21:15	OK	100	95	87	69	70	72	25	32
		TERMINO	00:00	OK	110	105	87	69	69	72	25	32
03-11-21	3895	INICIO	00:00	OK	106	102	87	69	70	72	25	32
		TERMINO	04:30	OK	106	101	87	70	70	72	25	32
17-11-21	1980	INICIO	08:20	OK	107	102	87	70	70	72	25	32
		TERMINO	20:00	OK	110	105	86	70	70	72	25	32
17-11-21	1980	INICIO	21:15	OK	100	96	87	68	70	71	25	32
		TERMINO	00:00	OK	105	100	87	69	70	71	25	32
18-11-21	1980	INICIO	00:00	OK	102	98	87	69	70	71	25	32
		TERMINO	01:00	OK	106	104	87	69	70	71	25	32
19-11-21	1763	INICIO	03:40	OK	100	96	87	69	70	71	25	32
		TERMINO	18:00	OK	105	101	87	68	70	72	25	32
20-11-21	1763	INICIO	11:30	OK	106	102	87	68	70	72	25	32
		TERMINO	18:45	OK	107	102	87	68	70	72	25	32
21-11-21	1980	INICIO	08:40	OK	105	101	87	67	70	72	25	32
		TERMINO	13:45	OK	105	101	87	68	70	72	25	32
22-11-21	1980	INICIO	07:40	OK	110	105	87	68	70	72	25	32
		TERMINO	18:45	OK	105	101	87	68	70	72	25	32
23-11-21	1980	INICIO	11:50	OK	105	101	87	69	70	72	25	32
		TERMINO	12:20	OK	105	101	87	68	70	72	25	32

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores actuales

FORMATO	
HOJA DE OPERACIÓN COMPRESORA KAESER HSD-550 (070-024) - UNIDAD B	

FECHA	OPERADOR	HORA		NIVEL	PRESIÓN (PSI)			TEMPERATURA (°C)				
				ACEITE DEL TANQUE SEPARADOR	ACEITE DEL TANQUE SEPARADOR	AIRE EN LA LINEA	COMPRESOR	MOTOR T1	MOTOR T2	MOTOR T3	AGUA REFRIGERANTE INGRESO	AGUA REFRIGERANTE SALIDA
01-11-21	1263	INICIO	07:45	OK	105	100	88	86	85	89	25	32
		TERMINO	16:00	OK	107	102	89	86	85	87	25	32
01-11-21	1763	INICIO	22:20	OK	106	101	88	86	85	88	25	32
		TERMINO	00:00	OK	105	100	87	86	85	89	25	32
02-11-21	3895	INICIO	10:12	OK	104	98	87	86	85	89	25	32
		TERMINO	16:45	OK	107	102	87	86	85	88	25	32
02-11-21	3895	INICIO	21:15	OK	100	96	87	86	85	89	25	32
		TERMINO	00:00	OK	110	105	88	86	85	88	25	32
03-11-21	3895	INICIO	00:00	OK	106	102	88	86	85	89	25	32
		TERMINO	03:00	OK	106	101	88	86	85	89	25	32
12-11-21	1980	INICIO	08:20	OK	107	103	88	86	86	87	25	32
		TERMINO	18:00	OK	110	106	88	87	85	87	25	32
17-11-21	1980	INICIO	21:20	OK	100	96	88	87	85	88	25	32
		TERMINO	00:00	OK	105	100	89	86	85	88	25	32
18-11-21	1980	INICIO	00:00	OK	103	99	89	86	85	87	25	32
		TERMINO	03:00	OK	106	102	89	86	86	87	25	32
19-11-21	1763	INICIO	07:40	OK	100	96	88	87	85	87	25	32
		TERMINO	17:00	OK	105	100	89	86	86	87	25	32
20-11-21	1763	INICIO	11:20	OK	106	101	89	87	85	87	25	32
		TERMINO	19:45	OK	102	103	88	87	85	88	25	32
21-11-21	1980	INICIO	07:40	OK	105	100	89	87	85	87	25	32
		TERMINO	12:45	OK	105	01	89	87	85	87	25	32
22-11-21	1980	INICIO	07:40	OK	105	101	89	87	85	87	25	32
		TERMINO	18:00	OK	110	106	89	87	85	88	25	32
23-11-21	1980	INICIO	10:00	OK	105	101	89	87	85	88	25	32
		TERMINO	19:00	OK	108	101	89	87	85	87	25	32

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

Recolección de datos de operatividad de compresores actuales

	FORMATO		Código:	F-23-X96-07-SC
			Versión:	
	HOJA DE OPERACIÓN COMPRESORA ISHIKAWAJIMA		Fecha:	
			Página:	1 - 1

COD. MAQ.:

FECHA	OPERADOR	HORA		REFRIGERACION AGUA		NIVEL ACEITE CARTER	PRESION BOMBA ACEITE	SIST. LUBRICACION FORZADA	TABLERO ELECTRICO		WATTS	TEMPERATURA CILINDRO	CONSUMO AGUA TRATADA
				PRESION PSI	TEMP °C				VOLTAJE	AMPERIOS			
4-10-21	1980	INICIO	09:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	70	77800		
		TERMINO	12:45	60	36	OK	3.0	OK	2300	50	77844		
08-10-21	1948	INICIO	08:30	60	24	OK	3.0	OK	2300	70	77844		
		TERMINO	18:00	60	34	OK	3.0	OK	2300	70	77916		
09-10-21	1980	INICIO	08:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	70	77976		
		TERMINO	18:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78150		
10-10-21	1948	INICIO	08:30	60	24	OK	3.0	OK	2300	66	78150		
		TERMINO	17:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	70	78276		
13-10-21	1763	INICIO	12:20	60	24	OK	3.0	OK	2300	70	78276		
		TERMINO	18:30	80	24	OK	3.0	OK	2300	70	78458		
20-10-21	3895	INICIO	14:30	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78458		
		TERMINO	18:30	80	24	OK	3.0	OK	2300	72	78601		
22-10-21	1763	INICIO	10:05	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78601		
		TERMINO	15:50	80	24	OK	3.0	OK	2300	72	78643		
24-10-21	1505	INICIO	08:50	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78643		
		TERMINO	12:45	80	24	OK	3.0	OK	2300	72	78702		
26-10-21	1763	INICIO	09:30	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78702		
		TERMINO	12:45	100	24	OK	3.0	OK	2300	72	78896		
29-10-21	1980	INICIO	10:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	78896		
		TERMINO	21:10	100	24	OK	3.0	OK	2300	72	78962		
2-11-21	3895	INICIO	22:00	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	79131		
		TERMINO	04:30	100	24	OK	3.0	OK	2300	72	79131		
3-11-21	1732	INICIO	22:45	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	79255		
		TERMINO	02:30	80	24	OK	3.0	OK	2300	72	79308		
4-11-21	1980	INICIO	09:15	60	24	OK	3.0	OK	2300	72	79308		
		TERMINO	14:00	100	24	OK	3.0	OK	2300	72	79415		

Fuente: Fotografía sima – callao 2021

ANEXO 23 Relación de tramos de la red de aire comprimido

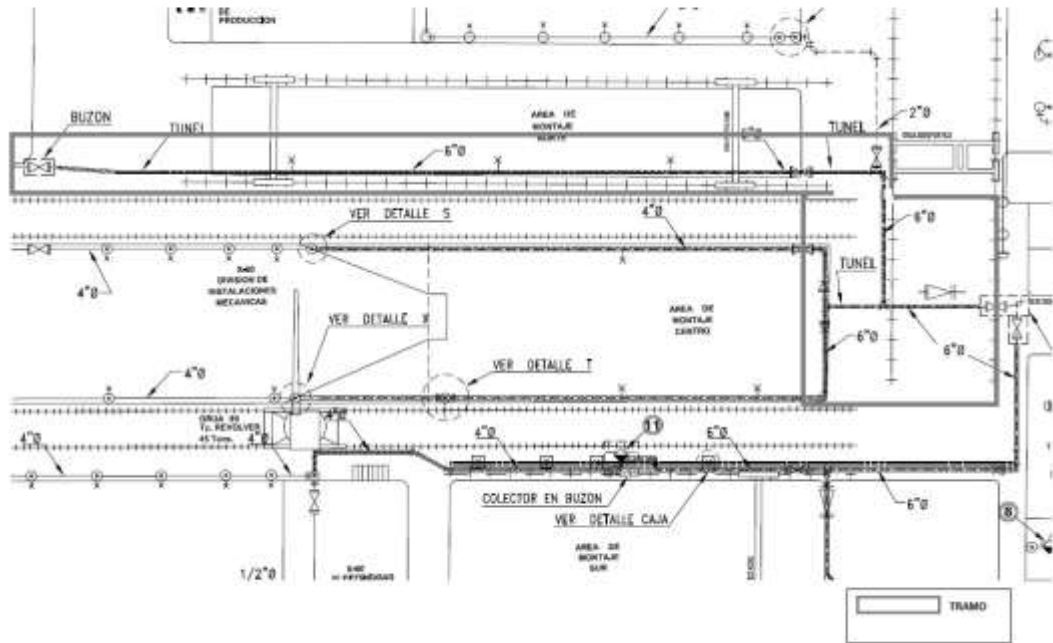
RED DE TUBERIAS TRONCALES DE AIRE COMPRIMIDO

PLANO N° RAC- 52-00-RA01

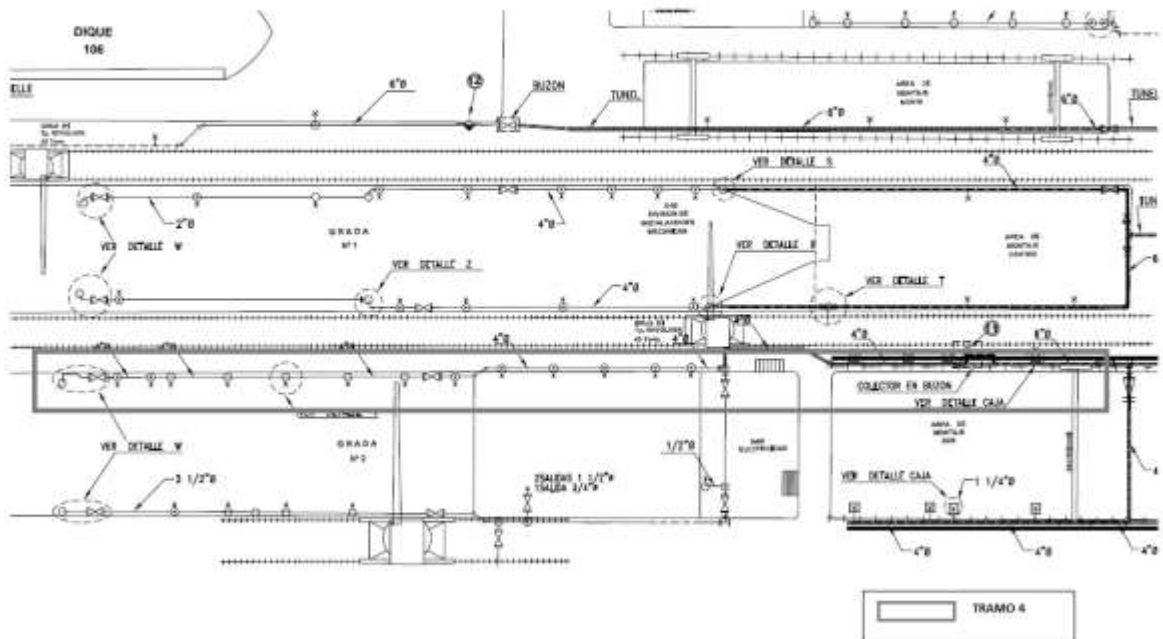
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION	UBICACIÓN	PARAMETROS
1	TRAMO 1	Tuberías de acero, embridada de 10" de diámetro. Operación de válvulas N°: 6, 7 y 8.	Salida de la Sala de compresoras M/IHI	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
2	TRAMO 2	Tuberías de acero, embridada de 6" de diámetro. Tuberías de acero, embridada de 4" de diámetro Operación de válvulas N°: 8 y 10.	Lado Norte Sub - Ensamble Sur	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
3	TRAMO 3	Tuberías de acero, embridada de 6" de diámetro. Operación de válvulas N°: 9, 11, 12,13 y 15.	Lado Sur Sub -Ensamble Norte	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
4	TRAMO 4	Tuberías de acero, embridada de 4" de diámetro. Operación de válvulas N°: 10 y 16	Lado Norte Grada N° 2	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DEPRUEBA: 110 PSI
5	TRAMO 5	Tuberías de acero, embridada de 4" de diámetro. Operación de válvulas N°: 16 y 16A	Lado Sur Grada N° 2	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
	TRAMO 6	Tuberías de acero, embridada de 6" de diámetro. Operación de válvulas N°: 4, 17, 18, y 19.	Salida del Taller de Construcciones Navales X-40 a Proa Dique Seco.	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
7	TRAMO 7	Tuberías de acero, embridada de 6" y 4" de diámetro.	Circundante Dique Seco	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI

		Operación de válvulas N°: 17, 18, 19, 20, 21 y 22.		Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
8	TRAMO 8	Tuberías de acero, embridada de 8" de diámetro. Operación de válvulas N°: 21, 23, 24 y 25.	Salida a ambos lados de la Sala de Compresoras N° 2 M/Sullair	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI
9	TRAMO 9	Tuberías de acero, embridada de 4" de diámetro. Operación de válvulas N°: 25, 26 y 27.	Salida de la Sala de Compresoras N° 2 a M/Sullair al DAE	PRESIONDETRABAJO: Promedio: 80 PSI Máximo: 100 PSI PRESION DE PRUEBA: 110 PSI

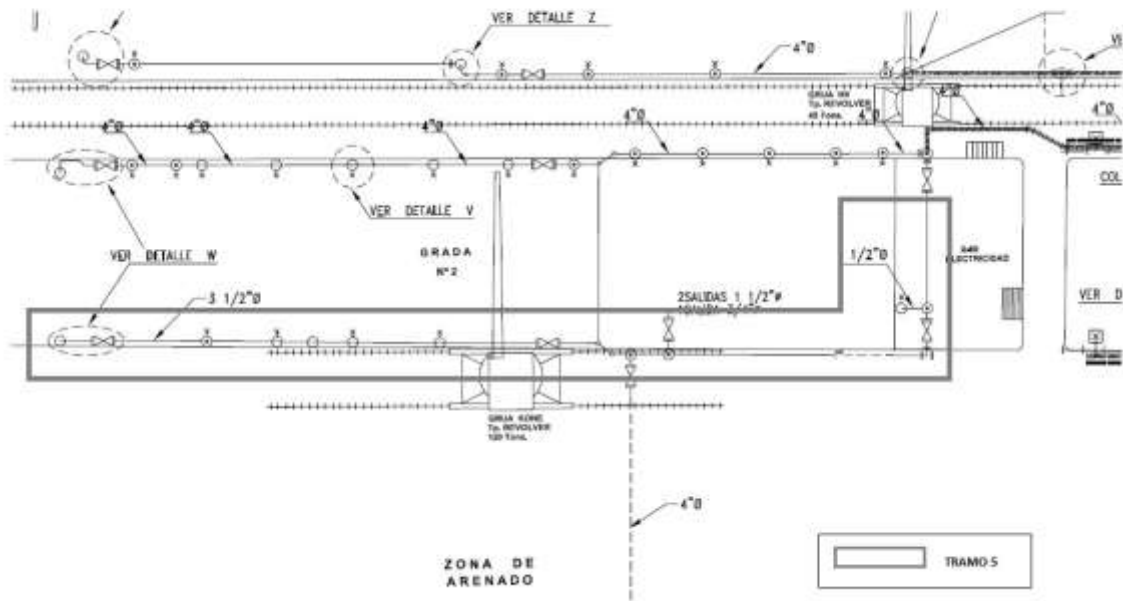
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD TRAMO 3 RED DE AIRE COMPRIMIDO
 SECCION DE PLANO RAC-52-00-RA01 PLANO DE DISTRIBUCION AIRE COMPRIMIDO



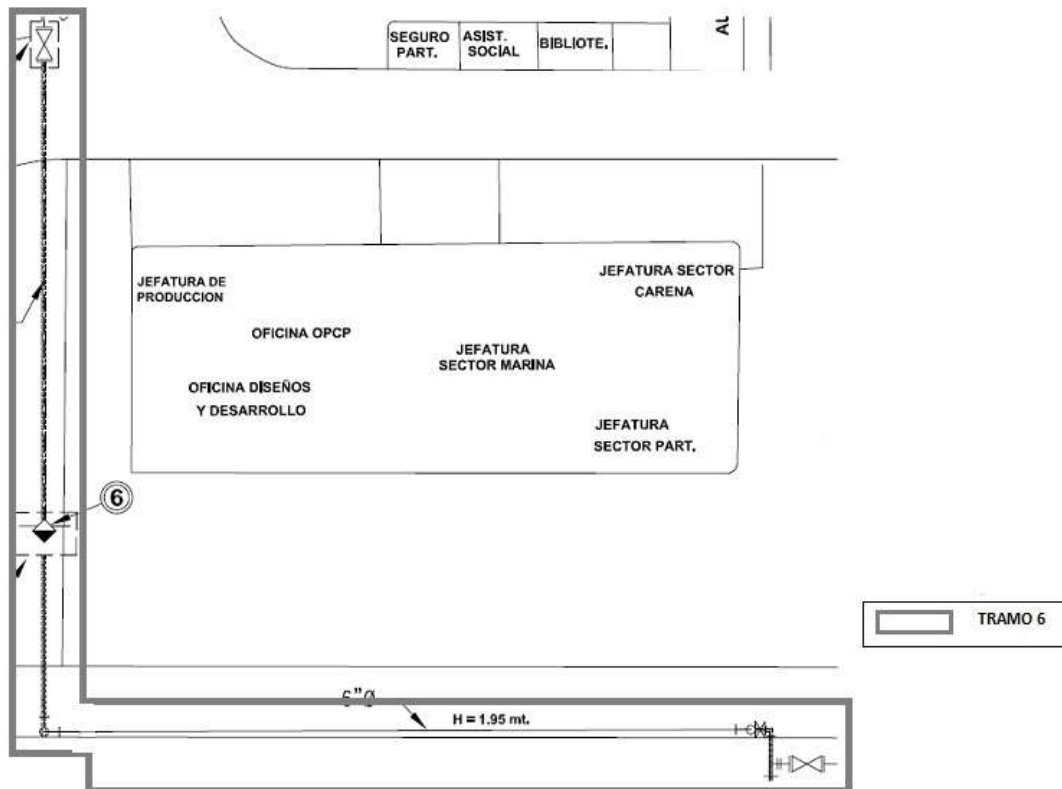
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD TRAMO 4 RED DE AIRE COMPRIMIDO
 SECCION DE PLANO RAC-52-00-RA01 PLANO DE DISTRIBUCION AIRE COMPRIMIDO



PRUEBA DE ESTANQUEIDAD TRAMO 5 RED DE AIRE COMPRIMIDO
 SECCION DE PLANO RAC-52-00-RA01 PLANO DE DISTRIBUCION AIRE COMPRIMIDO



PRUEBA DE ESTANQUEIDAD TRAMO 6 RED DE AIRE COMPRIMIDO
 SECCION DE PLANO RAC-52-00-RA01 PLANO DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO



PRUEBA DE ESTANQUEIDAD TRAMO 9 RED DE AIRE COMPRIMIDO
SECCION DE PLANO RAC-52-00-RA01 PLANO DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO

