

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**



**"PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA
CONFIABILIDAD PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS
PASARELAS DE EMBARQUE DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

**AUTOR: STALIN GUSTAVO AZAÑERO
VILLANUEVA**

AUTOR: JUAN JOSÉ CUBILLAS PÉREZ

ASESOR: DR. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA










**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA
Callao, 2023**

PERÚ

Document Information

Analyzed document	1A- AZAÑERO - CUBILLAS- MGM-2023.docx (D171791132)
Submitted	7/5/2023 6:42:00 PM
Submitted by	UNIDAD DE POSGRADO FIME 2023
Submitter email	fime.posgrado@unac.edu.pe
Similarity	9%
Analysis address	fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / INFORME FINAL DE TESIS - ARATA PANDURO y DE LA CRUZ TORNERO.docx Document INFORME FINAL DE TESIS - ARATA PANDURO y DE LA CRUZ TORNERO.docx (D112391369) Submitted by: investigacion.fime@unac.pe Receiver: investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com		4
SA	Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx Document Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx (D140697098)		4
SA	EF_Bendezu.docx Document EF_Bendezu.docx (D141633711)		4
SA	TESIS FINAL.docx Document TESIS FINAL.docx (D122945274)		8
SA	847-RUMALDO CASTILLA, JOSÉ FERNANDO.pdf Document 847-RUMALDO CASTILLA, JOSÉ FERNANDO.pdf (D29777429)		1
SA	TT2_T2_VALDVIA_BALAREZO.docx Document TT2_T2_VALDVIA_BALAREZO.docx (D107116109)		1
SA	40024-Vilca Atachahua, Luis Denis.pdf Document 40024-Vilca Atachahua, Luis Denis.pdf (D156143975)		7
SA	Tesis de Wilmer Cedeño.pdf Document Tesis de Wilmer Cedeño.pdf (D120026920)		1
SA	EF_TALLERDETESIS_CANGALAYADELRIOMARIANA.docx Document EF_TALLERDETESIS_CANGALAYADELRIOMARIANA.docx (D150445698)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POSGRADO



FACULTAD

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

TÍTULO

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS PASARELAS DE EMBARQUE DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ

AUTOR(ES)

ING. STALIN GUSTAVO, AZAÑERO VILLANUEVA/0000-0002-6311-9872/43674061
ING. JUAN JOSÉ, CUBILLAS PÉREZ/0000-0002-9397-6082/44643811

ASESOR

DR. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA/0000-0002-7973-882X/10342696

LUGAR DE EJECUCIÓN

AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ

TIPO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN APLICADA

UNIDADES DE ANÁLISIS

SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTROMECAÑICOS DE LAS PASARELAS DE EMBARQUE

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN APLICADA/CUANTITATIVO /PRE-EXPERIMENTAL

TEMA OCDE

INGENIERÍA MECÁNICA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

PRESIDENTE: DR. NELSON ALBERTO DÍAZ LEIVA

SECRETARIO: MG. JORGE LUIS ILQUIMICHE MELLY

VOCAL: MG. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY

VOCAL: DR. DENNIS ALBERTO ESPEJO PEÑA

ASESOR: DR. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

DATOS DE APORBACIÓN

N° DE LIBRO :01

FOLIO :114

NÚMERO DE ACTA :25

FECHA DE SUSTENTACIÓN :12 de diciembre 2023

DEDICATORIA

La tesis está dedicada a Nuestro Creador, quien nos dio fe y perseverancia para culminar esta etapa esperada de nuestra carrera profesional.

A nuestros padres que nos apoyaron incondicionalmente en todos nuestros esfuerzos. La comprensión de nuestras familias que nos dio la fortaleza para nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Callao y a nuestros docentes quienes fueron una motivación en el crecimiento académico y profesional.

Al Dr. Juan Palomino, quien con su experiencia, conocimiento, aporte y ayuda nos asesoró en la elaboración de esta investigación para el título profesional de Magíster.

A las personas que nos brindaron su apoyo en la elaboración de esta investigación de posgrado.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	7
RESUMEN.....	8
RESUMO.....	9
INTRODUCCIÓN	10
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.4.1 Justificación Teórica	15
1.4.2 Justificación Práctica	15
1.4.3 Justificación Cuantitativa	15
1.4.4 Justificación Normativa.....	15
1.5 DELIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 ANTECEDENTES.....	17
2.2 BASES TEÓRICAS	24
2.2.1 Metodología del Mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM	24
2.2.2 Disponibilidad	25
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	31
2.3.1 Mantenimiento	31
2.3.2 Plan de Mantenimiento.....	32
2.3.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM	32
2.3.4 Características del RCM.....	32
2.3.5 Implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM.....	33
2.3.6 Beneficios del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad - RCM	36
2.3.7 Análisis modos y efectos de fallo	37
2.3.8 Distribución A-B-C (Diagrama de Pareto)	43
2.3.9 Análisis de criticidad	45
2.3.10 Pasarela de Embarque de Pasajeros – PBB	25

2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICO.....	48
III	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	50
3.1	HIPÓTESIS	50
3.1.1	Operacionalización de variables.	50
3.1.2	Definición conceptual de las variables.	50
3.1.3	Operacionalización de variables.	51
IV	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	54
4.1	DISEÑO METODOLÓGICO	54
4.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	55
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	55
4.4	LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO.....	56
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	57
4.6	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	57
4.7	PROCESAMIENTO DE DATOS DE SISTEMAS CRÍTICOS	57
4.8	PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA DISPONIBILIDAD.....	60
4.9	PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA CONFIABILIDAD.....	62
4.10	ASPECTOS ÉTICOS EN INVESTIGACIÓN	65
4.11	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	65
4.12	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD	69
4.13	IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA.....	85
V	RESULTADOS	96
5.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS	96
5.2	RESULTADOS INFERENCIALES	108
VI	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	111
6.1	CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS.....	112
6.2	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES	116
6.3	RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES.....	118
VII	CONCLUSIONES	119
VIII	RECOMENDACIONES	120
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
	ANEXOS.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	37
TABLA 2.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD	47
TABLA 2.3 MATRIZ DE CRITICIDAD	48
TABLA 3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTE	52
TABLA 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTE	53
TABLA 4.1 DATOS PROMEDIOS DE SISTEMAS CRÍTICOS	58
TABLA 4.2 DATOS DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	59
TABLA 4.3 DATOS DE DISPONIBILIDAD	61
TABLA 4.4 DATOS DEL TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	63
TABLA 4.5 VALORACIÓN DE LAS CAUSAS ENCONTRADAS	67
TABLA 4.6 TIEMPO DE PARADA POR DEMORA EN LA REPARACIÓN	68
TABLA 4.7 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PBB'S	70
TABLA 4.8 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PBB'S	70
TABLA 4.9 ASPECTOS QUE ENFOCA CADA METODOLOGÍA	72
TABLA 4.10 CAUSAS DEL PROBLEMA – MANTENIMIENTO CORRECTIVOS (ALTOS)	73
TABLA 4.11 CAUSAS DEL PROBLEMA – MALA OPERACIÓN DE PBB'S	74
TABLA 4.12 CAUSAS DEL PROBLEMA – ALTO NÚMERO DE REQUERIMIENTOS DE PBB'S	75
TABLA 4.13 ESCALAS	76
TABLA 4.14 RESUMEN DE METODOLOGÍA	76
TABLA 4.15 CRITERIOS DE CONFIABILIDAD	79
TABLA 4.16 INVENTARIO DE EQUIPOS PBB'S	80
TABLA 4.17 IDENTIFICACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE LA PBB	83
TABLA 4.18 FASE 1, FASE 2 Y FASE 3 DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM EN EL SUBSISTEMA CONTROL & ENERGÍA	86
TABLA 4.19 FASE 4, FASE 5 Y FASE 6 DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM EN EL SUBSISTEMA CONTROL & ENERGÍA	87
TABLA 4.20 MATRIZ DE DEFINICIONES DE LAS ENTRADAS	92

TABLA 4.21 MATRIZ DE DEFINICIONES DE RECURSOS	92
TABLA 4.22 MATRIZ DE DEFINICIONES DE SALIDAS	92
TABLA 5.1: IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS.....	96
TABLA 5.2 ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS	97
TABLA 5.3 RESULTADOS DE DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	99
TABLA 5.4 ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	100
TABLA 5.5 PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD.....	101
TABLA 5.6 ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE LA DISPONIBILIDAD	102
TABLA 5.7 RESULTADO DE TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	103
TABLA 5.8 ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE TIMEPO PROMEDIO ENTRE FALLAS.....	104
TABLA 5.9 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA DISPONIBILIDAD	108
TABLA 5.10 PRUEBA DE NORMALIDAD DE TIMEPO PROMEDIO ENTRE FALLAS.....	109
TABLA 5.11 PRUEBA DE NORMALIDAD DEL DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	111
TABLA 6.1 PRUEBA DE MUESTRAS RELACIONADAS DE LA HIPÓTESIS GENERAL	112
TABLA 6.2 PRUEBA DE MUESTRAS RELACIONADAS DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1	113
TABLA 6.3 PRUEBA DE MUESTRAS RELACIONADAS DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 2	114

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE PARETO.....	45
FIGURA 2.2 MATRIZ DE CRITICIDAD.....	48
FIGURA 4.1 LUGAR DE ESTUDIO	56
FIGURA 4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS DE SISTEMAS CRÍTICOS.....	58
FIGURA 4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS DEL DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	60
FIGURA 4.4 PROCESAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD	62
FIGURA 4.5 PROCESAMIENTO DEL TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	64
FIGURA 4.6 PROCESAMIENTO DE DATOS INFERENCIALES - DISPONIBILIDAD	64
FIGURA 4.7 PROCESAMIENTO DE DATOS INFERENCIALES – TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	65
FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	66
FIGURA 4.9 DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS ENCONTRADAS	67
FIGURA 4.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CP Y CPK DE ATENCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	69
FIGURA 4.11 ACTA DE REUNIÓN.....	77
FIGURA 4.12 LISTA DE ASISTENCIA.....	78
FIGURA 4.13 INVENTARIO DE MANUALES EQUIPOS PBB'S.....	81
FIGURA 4.14 DISTRIBUCIÓN DE PBB'S EN EL AEROPUERTO	82
FIGURA 4.15 FICHA TÉCNICA DE EQUIPO PBB FASE I.....	82
FIGURA 4.16 FICHA TÉCNICA DE EQUIPO PBB FASE II.....	83
FIGURA 4.17 EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DE LAS PBB'S.....	84
FIGURA 4.18 RESULTADO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN MATRIZ GENERAL.....	85
FIGURA 4.19 LISTA JERARQUIZADA DE LA PBB	85
FIGURA 4.20 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN PBB - DIARIO	88
FIGURA 4.21 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PBB – 4 MESES	89
FIGURA 4.22 INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO DE PBB – 4 MESES	90
FIGURA 4.23 SIPOC DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LAS PBB'S....	91
FIGURA 4.24 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	93
FIGURA 4.25 CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD	94

FIGURA 4.26 FICHA DE PROCESOS.....	94
FIGURA 4.27 ORDENES DE MANTENIMIENTO	95
FIGURA 5.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS.....	97
FIGURA 5.2 DIAGNÓSTICO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	100
FIGURA 5.3 PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD.....	102
FIGURA 5.4 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	105

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RCM: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

MTTR: TIEMPO PROMEDIO PARA LA REPARACIÓN

MTBF: TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS

RCM: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

MTTR: TIEMPO PROMEDIO PARA LA REPARACIÓN

TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

AMEF: ANÁLISIS Y DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

ACR: ANÁLISIS CAUSA RAIZ

AIJCH: AREOPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ

MT: MANTENIMIENTO TRADICIONAL

PBB: PASARELA DE EMBARQUE DE PASAJEROS

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo general, diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez. La metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) es una herramienta que brinda un aumento de la disponibilidad de los activos físicos, mejora el entendimiento sobre el rendimiento del activo y también analiza todos los sistemas y subsistemas en la búsqueda de fallas potenciales. Las estrategias empleadas por la empresa no eran las más adecuadas, es por ello que se decide implementar la metodología RCM, con el fin de mejorar la disponibilidad de las pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez, a través de los históricos de mantenimiento, manuales de las pasarelas de embarque e información confiable del área de mantenimiento de la compañía, se obtuvo como resultado de la investigación en las pasarelas de embarque que la disponibilidad tuvo un incremento de 23%. Luego de la secuencia de creación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad, se procedió a un seguimiento del cumplimiento de muchas directrices, entre ellas, analizar la criticidad de las pasarelas, enumerar las funciones y sus estándares de funcionamiento, estados de falla, causas de falla, efectos de falla, análisis de las consecuencias operacionales y medio ambientales, con lo cual se refleja el incremento de 70% a 93% de la Disponibilidad de equipos.

Palabra Clave: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Sistemas Críticos, Plan De Mantenimiento, Pasarelas De Embarque, Disponibilidad.

RESUMO

O objetivo geral da pesquisa é desenhar um plano de manutenção preventiva baseado em confiabilidade para aumentar a disponibilidade das pontes de embarque no Aeroporto Internacional Jorge Chávez. A metodologia de manutenção baseada em confiabilidade (RCM) é uma ferramenta que proporciona maior disponibilidade de ativos físicos, melhora a compreensão do desempenho dos ativos e também analisa todos os sistemas e subsistemas em busca de possíveis falhas. As estratégias utilizadas pela empresa não foram as mais adequadas, razão pela qual se decidiu implementar a metodologia RCM, de forma a melhorar a disponibilidade das pontes de embarque do Aeroporto Internacional Jorge Chávez, através de manuais históricos de manutenção das pontes de embarque. e informações confiáveis da área de manutenção da empresa, obteve-se como resultado da investigação nas pontes de embarque que a disponibilidade teve um aumento de 23%. Após a sequência de criação do plano de manutenção baseado em confiabilidade, foi monitorado o cumprimento de diversas diretrizes, incluindo análise da criticidade dos gateways, listagem das funções e seus padrões de operação, estados de falha, causas de falha, efeitos de falha, análise de condições operacionais e ambientais. consequências, o que reflete o aumento de 70% para 93% da disponibilidade dos equipamentos.

Key Word: Manutenção Focada em Confiabilidade, Sistemas Críticos, Plano de Manutenção, Pontes de Embarque, Disponibilidade.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de las empresas de manufactura y servicios se esfuerzan por incrementar su rentabilidad y han encontrado el mantenimiento (plan de conservación adecuado) como parte de la desarrollo de la fiabilidad y disponibilidad de los activos y así aumentar las ganancias. Desde el inicio de lo antes mencionado se han desarrollado diversas herramientas o estrategias de mantenimiento, el desarrollo de la fiabilidad y confiabilidad de los activos siempre ha tenido como objetivo la optimización de los costos.

La empresa es muy flexible en los procesos de mejora y viendo el panorama actual de la planificación del mantenimiento preventivo, la cual no garantiza la fiabilidad requerida de sus activos eléctricos y electromecánicos, surge la necesidad de mejorar el plan de mantenimiento del activo más crítico, pasarelas de embarque de pasajeros (PBB) (AIRPORT, 2004).

En su caso, se propone elaborar e implementar un plan de mantenimiento preventivo en el campo de los sistemas eléctricos y electromecánicos utilizando la Tecnología de Mantenimiento Enfocado en Confiabilidad para las pasarelas de embarque (PBB) (AIRPORT, 2004).

La idea surgió a partir de problemas observados en el campo del mantenimiento, como un plan de mantenimiento incompleto, la ausencia de historicos de fallas que contenian problemas recurrentes o la falta de repuestos necesarios (AIRPORT, 2004).

Antiguamente el mantenimiento más utilizado era el reactivo, la importancia de seguir produciendo. Generaba dependencia de realizar la corrección de problemas, olvidando la planificación del mantenimiento.

El tema de mantenimiento por mucho tiempo fue centrado en las reparaciones imprevistas, los indicadores de producción seguían en subida. Pero el problema se desencadenaba cuando un equipo crítico, de suma importancia para la empresa dejaba de producir por la falta de algún componente importante.

Es por ello, que las empresas nacionales e internacionales, apostaron por invertir en la implementación de una metodología, comprobada científicamente su efectividad frente a los problemas de conservación de activos.

Según describe Moubray (1997), El mantenimiento basado en la confiabilidad, apunta más a evitar o reducir la consecuencia de las fallas de los activos físicos, que eliminar la propia falla. Las empresas buscaron encontrar la solución de los impactos a su producción o afectaciones a la seguridad y medio ambiente aplicando el RCM.

La empresa, busca mejorar la disponibilidad de sus activos más críticos, evaluando parámetros como costos de mantenimiento, para ello se realizó un previo diagnóstico de costos del área de mantenimiento, antes de aplicar la metodología RCM.

Las dificultades para su culminación fueron, el aspecto económico, el tiempo, disponibilidad de los interesados.

Dentro de los aspectos que se cubrirán en este trabajo de investigación son:

- Análisis de causa raíz.
- Pareto.
- Análisis de criticidad.
- Diseñar un plan de mantenimiento confiable.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

Luego de haber logrado una licitación pública Internacional, se concreta la formación de la empresa, la cual destina la concesión del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez teniendo como objetivo cumplir con los requisitos previstos por el Estado Peruano. Hoy en día, la empresa está compuesta por las siguientes entidades: Fraport AG. El cual se encarga de operar el Aeropuerto de Frankfurt entre otros prestigiosos aeropuertos del mundo (China, Turquía, Bulgaria, y Rusia) con 71.02%, (IFC, por sus siglas en inglés) es la Asociación Financiera Internacional del Banco Mundial con 20.01% y el Fondo de Inversión en Infraestructura, Recursos Naturales Y Servicios Públicos gestionados por AC Capitales SAFI S.A. con 11% (AIRPORT, 2004).

Desde la firma del contrato de la empresa, se está trabajando para transformar al AIJCh en un aeropuerto de talla mundial que impulse su posición estratégica en la región y se convierta en uno de los más modernos y con mejor conectividad. Con miras a un futuro autónomo, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, va logrando posicionarse por séptima vez consecutiva como el mejor de Sudamérica por Skytrax Research, demostrando el manejo de estándares de calidad en sus operaciones y servicios.

El Distribuidor Lima Airport Partners S.R.L. del AIJCh actualmente tiene una Gerencia de Mantenimiento en la que presenta cuatro áreas: sistemas eléctricos y electromecánicos, sistemas especiales, sistemas sanitarios, sistemas de infraestructura. Las cuales brindan soporte técnico a todo el terminal aéreo.

Sin embargo, la recomendación de un plan de mantenimiento de las pasarelas de embarque (PBB) se centrará en la jefatura de sistemas

eléctricos y electromecánicos la cual se encarga del mantenimiento de los 19 equipos, el cual genera ingresos importantes para las operaciones aeroportuarias de la empresa, asimismo estos equipos son supervisados por un ente regulador "OSITRAN" (Anexo 14 OACI) de la administración pública de transporte.

Sin embargo, las continuas falencias de los equipos (no disponible) influyen en la productividad de la compañía, ya que en primer lugar no se puede rentar al usuario (aerolíneas) y por otro lado OSITRAN penaliza con multas por incumplimiento de contrato. Entonces el problema es la disponibilidad de los activos físicos y el incremento de mantenimientos correctivos de los activos.

Por otro lado, para solucionar esta negativa, existen metodologías como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que es una herramienta que busca consolidar las necesidades de mantenimiento de activos y sistemas en su actual contexto de operación (Moubray, 1997). Se Trata de examinar el funcionamiento de los activos físicos, a partir de los sistemas, indagar cuales son sus falencias y encontrar los causales de estas fallas o modos de fallas, evaluar sus efectos y contrarrestar las consecuencias. Ya concretadas las consecuencias se procede a encontrar la mejor estrategia de mantenimiento, utilizando la hoja de decisión se podrá aplicar la tarea de mantenimiento mas viable técnica y economicamente.

Finalmente, en el departamento de mantenimiento tienen las dificultades siguientes:

- Estrategia de mantenimiento inadecuada. No existe un historial de fallas, teniendo problemas repetitivos.
- Fallas en las pasarelas de embarque imprevistas.
- Almacén no cuenta con los repuestos necesarios.

- Falta de inspecciones a los equipos.
- Gran cantidad de mantenimientos correctivos.
- Alta quejas de las aerolíneas.
- Mala operación de las Pasarelas de embarque conlleva a dañar a los equipos.

1.2 Formulación del problema

Problema General

¿De qué manera el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez?

Problemas Específicos

- a) ¿De qué manera el diagnóstico de costos de mantenimiento actual mejora la planificación de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez?
- b) ¿Cuales son los indicadores críticos de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez que afectan al objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR)?
- c) ¿De qué manera el plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de Pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez.

Objetivos Específicos

- a) Elaborar el diagnóstico de costos de mantenimiento actual para mejorar la planificación de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.

- b) Identificar los indicadores críticos de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez en al gestión del mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).
- c) Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que afecte al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de Pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Teórica

La importancia de la investigación, se basa en la teórica del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), metodología que permite aumentar la disponibilidad de diversos activos en el campo industrial. Esto nos ayudo a mejorar la gestión de las pasarelas de embarque con el uso de nuevas estrategias tecnológicas.

1.4.2 Justificación Práctica

La investigación es importante, ya que aporta al aumento de la disponibilidad de las maquinarias con uso de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la gestión de los activos del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. El control de las pasarelas de embarque, permite disminuir el número de correctivos y efectuar un mantenimiento preventivo planificado.

1.4.3 Justificación Cuantitativa

Esta investigación es sustancial porque permite medir la efectividad de los equipos e incrementar la disponibilidad de las pasarelas de embarque, mejorar los indicadores de mantenimiento y la comunicación técnica efectiva entre los colaboradores.

1.4.4 Justificación Normativa

La importancia de la investigación, se basa en el cumplimiento de las normas mencionadas a continuación.

- _ ISO 14224,2016, Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural.
- _ SAE-JA1011, Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie.

1.5 Delimitantes de la investigación

Según Bernal (2010) enuncia que “La delimitación o el alcance se establece como dimensión en el espacio geográfico, rango de tiempo y contorno sociodemográfico del objeto de investigación” (p.109).

Por otro lado, este estudio tiene las siguientes limitaciones:

- Delimitante Teórica: el dominio teórico o delimitación donde se circunscribe el problema de esta investigación será:
 - Mantenimiento
 - Plan de mantenimiento
 - Mantenimiento basado en la confiabilidad
 - Características del RCM
 - Análisis de los componentes en base a la criticidad.
 - Beneficios del RCM
 - Definición de Disponibilidad
 - Pasarelas de embarque de pasajeros
 - Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad
- Delimitante temporal: para esta investigación esta limitante es transversal, problema correctamente planteado, y el periodo que durará la investigación será de un año.
- Delimitante espacial: se realizará aeropuerto internacional Jorge Chávez, ubicado en la provincia constitucional del callao, país Perú.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Internacional

1. **Zavala (2017)**, para optar por su grado de Magister en gestión de Mantenimiento Industrial en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2017, en su tesis titulada "Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P- 300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos Zona Bucay", tuvo como objetivo principal la Implementación de los criterios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P300, de las granjas avícolas de la empresa Procesadora Nacional de Alimentos-Bucay. En esta investigación se utilizó un diseño descriptivo, puntualmente un evaluativo, el cual se desarrolló en la compañía PROCESADORA NACIONAL DE ALIMENTOS ZONA BUCAY en Riobamba. La planificación de mantenimiento que se diseñó e implementó en esta empresa se realizó de acuerdo a las necesidades del área de mantenimiento, logrando mejorar la disponibilidad del grupo electrógeno en un 10%. Este trabajo se relaciona con la investigación planteada, debido a que da las pautas de cómo se debe realizar el diseño de un plan mantenimiento centrado en la confiabilidad el cual permita mejorar la disponibilidad de los equipos con los aspectos logísticos en cuanto a repuestos de críticos.
2. **Mendoza (2016)**, para optar por su grado de Magister en gestión de Mantenimiento, en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, 2016, en su tesis titulada "Sistema de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción", cuyo objetivo principal fue optimizar el sistema de mantenimiento de motores de inducción mediante la aplicación de la metodología

de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la Industria de Chocolates Breick. La tesis menciona que el estudio de RCM en la compañía debe usarse de guía para fomentar estas mejoras continuas y se puedan utilizar en distintos activos o mecanismos, lo primordial es capacitar un colaborador o modelador en RCM, con la ayuda de los expertos en la materia de la compañía que tiene habilidades y experiencia en el proceso productivo, servicio, operatividad, fallos, mantenibilidad, etc. Es por ello, que este trabajo guarda relación con la investigación referida, debido a que brinda la secuencia de cómo se debe elaborar el diseño e implantación de un plan de mantenimiento incluyendo la herramienta RCM para aumentar la fiabilidad de los activos que poseen una criticidad alta y que son relevantes para la compañía.

3. **Villacrés (2016)**, para optar por su grado de Magister en gestión de Mantenimiento Industrial en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2016, en su tesis titulada "Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa ep", tuvo como objetivo principal Desarrollar un plan de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de un vehículo de la flota de Hidrocleaners de la empresa ETAPA EP, para reducir la tasa de fallos. El estudio muestra la importancia de encontrar los equipos críticos, con esta información Se realizó una valorización de modos y efectos de falla (FMEA). Debe determinar el funcionamiento primario y secundario. Tipo de error, impacto del error y causas posibles.

Se ha realizado todo esto con la finalidad de determinar el plan de mantenimiento que eviten las potenciales fallas, dicho plan está constituido por actividades de mantenimiento, las frecuencias y los especialistas requeridos.

4. **Velasquez (2016)**, para optar por su grado de Magister en Ingeniería Mecánica por la Universidad Nacional de Colombia, 2018, Alexander, en su tesis titulada “Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM”, se llegó a la conclusión de que “la estrategia de la metodología TPM complementada con la metodología RCM permite realizar una gestión completa del mantenimiento. La primera incluye al área de producción como el primer acercamiento para mantener las condiciones ideales de los equipos (limpieza, lubricación y ajuste), la segunda metodología complementa esas condiciones ideales mediante la identificación de posibles puntos de avería a través de la identificación de los modos de falla, asimismo, con la implementación de técnicas de monitoreo de condición en equipos críticos según el estudio de FMEA, se logra una mejora progresiva en la disponibilidad general de la línea de producción llegando a 2017 a una disponibilidad del 93%. Con lo cual se demuestra la efectividad de la migración de paso cuatro a paso cinco en una implementación de metodología TPM en el mantenimiento de un proceso productivo. De igual manera, afirma que la implementación del RCM logra mejorar los planes de mantenimiento, debido a un conocimiento objetivo funcional y de los modos-efectos de falla. Con esto se tiene una mejor evaluación sobre las reales necesidades de mantenimiento que tiene cada equipo en la línea de producción, con lo cual la aplicación de técnicas diagnósticas fue más efectiva. La trazabilidad al indicador del tiempo promedio de reparación (MTTR) y al tiempo promedio entre fallas (MTBF)

ha sido el único referente para la evaluación de estado de equipos del proceso productivo, sin embargo, este indicador a lo largo de los últimos cinco años no ha aportado realmente como parámetro de toma de decisiones para un mantenimiento basado en 14 condición.

5. **Gardella (2016)**, para optar por su grado de doctor en Ingeniería Mecánica, por el Instituto Politécnico Nacional de México, 2016, de la Universidad Politécnica de Valencia, 2016, titulada “Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos”, para se llegó a la conclusión de que “una vez vistos tres métodos para calcular la criticidad; se llega a la conclusión, que el más idóneo es el de ponderación de características de equipos; ya que permite más flexibilidad en la precisión de los resultados según se tome una u otra población de variables existentes. El método de cálculo de criticidad por ponderación de características es más flexible y adaptable a cualquier tipo de entorno industrial, donde se pueden utilizar desde unas pocas decenas de variables hasta algunas decenas de miles, según se quiera mayor o menor precisión. Un ejemplo de extremos para pocas decenas de variables es una carpintería que hace muebles a medida, donde la maquinaria no es muy sofisticada, además de pocas unidades; un ejemplo de necesidad de varias decenas de miles de variables es una industria nuclear donde la maquinaria es compleja, además de manejar muchos parámetros operacionales con grandes precisiones”

Nacional:

1. **Villacrez (2016)**, para optar por su grado de Maestro en gerencia de Mantenimiento en la Universidad Nacional Del Callao, Perú, 2016, en su tesis titulada “Diseño e implementación de un plan de

mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A”. La tesis menciona que la problemática de la tesis fue que la compañía Cineplanet no contaba con las tareas enfocadas en el campo del mantenimiento, y la parte económica no estaban pactados ni llevaban un procedimiento para el trabajo de las diferentes tareas. El departamento de mantenimiento carecía de información actualizada sobre los activos de la empresa y desconocía el estado del presente de la infraestructura para una buena determinación de soluciones y resolver problemas críticos. El objetivo principal fue el diseño y la implementación un plan de mantenimiento proactivo de la compañía Cineplanet S.A. Por lo tanto, se logró reducir las frecuentes averías de los activos de los cines y planificar el mantenimiento de forma estratégica. Se ha encontrado que el avance de un plan de mantenimiento preventivo en Cineplanet ayuda a reducir costos, reducir incidentes en los activos críticos y mejorar la velocidad y ejecutar las solicitudes complejas. En su tesis, el investigador habla sobre cómo se puede utilizar la proactividad para llegar a incrementar sus indicadores de mantenimiento, estandarizar sus costos e identificar activos críticos. También reduciendo el tiempo de inactividad por interrupciones y aumentando la disponibilidad de las instalaciones.

2. **Cáceres (2015)**, para optar por su grado de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento en la Universidad Católica de Santa María, Perú, 2014, en su tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C”, cuyo objetivo principal fue Diseñar un plan preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. Aplicando la metodología de análisis de criticidad se determinó que las máquinas con la mayor criticidad son las CNC, resultado que es acorde con el criterio del personal administrativo y técnico. Esta

valorización permite determinar planes de mantenimiento proactivo para máquinas CNC, planes preventivos para máquinas moderadamente críticas y planes de modificación para máquinas poco críticas o no críticas. Este estudio está relacionado con la tesis propuesta, ya que proporciona orientación sobre cómo se debe elaborar el diseño del plan de mantenimiento preventivo, bajo criterios de criticidad. Dando un enfoque de jerarquización de todos los equipos para así poder decidir qué tipo de tarea de mantenimiento aplicar.

3. **Monge e Yrazábal (2019)**, para optar por su grado de Magister en gerencia de Mantenimiento en la Universidad Nacional Del Callao, Perú, 2020, en su tesis titulada “Estrategias del RCM y su influencia en la confiabilidad de los equipos para la tintorería de la empresa Sur Color Star S.A.”, cuyo objetivo principal fue encontrar si la aplicación de la metodología del RCM, influye en los costos de los activos de la tintorería en la empresa SUR COLOR STAR S.A. En esta tesis se utilizó una investigación aplicada, por que se utilizo la metodología del mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) a los activos para tintorería de la compañía Sur Color Star S.A. El tipo mantenimiento aplicado desarrollo un plan de contingencia el cual genero un incremento en la disponibilidad de un 3.71%, Además se trabajó un plan de mantenimiento optimizando los tiempos y procedimientos. Es por ello que esta tesis se relaciona con la investigación planteada, ya que da las secuencias concretas de la metodología de cómo se debe realizar el diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos, asimismo nos proporciona conocimientos de automatización de los indicadores y como mejorar la vida útil de los activos físicos.

4. **Quispe (2015)**, en su tesis titulada: Gestión e Implementación del Mantenimiento Preventivo del laboratorio de neumática del programa profesional de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María, 2015. Cuyo objetivo principal fue mantener una regularidad del funcionamiento del Laboratorio de Neumática en el servicio a los alumnos y contar con recursos tecnológicos y físicos de calidad. Tiene como hipótesis:
Si se realiza una Gestión de Mantenimiento Preventivo del Laboratorio de Neumática PPIMMEM, es probable que los equipos alarguen y mantengan su funcionamiento durante su periodo de vida. Se concluyó que la implementación del Mantenimiento Preventivo en el Laboratorio de Neumática resulto satisfactorio ya que se adquirieron los repuestos necesarios en base a los requerimientos, se obtuvo un listado de inspecciones y tareas a realizar, se llegaron a realizar mediciones de presión, corriente, tiempos de compresión, ruido, para determinar el buen funcionamiento de los equipos que se encuentran dentro del Plan de Mantenimiento.

5. **Raymundo (2017)**, para optar por su título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Perú, 2017, en su tesis titulada “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60”x113” de minera Chinalco”, cuyo objetivo principal Implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la Chancadora 60”x113” de Minera Chinalco. En este estudio se aplicó una investigación aplicada, ya que se aplicó la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la chancadora 60” x 113”, se desarrolló en la minera Chinalco, asimismo concluyo que el mantenimiento basado desarrollo un

plan de mantenimiento generando una mejora en la disponibilidad de un 3.71%, Asimismo de desarrollo un plan de mantenimiento mejorando los tiempos y en consecuencia se redujo las paradas de los equipos. Este trabajo se relaciona con la investigación planteada, ya que da las pautas como se debe realizar la el diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Metodología del Mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM

Según describe Moubray (1997), El mantenimiento basado en la confiabilidad es un método para determinar qué se debe hacer para garantizar que los activos continúe funcionando dentro de los límites o criterios establecidos por el usuario en las condiciones operativas actuales. El RCM garantiza que el activo siga funcionando correctamente dentro de los límites especificados, las capacidades de fabricación y la fiabilidad específica de la instalación.

- **Ventajas**

Los beneficios más importantes de usar una herramienta RCM son:

- ✓ Mejora la comprensión del funcionamiento del equipo.
- ✓ Analizar los posibles problemas del sistema y innovar estrategias para intentar evitarlas, independientemente de que estos fallos se deban al propio dispositivo oa manipulaciones de terceros.

Defina un conjunto de operaciones que logren una alta fiabilidad de las instalaciones. También se puede utilizar para determinar cuáles son:

- a) Tareas de mantenimiento, que logran una buena planificación de activos físicos.
- b) Estrategias de operación.
- c) Actualizaciones de hardware.
- d) Estrategias del inventario de los respuestos más críticos.

2.2.2 Disponibilidad

La Posibilidad de que el equipo opere exitosamente en el instante en que sea solicitado luego del inicio de su funcionamiento, cuando se utiliza bajo situaciones establecidas. En esta situación el tiempo total considerado incorpora tiempo horas mensuales, duración horas de inspección, duración horas mantenimiento correctivos, duración horas mantenimiento preventivo, duración horas mantenimiento programadas (Mora, 2009).

Los indicadores que dan sentido a la disponibilidad son:

- a) MTBF: Establece el tiempo promedio entre las fallas para los componentes, activos o sistemas.
- b) MTTR: Establece el tiempo promedio entre las fallas para los componentes, activos o sistemas.

2.2.3 Pasarela de Embarque de Pasajeros – PBB

a) Que es una PBB

“Las pasarelas de embarque es un equipo aeronáutico, que tiene como objetivo servir de puente de embarque entre el terminal y la aeronave para el usuario, permitiendo el acceso sin necesidad de circular por la plataforma del aeropuerto la cual lo hace seguro y controlado” (AIRPORT, 2004).

b) Componentes de una PBB

Las pasarelas de embarque de pasajeros están conformadas principalmente por las siguientes partes:

- **Columna**

Es la base de fijación para la rotonda y su articulación con el PBB. La columna sirve además para soportar los armarios de acometida y protección eléctrica. Consiste en un cuerpo tubular y unas placas soldadas en la parte superior e inferior de brida de acero de gran resistencia.

El tubo completamente liso de la columna está construido sin nervios salientes, de manera que no se producen acumulaciones de suciedad, especialmente en la zona de los anclajes de cimentación construidas para soportar grandes cargas.

- **Rotonda**

La rotonda constituye la articulación horizontal y vertical de la pasarela. El suelo de la rotonda, el techo y la armadura de la rotonda forman la parte fija de la misma y se encuentran fijamente conectados con la columna a través de una estructura intermedia. El bastidor soporte con el apoyo del túnel y el plato del bastidor soporte, forman parte de la sección móvil de la rotonda.

Los apoyos de carga verticales y horizontales del puente de embarque encima de la columna se realizan mediante una corona giratoria. El anillo giratorio instalado en la bola permite que el corredor gire rápida y continuamente alrededor del eje de la

rotonda. Está provisto de una lubricación de larga duración y equipado para lubricación posterior.

El suelo de la rotonda está construido de perfiles de acero en forma de entramado. En el entramado del suelo se ha soldado una placa base de chapa de acero en la cual se ha integrado una tapa para fines de montaje. El revestimiento de suelo está pegado a la chapa de estructura.

- **Túneles (parte extraíble y retraíble de la pasarela telescópica)**

Las pasarelas telescópicas están equipadas con segmentos de túnel desplazables uno dentro del otro (túnel telescópico).

El túnel interior está unido de forma articulada con el bastidor soporte de la rotonda. Los cojinetes de articulación del túnel que han de soportar grandes cargas son accesibles desde el exterior y pueden inspeccionarse anualmente por todos los lados. La transición desde el túnel interior hasta el túnel exterior se realiza en la pasarela telescópica por medio de una rampa con una inclinación insignificante. Esta característica evita la necesidad de instalar pasamanos.

En el extremo del túnel exterior que queda del lado del avión se ha instalado la cabina.

Los techos de túnel están contruidos con paneles de chapa de acero galvanizada al fuego. La cubierta para el suelo está pegada en el fondo interior liso del túnel.

- ✓ “La puerta de servicio está instalada en la cabina. Sirve para el acceso del personal del aeropuerto y de la tripulación del avión a la pasarela o al avión, por medio de la escalera de servicios. Los componentes del túnel: Armario de distribución.
- ✓ Límite de movimientos: Retroceso / Avance, inclinación, lámpara exterior e interior, conducción de cables, alumbrado de seguridad/emergencia, Puerta de servicio, revestimiento lateral” (AIRPORT, 2004).

- **Cabina**

La cabina, es la parte de la pasarela que se conecta con el avión. Está apoyada de forma giratoria por delante de la ronda de cabina del túnel exterior. Los componentes de la cabina:

- ✓ Límite de giro de cabina
- ✓ Persianas enrollables
- ✓ Capota
- ✓ Cinemática de capota
- ✓ Regulación automática de altura (auto-nivelación)
- ✓ Zapata de seguridad
- ✓ Límites en área adyacentes al avión
- ✓ Consola de mando: Terminal gráfica, pilotos de aviso, interruptor de llave, Joystick, pulsadores, monitor de video, zeta de emergencia y pulsador llave de By Pass.

- **Escalera de servicio**

“Destinada para el uso del personal de rampa en plataforma, la tripulación de la aeronave y personal de mantenimiento.

La escalera de servicio tiene escalones antideslizantes y seguros de chapa de acero galvanizado al fuego. La altura de los escalones se regula automáticamente adaptándose al movimiento de elevación o descenso de la pasarela” (AIRPORT, 2004).

La escalera se apoya en el pavimento por medio de un carro con rodillos guía. Los rodillos guía con cubierta de goma están equipados con rodamientos de engrase continuo de larga duración.

El descansillo está atornillado con la ronda de cabina y tiene una superficie antideslizante.

- **Sistema de elevación y traslación**

Por debajo de la pasarela telescópica se ha instalado el mecanismo de elevación y traslación, con el que se realizan suave y uniformemente dichos movimientos.

El mecanismo de elevación y traslación está situado aproximadamente a la mitad de la longitud del túnel exterior.

- ✓ Sistema de elevación: Grupo Hidráulico, tubos de elevación,
- ✓ Sistema de traslación: Carro de traslación y límites de giro.

- **Armario de distribución**

“Se encuentra al lateral del túnel exterior de la pasarela. Éste forma parte de la construcción del túnel y está cerrado con una puerta de chapa de acero de la misma altura que el espacio existente entre ésta y la ronda de cabina.

En el armario de distribución se encuentra el sistema estructural para los aparatos eléctricos como son relés, interruptores automáticos de protección, sistema automático de control, los variadores de frecuencia para los accionamientos de traslación así como las regletas de borneras de interconexión y sobre todo el Controlador Lógico Programable (PLC) que realiza múltiples funciones de control que anteriormente requerían una gran cantidad de elementos, con mayor rapidez y precisión” (AIRPORT, 2004).

- ✓ “Sistema automático de control PLC: Una de las unidades normalizadas – el módulo de diálogo – sirve para dos cometidos, es decir, por un lado para el funcionamiento de la indicación de texto dispuesta en la consola de control y, por otro lado, para conectar una impresora, un aparato visor de datos o un ordenador programable con el fin de editar diferentes contenido la memoria de archivos.
- ✓ Programa de control (software): El programa de control está creado en lenguaje “Ladder” y está bien estructurado. Esta compuesto por los enlaces necesarios para controlar los dispositivos de salida (protecciones, relés,

elementos anunciadores) teniendo en cuenta los requerimientos de las pasarelas THYSSENKRUPP AIRPORT SYSTEMS” (AIRPORT, 2004).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Mantenimiento

“Se puede conceptualizar como mantenimiento, al conjunto de acciones orientadas a conservar o implantar un sistema y/o equipo a su estado normal de operación para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de seguridad integral. Sin embargo, en términos muy generales se puede afirmar que las funciones básicas del mantenimiento es el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla con los requisitos normales del proceso” (Mora Gutiérrez, 2009 p. 76).

El mantenimiento es un conjunto de actividades que se deben realizar a instalaciones y equipos, con el fin de corregir y/o prevenir fallas logrando la máxima vida económica del equipo o sistema; buscando que estos continúen prestando el servicio para el que fueron diseñados (Bermeo, 2011).

De acuerdo a lo anterior, El mantenimiento conlleva a un conjunto de actividades relacionadas entre sí para cumplir el objetivo de mantener los equipos operativos y disponibles en la medida de las necesidades del área de producción. Esto ha logrado llevar al mantenimiento a un nivel importante en la organización que se suma al éxito o fracaso de las ventas. Asimismo, el mantenimiento ayuda al cumplimiento de objetivos de la organización evitando que las máquinas fallen. También, suma esfuerzos para lograr que los equipos se encuentren disponibles cuando el área de producción lo requiera.

2.3.2 Plan de Mantenimiento

“Es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se haya establecido” (García, 2010 p.23).

2.3.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM

Parra Márquez & Crespo Márquez (2012) argumentan que el mantenimiento centrado en la confiabilidad se manifiesta como un proceso de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la fiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajos definidos, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallos de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

2.3.4 Características del RCM

Parra et.al. (2012) definen que las características que presenta el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad son:

- Herramienta que permite ajustar las acciones de control de fallos (estrategias de mantenimiento) al entorno operacional.
- Metodología basada en un procedimiento sistemático que permite generar planes óptimos de mantenimiento / produce un cambio cultural.
- Los resultados de la aplicación del RCM, tendrá su mayor impacto, en sistemas complejos con diversidad de modos de fallo.
- Maduración: mediano plazo a largo plazo.

2.3.5 Implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM

Según describe Barrera (2015), se debe ser ordenados y metódicos para la implementación del RCM y tener en cuenta los pasos, que se detallan a continuación:

a) Paso 0: Listado y rotulado de activos

El primera fase es crear un inventario bien organizado de todos sus activos. Se debe considerar que estos no solo deben ser segregados por patron, diseño o serie, sino que también deben ser asignados dentro de una taxonomía general del sistema para facilitar su identificación y/o codificación.

b) Paso uno: Registro de funciones y especificaciones

En esta etapa se citan las funciones de los sistemas que forman el activo, y por extensión las partes que conforman cada sistema. Del mismo modo, cada servicio debe definirse con un rango operativo que pueda demostrar que el dispositivo o sistema está funcionando de manera eficiente. Estos rangos de parámetros operativos incluyen presión, temperatura, nivel de líquido, vibración y cualquier cosa que se pueda medir.

c) Paso dos: Decisión de incidencias y/o fallas funcionales y técnicos

Se define como falla funcional, como la incapacidad de un activo físico para realizar su función. Estos se pueden asignar fácilmente a una lista de capacidades, por lo que puede haber errores funcionales para cada desempeño del dispositivo.

Para encontrar posibles fallas funcionales, se debe consultar el historico de errores además del personal de producción que

comprende la operación del sistema. El los colaboradores de mantenimiento también debe estar comprometidos en esta etapa. Una vez recopilada toda la data, se debe ordenar para obtener datos importantes para esta fase.

d) Paso tres: Decisión de modos de Fallo

Para prevenir confusiones entre el modo de falla y la falla funcional, el modo de falla debe entenderse como parte de la falla funcional como estados de falla, en otras palabras, puede haber múltiples modos de falla de deterioro funcional. Entonces, para evitar errar sobre los modos de falla, todos los modos de falla que han ocurrido y los que probablemente ocurran han sido identificados y categorizados en un diagrama de Pareto por frecuencia de ocurrencia o impacto en la producción, lo que arroja 80% Identifique 20 % causas raíz que causan problemas.

e) Paso Cuatro: Observación de la gravedad de los fallos y criticidad

Un paso que identifica el impacto de cada error y lo clasifica según la importancia de las consecuencias que puede causar. Para determinar la importancia, simplemente responda la pregunta "¿Qué pasaría si sucediera?" Al resultado se les asigna un nivel de importancia, como Crítico, gravedad o aceptable, según su descripción. Si el error es simple, no es necesario mencionarlo para no interferir en el proceso de pedido de información, ya que no hay otra opción.

f) Paso Cinco: Decisión de las medidas preventivas

Después de clasificar los errores según su nivel de criticidad, se definen estrategias preventivas que pueden eliminar o mitigar el error y su impacto en el avance. Hay cinco tipos de estrategias preventivas:

- **Tareas de mantenimiento rutinarias**, esta estrategia de mantenimiento incluyen inspección visual, lubricación, verificación de instrumentos en línea de funcionamiento y fuera de línea, mantenimiento de situación, mantenimiento sistemático, revisión, etc.
- **Mejoras en el activo o instalación**, Los avances en los activos van desde reemplazo de los materiales y las estructuras de las piezas hasta cambiar las condiciones de operación de los equipos.
- **Instrucción de los colaboradores**, El propósito de la capacitación de los colaboradores es saber qué hacer en caso de falla y evitar daños mayores al equipo. El mismo operador también puede intervenir antes de que ocurra un error y tomar el control para que el conocimiento adquirido pueda usarse para prevenir el error y seguir con la marcha.
- **Renovación de formación de operación**; Refuerce los procedimientos que todos hacen y reduzca los errores debido a operaciones erróneas al hacer que todos realicen las mismas operaciones. Esta es un método de bajo costo para implementar, pero una de las más complicadas ya que depende de todo el equipo humano y sus compromisos de la compañía.
- **Renovación de formación de mantenimiento**; Capacitar a los colaboradores para realizar el mantenimiento de la calidad utilizando las tolerancias y medidas de ajuste especificadas por el fabricante. Un alto nivel de mantenimiento, estandarizado y eficiente es muy importante.

g) Fase seis: Instalación de medidas preventivas según criticidad

Un plan de mantenimiento es el resultado de una planificación preventiva para evitar fallas en los equipos. Esto permite no solo implementar planes de mantenimiento, sino también mejoras para reducir averías, instrucción de los colaboradores y estrategias de procedimientos de operación y mantenimiento teniendo como resultado reducir los estados de fallas en los activos.

h) Fase siete: Apertura del plan de Mantenimiento

Por último, antes de aplicar el plan, el grupo de RCM, que generalmente consta de cinco colaboradores, que ejecutará el plan, discutirá los atributos de usar este plan de mantenimiento y qué fallas pretende prevenir este sistema. Todas las partes interesadas deben ser intruidas. Asimismo, antes de aplicar cualquier plan, se debe asegurar que se dispone de todos los parámetros técnicos y materiales necesarios para cumplir con el plan. Se presenta, calcula y programa una lista de mejoras y intrucciones sugeridas, y se inicia con un nuevo plan de mantenimiento centrado en RCM.

2.3.6 Beneficios del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad - RCM

El mantenimiento Centrado en la Confiabilidad si se desarrolla de acuerdo siguiendo las fases y los criterios de criticidad se pueden obtener beneficios tal y como se observa en la tabla:

Tabla 2.1*Beneficios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*

COSTES	SERVICIO	CALIDAD	TIEMPO	RIESGOS
Reducir los niveles y costes del mantenimiento preventivo rutinario (10 a 40%).	Conocer mejor los requerimientos de servicio del cliente.	Incremento de la disponibilidad por menor preventivo y menor correctivo (2 a 10%).	Reducción en las paradas programadas para grandes revisiones.	Mayor aseguramiento de la integridad de la seguridad y entorno.
Definir directrices y objetivos concretos para sustituir preventivos rutinarios por predictivos.	Definir de forma consensuada niveles de calidad de servicio (por ejemplo, según ISO 9001).	Eliminando los defectos crónicos que “no entienden” la producción porque no se arreglan.	Intervalos normalmente más largos entre paradas por seguimientos predictivos.	Análisis de fallos ocultos y causas, que suelen revisarse en mantenimientos rutinarios.
Reducir los niveles de mantenimiento contratado y sus importes.	Reducir las averías con especial incidencia en las que repercuten en el servicio.	Mejora de la corresponsabilización y adhesión al cambio en el mantenimiento.	Tiempos de reparación más cortos por mejor conocimiento del sistema en su conjunto.	Reducción de la probabilidad de fallos múltiples.

Fuente: Gonzales, Francisco (2015)

2.3.7 Análisis modos y efectos de fallo**a) Definición:**

El diagnóstico de los causales de falla y su impacto es una metodología utilizada por el sector industrial para poder encontrar, medir y priorizar fallas potenciales y su impacto en la producción, calidad, logística y planificación del mantenimiento.

Torres y Aguilar concluyen que AMEF:

“(...) una metodología simple, que de forma clara y concisa nos permite entender la forma en que opera un sistema, pero sobretodo la forma en que falla” (Aguilar y Torres 2015 p. 25).

El análisis AMEF se desarrolla dando una solución a las interrogantes siguientes:

- ¿Cuál es la proceso de funcionamiento del equipo?
- ¿Cómo deja un equipo de realizar su desempeño?
- ¿Qué causa cada mal funcionamiento (falla funcional)?
- ¿Qué sucede en caso haya una falla operacional?

Así, según Torres y Aguilar, resaltan el beneficio del análisis del AMEF:

“(...) menciona que todo analisis de FMECA, parte por el analisis de criticidad, ya que se pretende trabajar en base a riesgos. De esta manera se permite jerarquizar los modos y efectos de falla. Teniendo un orden correcto de equipos criticos, se logra una atención distinta a los activos” (Aguilar y Torres 2015 p. 17) .

b) Elaboración del FMECA

Aguilar Otero & Torres Arcique (2010) expresan que el Análisis de modos y efectos de falla con la criticidad, se puede trabajar siguiendo los pasos que se mencionaran a continuación:

Paso 1: Selección del equipo de trabajo

Se forma un equipo de trabajo que cuente con colaboradores idoneos para el desarrollo de la técnica de Análisis de Modos de Falla, con experiencia en FMECA, así como del negocio. El equipo debe tener en sus filas a un coordinador, el cual debe tener características de lider, capaz contruir un equipo de trabajo solido para conseguir resultados de los analisis.

Paso 2: Definir el proposito de diseño

Se trata en comprender la operación del activo físico. Dicha etapa es importante debido a que, para comprender cómo falla un activo, lo inicial es darse cuenta cómo se ponen en funcionamiento los activos en que contexto operan.

Paso 3: Sintetis funcional

La Sintesis funcional busca la comprensión de la gestión de la empresa, frente a lo que el usuario quiere que un activo logre o de lo que es capaz de rendir.

Paso 4: Identificación de modos de falla

Se explica cómo una maquinaria disminuye su capacidad de operación tradicional o de desarrollo de su función, es decir, como un activo llega a un estado de falla.

Por modo de falla encontrado le corresponde una monitoreo constante. En Mantenimiento, por modo de falla se designa una tarea de mantenimiento.

El desarrollo ya mencionado debe estar en la facultad de poder responder las preguntas siguientes.

- ¿Cómo puede el proceso o parte no cumplir con las especificaciones?
- Independientemente de las especificaciones técnicas, ¿qué necesita el cliente?

Paso 5: Encontrar los efectos y consecuencias de la falla

La manera en que se manifiesta un efecto, es luego de que los activos comienzan a tener problemas en los procesos, sistema o negocio. El efecto de las fallas pueden ser provocadas por la

seguridad, el ecosistema y los procesos comerciales.

La pregunta clave es, ¿qué problema está causando que ocurra una parada de máquina?, La manifestación conocidas de los posibles consecuencias de los daños desde el punto de vista del usuario final del producto son las siguientes:

- El producto falla y deja de operar, acabado superficial con errores, mala apariencia.
- La Eficiencia disminuye al final
- Calentamiento notorio
- Contaminación auditiva, Olor fetido.

Paso 6: Severidad de modos y efectos de falla (S)

La gravedad de los efectos de la falla estan catalogados en un rango 1 – 10 e indica la gravedad del problema o el downstream. La severidad simplemente determina el resultado.

Paso 7: Falla potencial y sus orígenes

Las posibles causas de cada modo de falla deben enumerarse utilizando herramientas cualitativas como diagramas de árbol o diagramas de relaciones.

Las causas usuales son:

- Falla frente a la tecnología de materiales, Desgaste excesivo, lubricación defectuosa.
- Sobrecalentamiento, comprobación incorrecta.
- Monitoreo defectuoso.

Paso 8: Índice de la Frecuencia o suceso de la falla (O)

¿Con qué frecuencia se encuentra cada causa de falla? La posibilidad de que ocurra un posible problema puede clasificarse en un rango de 1 – 10.

Es deseable obtener estadísticas cuya probabilidad sea cercana a la realidad. En ausencia de datos históricos, la estimación de probabilidades requiere una evaluación posterior.

Paso 9: Menciona las estrategias actuales

Enumere las estrategias que se detectan:

- Evitar o reducir la aparición de la causa del error (recomendación).
- Determinar la causa del error para la acción correctiva (recomendación).
- Detecta la presencia de una condición de fallo (no recomendado).

Paso 10: Exploración (D)

En una escala del 1 al 10, califique la posibilidad de que los controladores actuales encuentren el error si ocurre.

Paso 11: Número riesgo prioritario (NPR)

El paso 11, se desarrolla mediante una multiplicación de los factores antes mencionados (ocurrencia – Severidad – Detección). El número prioritario de riesgo nos da un indicador que nos permite tomar medidas correctivas es una prioridad para aquellos con un NPR alto.

Paso 12: Plan de recomendaciones

El plan de recomendaciones se basa en determinar las estrategias de como mitigar los fallos potenciales del NPR.

Al desarrollar un AMEF y tener resultados optimos se sugiere implementar un control constante. En los sectores donde se encontraron los problemas deben ser responsables de desarrollar estrategias de monitoreo efectivos para los controles futuros.

Controles futuros deben estar dirigidas a:

- Crear soluciones que reduzcan la probabilidad de falla.
- Disminuir la severidad de causas de fallas de un activo físico.
- Aumentar las estrategias de búsqueda de fallas. En esta etapa, no se debe considerar aumentar el número de controles de calidad o agregar otros controles que no sumen al proceso.

Paso 13: Equipo designado a cumplir con los controles.

En el proceso del desarrollo del AMEF, se debe contar con un equipo capaz de desarrollar estrategias que permitan mitigar los problemas y tener un control de los indicadores.

Paso 14: Monitoreo

Las personas idóneas del desarrollo tienen la responsabilidad de garantizar que el proceso de implantación sea eficiente. El AMEF es un método que debe mantenerse de manera actualizada.

Cuando se aplica la tarea de mantenimiento, se debe registrar los datos nuevos para generar nuevos indicadores. También, las puntuaciones de gravedad (S), incidencia (O) y detección (D) deben actualizarse para generar un nuevo NPR.

c) Características de un FMECA efectivo

- Los NPR de gran número serán intervenidos.
- Se aplica un estudio de errores para poder tener su planeación e intervención. (Batch Yoke).
- El AMEF registra nuevos indicadores de NPR, es decir, están controlados.
- Luego del Análisis de los indicadores actuales, algunos NPR altos persisten, se recomienda un plan de acción e

investigación.

- Realizar una ACR, para encontrar la causa raíz, que permita tomar acciones reactivas (recomendación).

d) Beneficios del AMEF

Dentro de las características principales se encuentra:

- AMEF se enfoca en identificar fallas potenciales de componentes o maquinarias y procesos.
- AMEF permite la priorización a base de la frecuencia de fallas y la criticidad de los activos, lo que define las causas que tienen mayor impacto en el estudio.

2.3.8 Distribución A-B-C (Diagrama de Pareto)

a) Definición

El diagrama de Pareto es una gráfica que nos ayuda a mitigar el proceso de búsqueda de problemas, El economista italiano Wilfredo Pareto plantea la filosofía del 80-20, la cual se basa en la explicación de que el 80% de los indicadores negativos son causados por el 20% de todas las causas identificadas. Por lo tanto, el gráfico de Pareto ayuda a identificar visualmente las pocas causas que conducen a los grandes problemas. (MINITAB)

a) Elaboración

La estructura de un gráfico de Pareto es un histograma donde las causas de un problema se clasifican en orden descendente de mayor a menor según su frecuencia o su importancia.

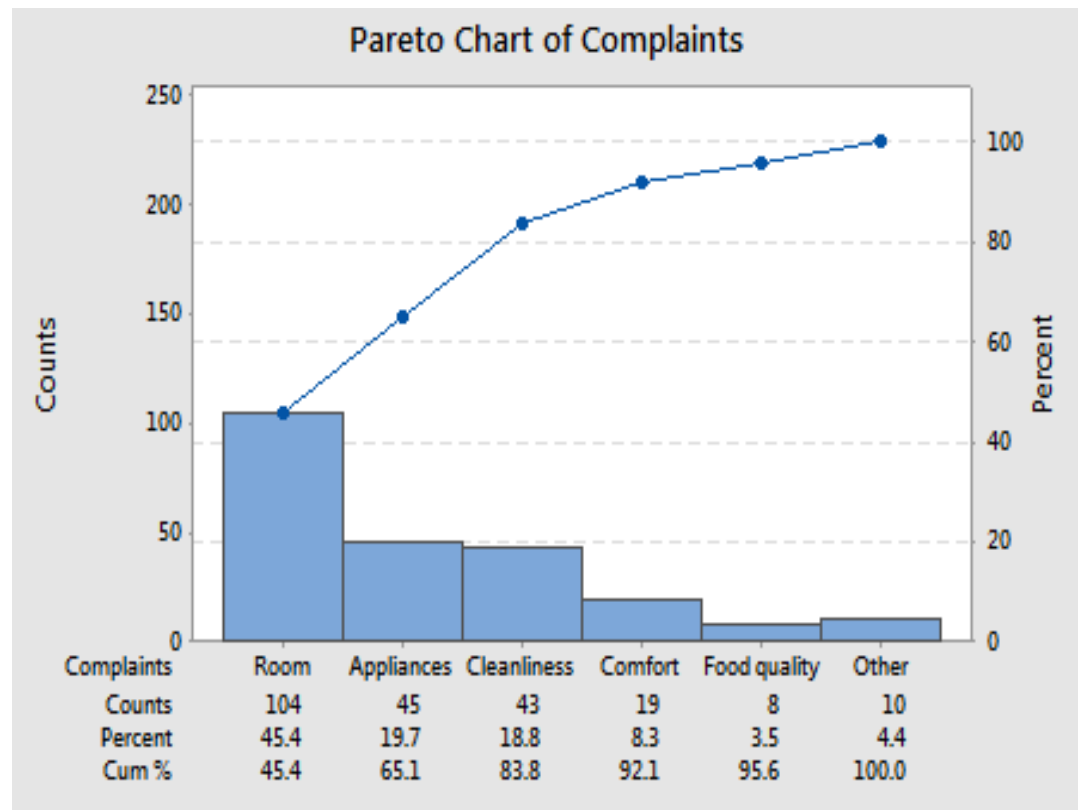
- Determina la situación problema: ¿Hay algún problema? ¿A qué se parece?

- Define los asuntos (causas o categorías) asociados con la situación del problema, incluyendo el período de tiempo.
- Recolectar datos: Tienes un problema y tienes posibles causas que lo provocan, entonces comienza a recolectar datos. Dependen de la naturaleza del problema. Por ejemplo, el número de defectos cuando se analizan los defectos del producto, el precio de los residuos por tipo de residuo, los kilogramos de carga por tipo de producto. Tener en cuenta que las unidades deben ser las mismas, no mezcles peras con manzanas. Recuerda también que el periodo de tiempo es el mismo para todos, si vas a recoger datos trimestrales debería ser el mismo por cualquier motivo.
- Clasificación de mayor a menor: Clasificamos las causas de mayor a menor en función de los datos recopilados y sus mediciones. Cuando se trata del número de ocurrencias del evento, es cuantitativo, si se basa en los costos de desperdicio según el tipo de producto, por ejemplo en unidades monetarias.
- Realizar cálculos: el porcentaje acumulativo y el porcentaje acumulativo se calculan a partir de datos ordenados. En un ejemplo, le mostraré cómo hacer esto en detalle.
- Grafiquemos las causas: el eje X se usa para ubicar las causas. Usamos el eje Y izquierdo y el eje Y derecho. El de la izquierda es para la frecuencia de cada causa, lo usamos para visualizar con barras verticales.
- Dibujemos una curva acumulativa: el eje Y de la derecha es para el porcentaje acumulativo, por lo que va de 0 a 100%. Lo usamos para graficar la curva acumulativa.

- Analicemos el diagrama (MINITAB).

Figura 2.1

Diagrama de Pareto



2.3.9 Análisis de criticidad

(Moubray, 2004) El análisis de criticidad es una herramienta centrada en la definición de riesgos que se puede utilizar para definir una jerarquía de sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global para optimizar el proceso de asignación de recursos (financieros, humanos y técnicos). Los criterios tomados en cuenta al elaborar un estudio de criticidad están enfocados principalmente con la seguridad, el ecosistema, los costes de producción, operación y conservación, fallas y tiempo de reparo. Combinando estas posiciones en una operación matemática donde cada criterio se evalúa para cada sistema con el

objetivo de centrar los mejores recursos para mitigar las paradas inesperadas de activos.

a) La criticidad de manera matemática

Se brinda a continuación:

Ecuación N° 1: *Criticidad = Frecuencia X Consecuencia*

Ecuación N° 2: Resultado de Consecuencia = a + b, siendo:

a = Impacto Operacional + Flexibilidad Operacional

b = Costos de Mantenimiento + Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH)

En la tabla 2.2, se dan los criterios de evaluación para cada criterio crítico, debido a que cada pregunta tiene una serie de respuestas con diferentes pesos.

Tabla 2.2*Criterios de evaluación de criticidad*

FRECUENCIA DE FALLAS	
Falla máxima por día	4
Falla máxima por semana	3
Falla máxima por trimestre	2
Menos de una falla por año	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de operaciones y no hay función de repuestos	4
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
Función de repuesto disponible	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Perdida de alquiler de equipo	10
Parada del sistema o subsistema y tienen repercusión en otras operaciones	7
Impacto en niveles de inventario	4
No generar ningún efecto significativo sobre la operación y servicio	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere de notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente e/o instalación	7
Afecta instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores en la seguridad y ambiente	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones y ambiente	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$ 7.000	2
Inferior a \$ 7.000	1

Fuente: Moubray, Jhon (2004)

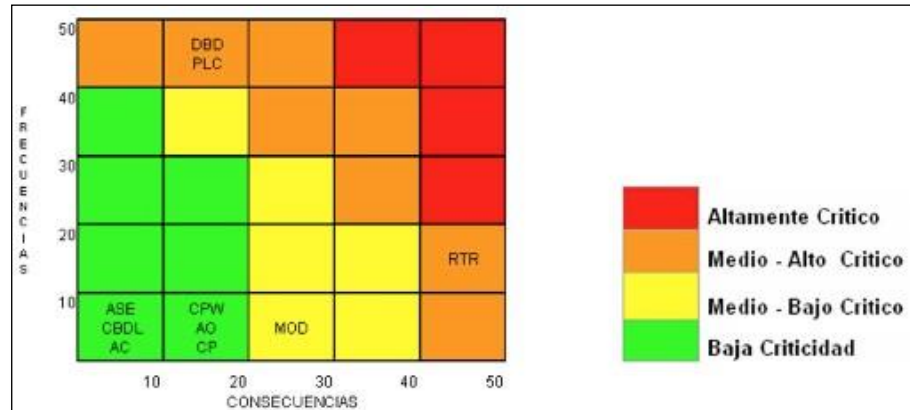
b) La criticidad como resultado de su análisis

Después de evaluar cada sistema en cada criterio según cada peso y calcular la criticidad mediante la ecuación, continuamos con la posición de cada sistema en la matriz de criticidad.

Lo que se forma en el eje "x" con consecuencias y en el eje "y" a menudo Los sistemas están ordenados desde el nivel más alto al más bajo de criticidad como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2.2

Matriz de Criticidad

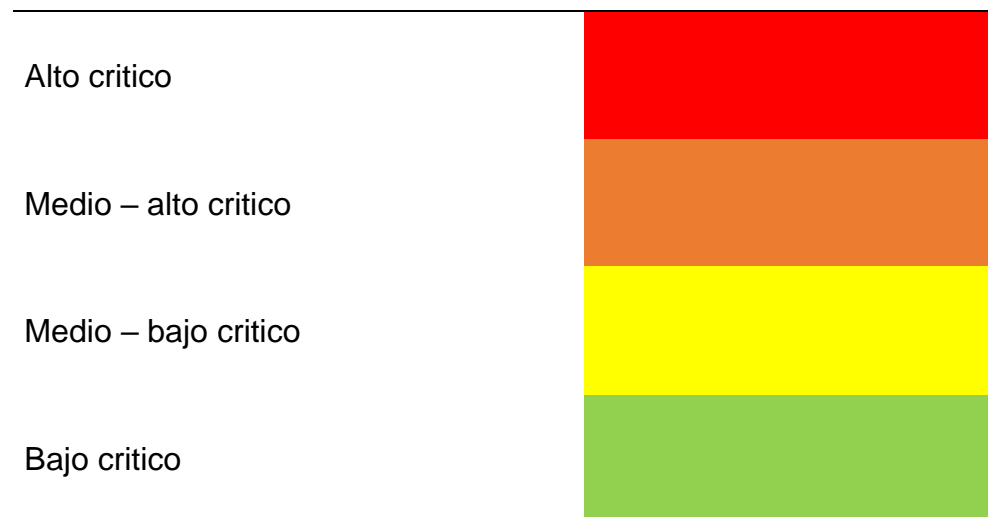


Fuente: Moubray, Jhon (2004)

Si los sistemas están en una matriz, se enumeran de acuerdo con la Tabla 2.3, donde se clasifican de mayor a menor criticidad.

Tabla 2.3

Matriz de Criticidad



Fuente: Moubray, Jhon (2004)

2.4 Definición de Términos Básico

- **Confiabilidad:** Según la norma NBR-5462, se entiende como el porcentaje o probabilidad de un correcto funcionamiento, dentro de un determinado período de tiempo, de las máquinas, sistemas y/o ítems incluidos en la cadena de producción. Esta medición se realiza considerando datos relacionados con el historial de desempeño del equipo y su estimación cualitativa de funcionamiento futuro.

Disponibilidad: Es indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de manipulación tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo: es el cociente de dividir el N° de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el N° de horas totales de un periodo.

- **Fiabilidad:** Un dispositivo tiene la probabilidad de que funcione correctamente en el tiempo siempre que se utilice en el entorno para el que fue diseñado.
- **Eficiencia:** La capacidad de designar un factor para poder lograr una consecuencia puntual.
- **Implementar:** Ejecutar, utilizar metodologías, procedimientos, etc. lograr algo.
- **Criticidad:** Nivel de impacto de un elemento con respecto al resto del conjunto a donde pertenece.
- **RCM:** Metodología utilizada para desarrollar estrategias que permitan mitigar problemas. Y que de esta manera un activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en un actual contexto operativo.
Desarrollado originalmente para la parte aeronáutica. Para luego ser trasladado al sector industrial tras notar excelentes resultados en el sector aeroespacial.
- **PBB:** Passenger Boarding Bridge (Pasarela de embarque de pasajeros, equipo que se utiliza para el embarque y desembarque de pasajeros de la aeronave al terminal aéreo.

III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General

Del trabajo de investigación se realiza la siguiente hipótesis general:

El plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Hipótesis Específicas

Del trabajo de investigación se realiza las siguientes hipótesis específicas:

- El diagnóstico de costos de mantenimiento actual mejora la planificación de mantenimiento de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.
- La gestión de los indicadores críticos de los de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez influye significativamente en la gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).
- El plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

3.1.1 Operacionalización de variables.

3.1.2 Definición conceptual de las variables.

En esta investigación, la variable independiente de mantenimiento preventivo se centra en en la confiabilidad y la variable dependiente siendo la disponibilidad.

- a. Variable independiente “Mantenimiento basado en la confiabilidad”

Es un método que decreta los requerimientos de mantenimiento preventivo para una pasarela de embarque de pasajeros con base en las funciones del activo, sus falencias y causas, y luego las estrategias más apropiadas para el contexto operacional (Moubray, 2004 p.33).

Sus dimensiones incluyen: identificación de activos, identificación de problemas, jerarquización de necesidades y selección de actividades de mantenimiento.

b. Variable dependiente "Disponibilidad"

Un porcentaje del tiempo mientras el cual la pasarela de embarque de pasajeros se mantenía operativo para ser utilizado. (Mora, 2010)

Sus dimensiones son: tiempo de reparación y tiempo de parada.

3.1.3 Operacionalización de variables.

El presente trabajo de investigación presenta variables dependientes e independientes las cuales presentan dimensiones, indicadores, índices y/o tratamiento, la siguiente tabla muestra el orden de la variable independiente y dependiente.

Tabla 3.1

Operacionalización de Variables Independiente

VARIABLE DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES/ÍTEMS	MÉTODO Y TÉCNICA
Variable Independiente: Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad	Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar que debe hacerse para asegurar que los equipos continúen operando dentro de rangos o estándares establecidos por el usuario en el contexto operativo presente (Moubray, 1997).	La metodología RCM determina los requerimientos de mantenimiento preventivo de una pasarela de embarque de pasajeros en base a las funciones del sistema, sus fallas y causas, para luego determinar las estrategias más adecuadas al contexto de operación.	Diagnóstico De costos de mantenimiento	Costos de intervención por falla imprevista	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental (OTM)
				Costos por inspección fuera de programación	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental
				Costos por mantenimiento programado	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental
				Lucro Cesante	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental
			Identificación de sistemas críticos	Frecuencia de fallas	Criterios de ponderación	Registros -Técnica documental
				Impacto operacional	Criterios de ponderación	Registros -Técnica documental
				Flexibilidad operacional	Criterios de ponderación	Registros -Técnica documental
				Impacto SHE	Criterios de ponderación	Registros -Técnica documental
Consecuencias de fallas	Criterios de ponderación	Registros -Técnica documental				

Tabla 3.2

Operacionalización de Variables Dependiente

VARIABLE DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES/ÍTEMS	MÉTODO Y TÉCNICA
Variable Dependiente: Disponibilidad	Probabilidad de que el activo funcione exitosamente en el instante en que sea solicitado luego del comienzo de su funcionamiento, cuando se utiliza bajo condiciones establecidas (Mora, 2009)	Porcentaje de tiempo durante el cual la pasarela de embarque de pasajeros estuvo en condiciones de ser usado.	Confiabilidad	(MTBF)Tiempo promedio entre fallas	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental
			Mantenibilidad	(MTTR)Tiempo promedio para reparar	Registros de funcionamiento / Horometro	Registros -Técnica documental

IV METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

Tipo de Investigación Aplicada

Debido a que la problemática de mantenimiento en la Empresa Lima Airport Partners no ha sido suficientemente investigado y las condiciones existentes no han sido esclarecidas, la investigación necesariamente comienza con un proceso de observación y análisis que toma la información definiendo las características iniciales relevantes y luego dirige nuestro interés al objeto principal de investigación de este estudio.

Para Murillo (2008), La investigación aplicada se denomina “investigación práctica o empírica”, caracterizada porque busca aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos, mientras que otras buscan la aplicación práctica y la sistematización con base en la investigación. El uso del conocimiento y la investigación que conduce a una forma rigurosa, organizada y sistemática de saber la realidad.

Por lo tanto y considerando que el resultado de esta investigación es la base para la implementación de la actividad, se concluyó que esta investigación puede ser aplicada en la práctica.

Diseño de investigación

El Diseño de la investigación es Pre - Experimental debido a que se busca ver el incremento de la variable dependiente, de como se manejaba antes de la implementación y después de haber aplicado el mantenimiento basado en la fiabilidad con la disponibilidad de las pasarelas de embarque.

“El significado específico de investigación Pre - experimental, que es más consistente con el significado científico del término, se refiere a un estudio en el que una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes) son manipuladas deliberadamente para analizar más las consecuencias de la manipulación. más variables dependientes (consecuencias hipotéticas) bajo el control del investigador. Esta

definición puede parecer complicada; pero si analizas sus componentes, su significado se vuelve más claro” (Hernández et al., 2010, p. 121).

4.2 Método de investigación

Método Cuantitativo (Hipotético – Deductivo)

Según Bernal (2010, p.60) mencionó que “Se basa en la medición de características de los fenómenos sociales, lo que significa que del marco conceptual relacionado con el problema analizado se deriva un conjunto de postulados que expresan deductivamente las relaciones entre las variables objeto de estudio”.

La presente tesis se hace uso del método cuantitativo ya que se hará uso de la parte cuantitativa de los históricos de mantenimiento de los activos del área en mención de la compañía Lima Airport Partners S.R.L. del AIJCh.

El método consiste en llevar a cabo los siguientes puntos.

- a) Observar la realidad y definir el problema.
- b) Formulación de hipótesis
- c) Derivación de consecuencias
- d) Contraste de hipótesis
- e) Refutación o confirmación de hipótesis
- f) Formulación de teoría y publicación de los resultados.

4.3 Población y muestra

La población de acuerdo con lo mencionado por Hernández, lo define “La población o universo se puede definir como un conjunto de unidades o ítems que comparten algunas notas o peculiaridades que se desean estudiar” (Hernández, 2001, p.127). De la cual el universo son todos los equipos PBB que se encuentran en los distintos aeropuertos del Perú.

La muestra, para la realización de esta investigación se tendrá en cuenta toda la información suministrada por el personal del departamento de

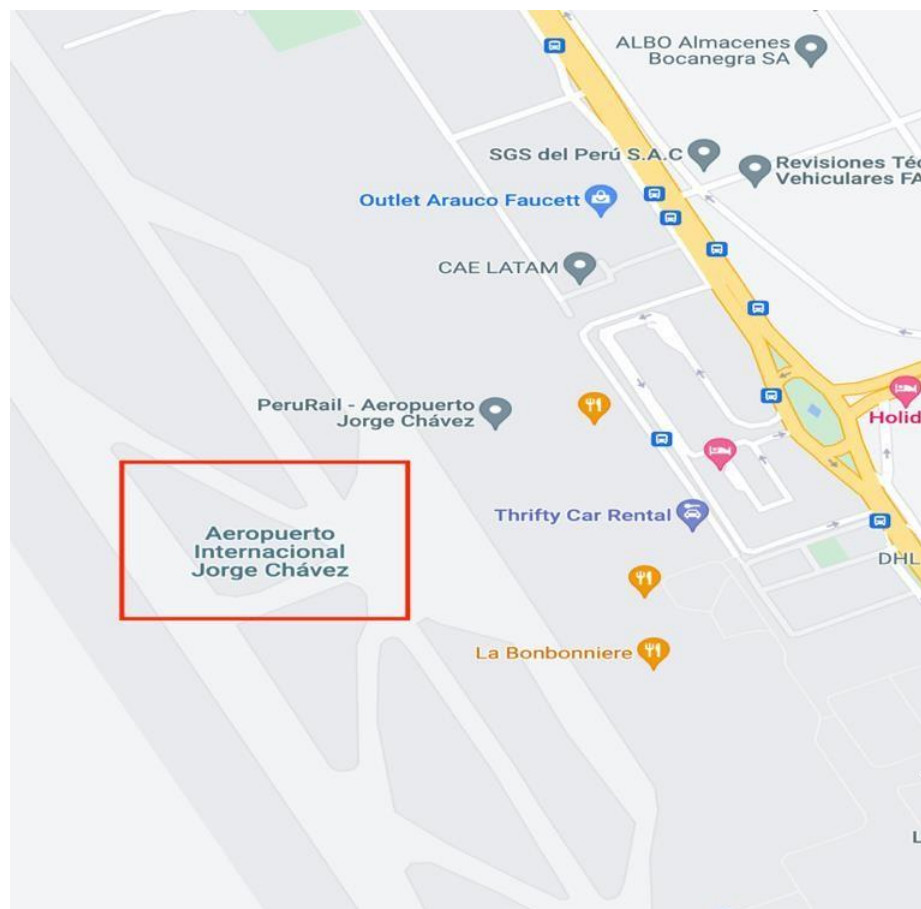
mantenimiento de la empresa Lima Airport Partners para lo cual la muestra sería las 19 pasarelas de embarque del AIJCh.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

La presente investigación tiene lugar en el distrito de Lima – Callao. El etapa de desarrollo del estudio se ejecuto en el 2019 y 2021. En el área de sistemas eléctricos y electromecánicos.

Figura 4.1

Lugar de estudio



4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

a. Fuentes Primarias

El personal operativo de la empresa Lima Airport Partners sera entrevistado, ya que están inmersos en este estudio, que alberga temas relacionados con el mantenimiento de equipos para identificar las características de una organización de mantenimiento.

Fuentes Secundarias

- **Documentos:** Se utilizan datos de la tesis sobre el tema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, el diseño e implementación de plan de mantenimiento, fichas de mantenimiento, catálogos de las pasarelas de embarque de pasajeros, ordenes de trabajo. La información que se encuentra en Internet se utiliza de la misma manera.
- **Textos:** Se hará uso de información de libros de mantenimiento industrial.

4.6 Análisis y procesamiento de datos.

El presente estudio se aplicó la estadística descriptiva e inferencial y se utilizó el software SPSS 25.

Estadística descriptiva. - describe y analiza una muestra, sin pretender sacar conclusiones de tipo general.

4.7 Procesamiento de datos de sistemas críticos

Los datos de la variable de identificación del sistema crítico de 2019 y 2021 se registrarán en el formulario de recopilación de datos de pre-test y post-test del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 4.1

Datos promedios de sistemas críticos

Reporte	Año	Subsistema	Identificación de sistemas críticos	
				Promedio
Pretest	2019	Agua potable		18
		PCAIR		74
		400HZ		68
		Hidráulico		68
		ADS		18
		Energía & Controles		111
Postest	2021	Agua potable		6
		PCAIR		14
		400HZ		12
		Hidráulico		12
		ADS		6
		Energía & Controles		50

Figura 4.2

Procesamiento de datos de sistemas críticos

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos interface. The main window displays a data grid with the following structure:

	CRITICIDAD.PRETEST	CRITICIDAD.POSTEST	var	var	var	var
1	18	6				
2	74	14				
3	68	12				
4	68	12				
5	18	6				
6	111	50				

4.7.1 Procesamiento de datos del diagnósticos de costos de mantenimiento

La investigación del pre y postest del plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad de la variable diagnóstico de mantenimiento del año 2019 y 2021 registrados en la tabla 4.2.

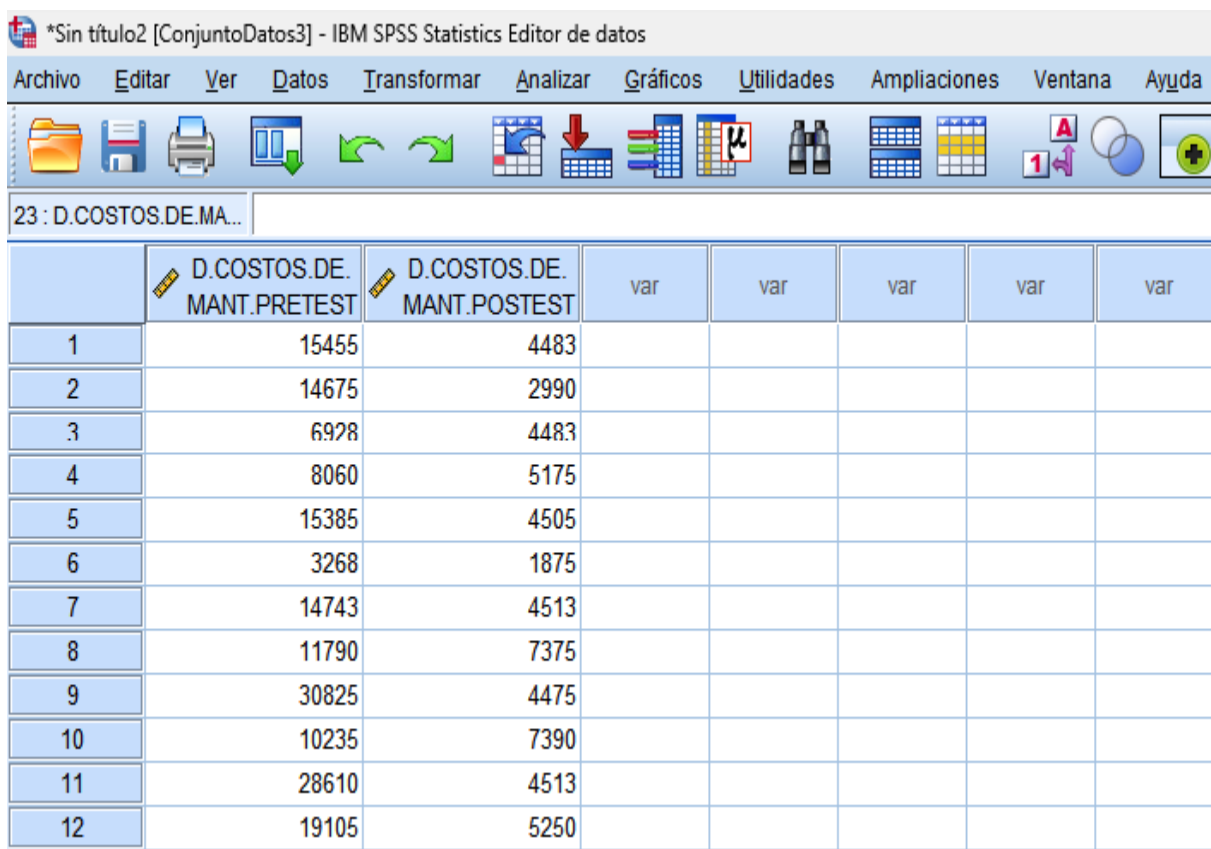
Tabla 4.2

Datos diagnóstico de costos de mantenimiento

Diagnóstico de costos de mantenimiento			
Reporte	Mes	Sub - Total	Total
Pretest	Ene-19	15455	
	Feb-19	14675	
	Mar-19	6928	
	Abr-19	8060	
	May-19	15385	
	Jun-19	3268	179078
	Jul-19	14743	
	Ago-19	11790	
	Set-19	30825	
	Oct-19	10235	
	Nov-19	28610	
	Dic-19	19105	
Postest	Ene-21	4483	
	Feb-21	2990	
	Mar-21	4483	
	Abr-21	5175	
	May-21	4505	
	Jun-21	1875	57025
	Jul-21	4513	
	Ago-21	7375	
	Set-21	4475	
	Oct-21	7390	
	Nov-21	4513	
	Dic-21	5250	

Figura 4.3

Procesamiento de datos del diagnóstico de costos de mantenimiento



*Sin título2 [ConjuntoDatos3] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

23 : D.COSTOS.DE.MA...

	D.COSTOS.DE.MANT.PRETEST	D.COSTOS.DE.MANT.POSTEST	var	var	var	var	var
1	15455	4483					
2	14675	2990					
3	6928	4483					
4	8060	5175					
5	15385	4505					
6	3268	1875					
7	14743	4513					
8	11790	7375					
9	30825	4475					
10	10235	7390					
11	28610	4513					
12	19105	5250					

4.8 Procesamiento de datos de la disponibilidad

La investigación del pre y postest del plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad de la variable disponibilidad del año 2019 y 2021 registrados en la tabla 4.3.

Tabla 4.3*Datos de disponibilidad*

Reporte	Mes	Disponibilidad	
		Disponibilidad	Promedio
Pretest	Ene-19	68%	70%
	Feb-19	67%	
	Mar-19	74%	
	Abr-19	68%	
	May-19	71%	
	Jun-19	69%	
	Jul-19	62%	
	Ago-19	71%	
	Set-19	71%	
	Oct-19	75%	
	Nov-19	69%	
	Dic-19	75%	
Postest	Ene-21	93%	93%
	Feb-21	91%	
	Mar-21	92%	
	Abr-21	92%	
	May-21	93%	
	Jun-21	93%	
	Jul-21	93%	
	Ago-21	93%	
	Set-21	93%	
	Oct-21	94%	
	Nov-21	94%	
	Dic-21	95%	

Figura 4.4

Procesamiento de la disponibilidad

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	DISPONIBILIDAD.PRETEST	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
2	DISPONIBILIDAD.POSTETS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada

	DISPONIBILIDAD.PRETES..	DISPONIBILIDAD.POSTET..	var	var	var	var	var	var
1	68	93						
2	67	91						
3	74	92						
4	68	92						
5	71	93						
6	69	93						
7	62	93						
8	71	93						
9	71	93						
10	75	94						
11	69	94						
12	75	95						

4.9 Procesamiento de datos de la confiabilidad

Los datos de la variable confiabilidad de 2019 y 2021 se registrarán en el formulario de recopilación de datos de pre-test y post-test del la disponibilidad de equipos.

Tabla 4.4*Datos del Confibilidad*

Reporte	Mes	Confibilidad	
		Tiempo promedio entre fallas	Promedio
Pretest	Ene-19	17	19
	Feb-19	14	
	Mar-19	19	
	Abr-19	25	
	May-19	18	
	Jun-19	16	
	Jul-19	16	
	Ago-19	21	
	Set-19	20	
	Oct-19	24	
	Nov-19	16	
	Dic-19	24	
Postest	Ene-21	67	72
	Feb-21	60	
	Mar-21	67	
	Abr-21	70	
	May-21	64	
	Jun-21	76	
	Jul-21	63	
	Ago-21	67	
	Set-21	74	
	Oct-21	81	
	Nov-21	90	
	Dic-21	83	

Figura 4.5

Procesamiento de la confiabilidad

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1 MTBF.PRETET	Númérico	8	0		Ninguno	Ninguno	12	Derecha	Escala	Entrada
2 MTBF.POSTES	Númérico	8	0		Ninguno	Ninguno	12	Derecha	Escala	Entrada

	MTBF.PRETET	MTBF.POSTES	var	var	var	var	var
1	17	67					
2	14	60					
3	19	67					
4	25	70					
5	18	64					
6	16	76					
7	16	63					
8	21	67					
9	20	74					
10	24	81					
11	16	90					
12	24	83					

4.9.1 Procesamiento de resultados inferenciales - Disponibilidad

Los datos de la variable disponibilidad de 2019 y 2021 se registrarán en el formulario de recopilación de datos de pre-test y post-test para verificar la distribución o pruebas de normalidad.

Figura 4.6

Procesamiento de datos inferenciales - Disponibilidad

Resumen de procesamiento de casos						
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DISPONIBILIDAD. PRETEST	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
DISPONIBILIDAD. POSTETS	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

4.9.2 Procesamiento de resultados inferenciales - confiabilidad

Los datos de la variable confiabilidad de 2019 y 2021 se registrarán en el formulario de recopilación de datos de pre-test y post-test para verificar la distribución o pruebas de normalidad.

Figura 4.7

Procesamiento de datos inferenciales - confiabilidad

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CONFIABILIDAD.PRETET	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
CONFIABILIDAD.POSTES	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

4.10 Aspectos Éticos en Investigación.

Cabe señalar que cada resultado obtenido fue elaborado de manera profesional y transparente para el uso de la investigación. Por ende, los datos encontrados no serán manipulados o adulterados, de manera que no se verifique como plagio de otra investigación, para que en posteriores investigaciones le puedan dar el uso correcto.

Transparencia: Se redactan las fuentes bibliográficas de la información brindada, con el objetivo de evidenciar la inexistencia del plagio intelectual.

Confidencialidad: De esta manera se establece la protección de la identidad de la universidad y de los ingenieros que participen como informantes de la investigación.

Probidad : La información brindada será verdadera, respetando la confidencialidad de estas personas y de la institución.

4.11 Desarrollo de la propuesta

La empresa Lima Airport Partners E.R.L. encargada de la concesión del aeropuerto Internacional Jorge Chavez presenta como inconveniente la baja disponibilidad de sus activos PBB. Se hace uso del diagrama de ishikawa para llegar a conocer las causas latentes y más críticas que interfieren en el óptimo desarrollo del área de mantenimiento. De esta manera tener una mejor programación y gestión de los indicadores del área en mención.

Figura 4.9

Diagrama de Pareto de las causas encontradas

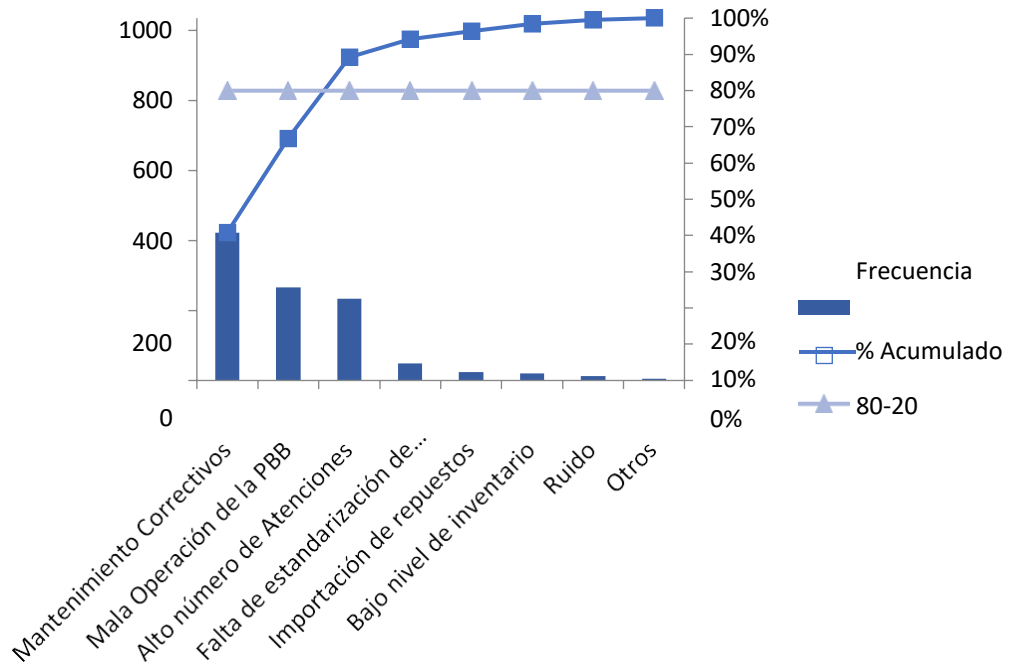


Tabla 4.5

Valoración de las causas encontradas

Causas	Frecuencia	% Acumulado	80-20
Mantenimiento Correctivos	423	41%	80%
Mala Operación de la PBB	267	67%	80%
Alto número de Atenciones	234	89%	80%
Falta de estandarización de procedimientos	50	94%	80%
Importación de repuestos	24	96%	80%
Bajo nivel de inventario	20	98%	80%
Ruido	12	100%	80%
Otros	5	100%	80%
	1035		

De la cual se puede concluir que el 80% de la falta de disponibilidad son ocasionados principalmente por tres causas: mantenimiento correctivo, mala operación de los equipos PBB's y Alto número de requerimientos de atenciones en las PBB's en consecuencia estos son los puntos que más afecta en la falta de disponibilidad en la empresa.

Además, se realizó el análisis de Cp y Cpk para determinar la capacidad del tiempo de paradas que lleva intervenir en el equipo PBB's, para este caso se tomaron 20 muestras de los tiempos usados en la atención de los equipos por cada mes del año y los límites superiores e inferiores son 15 minutos y 30 respectivamente (tiempo entre vuelos), tal y como se describe en siguiente Tabla.

Tabla 4.6

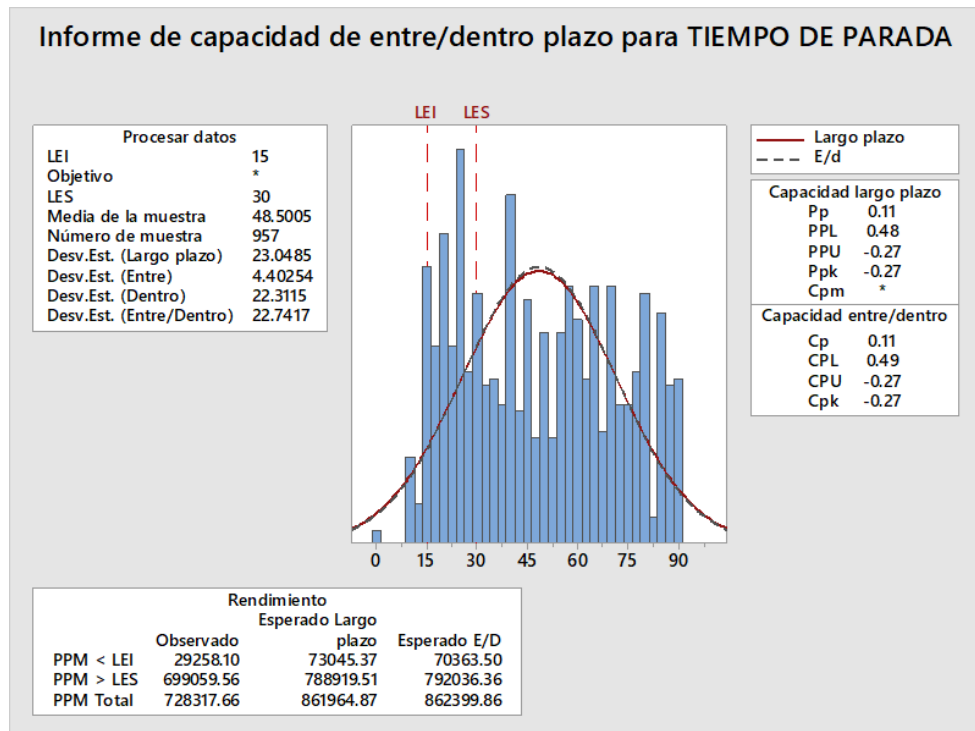
Tiempo de parada por demora en la reparación

MESES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TIEMPO DE PARADA POR DEMORA EN LA REPARACIÓN	37	54	18	71	28	48	80	90	29	24	85	18
	77	50	38	77	87	52	45	77	72	69	31	58
	42	59	86	79	56	49	60	31	30	25	40	20
	78	25	34	14	66	37	50	80	64	19	46	52
	14	10	19	85	85	62	41	40	89	72	44	26
	18	45	65	65	25	43	55	55	85	30	61	22
	16	33	30	20	27	22	38	33	62	81	58	28
	49	19	51	13	39	43	49	81	70	41	21	25
	65	28	23	16	89	71	57	52	19	75	33	18
	10	16	39	84	54	88	72	85	20	42	61	67
	16	24	81	24	41	28	15	79	83	17	50	34
	81	17	20	29	58	30	15	57	55	18	49	25
	16	77	26	10	38	22	38	27	23	90	58	21
	39	47	19	76	65	73	17	22	68	63	60	27
	30	10	24	26	32	58	44	20	65	70	19	34
	32	26	30	18	26	29	56	69	15	30	13	26
	87	57	72	66	44	87	39	45	67	86	59	16
	19	16	40	15	75	40	35	66	39	47	14	23
	71	26	62	46	45	27	58	75	52	33	42	10
	35	22	35	62	39	24	32	60	87	62	71	23

Estas muestras se trasladaron al programa Minitab para que el análisis estadístico del Cp y Cpk así como el gráfico de la curva de Gauss, del cual obtuvimos los siguientes resultados tal y como se observa en el siguiente gráfico.

Figura 4.10

Análisis estadístico del Cp y Cpk de atención de los requerimientos



Del informe del Minitab podemos interpretar que el valor del Cp es de 0.11 ($Cp < 0.67$) el cual nos dice que el proceso no está centrado y no es adecuado para el trabajo y requería de modificaciones en la gestión en pocas palabras el tiempo en la demora de las atenciones de las PBB estas descontroladas, en cuanto al Cpk es de -0.27 ($Cpk < 1.25$) del cual se interpreta que la operación esta insatisfecha.

4.12 Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad

Conociendo la causa principal de la falta disponibilidad se plantea realizar el plan mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en el área de Mantenimiento de la empresa Lima Airport Partners E.I.R.L. Se solicitó al jefe del Área, la documentación existente del historial de los equipos y

mantenimientos, la cual fue facilitada, así como la facilidad. Por otro lado, el mantenimiento preventivo se brindará a 19 PBB de la compañía de Lima Airport Partners E.I.R.L; que se encuentra ubicado en el callao S/N., dentro de la documentación compartida se puede encontrar la siguiente información relevante:

Tabla 4.7

Cronograma de mantenimiento preventivo de PBB's

Intervención	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2020				MP4						MP4		
2021				MP4						MP4		

El tiempo de ejecución del mantenimiento preventivo es como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4.8

Tiempo de ejecución de mantenimiento preventivo de PBB's

Equipo de Trabajo	TIEMPO MÁXIMO DE EJECUCIÓN	
	MP4	MP4
	6 horas	6 horas

Lista de actividades de mantenimiento brindados en cada mantenimiento:

- Limpieza general del equipo
- Limpieza de partes mecánicas y eléctricas
- Limpieza y lubricación de carrilera interior.
- Limpieza y el engrase de las cadenas de sincronismo en cabina y rotonda.
- Comprobación de funcionamiento del sistema hidráulico y de traslación.
- Comprobación de funcionamiento del sistema de giro cabina, rotonda y sistema cinemático.
- Comprobación del funcionamiento de la manga y de sus seguridades.

De acuerdo con esta información se realizó el análisis para poder determinar el mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad:

4.12.1 Identificación y descripción de alternativas

En base a las problemáticas que generan la falta de disponibilidad de los activos PBB's. a continuación, mencionaremos las tres alternativas de con las cuales mejoraremos la problemática después del análisis, elegiremos más adecuado según la realidad actual de mantenimiento.

- RCM (análisis centrado en la confiabilidad)
- TPM (Mantenimiento Productivo Total).
- Mantenimiento Tradicional.

Por otro lado, se comparará cada opción respecto al problema para ver qué tan bien se adapta a nuestras necesidades y obtener un resultado que al final se convierte en la mejor elección.

La siguiente tabla se tomó como referencia de G. Francisco (Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado) y se realizó a nuestra realidad para resaltar la raíz de los problemas y como tener un control sobre ellas hasta eliminarlas. En otras palabras, vemos que cada metodología es compatible con la solución de la causa raíz del problema, y algunas también contribuyen con puntos adicionales que actualmente no se consideran en nuestra mejora.

Tabla 4.9*Aspectos que enfoca cada metodología*

Causas del problema			
1. Mantenimiento correctivo (altos)	X	X	X
2. Mala operación de PBB'	X	X	
3. Alto número de requerimientos de PBB's.	X	X	
4. Falta de estandarización de procedimientos	X	X	
5. Importación de repuestos	X	X	
6. Bajo nivel de inventario	X	X	
Ventajas de cada metodología			
a. Define un conjunto de medidas para garantizar una alta disponibilidad de los dispositivos	X		
b. Mejora la comprensión del funcionamiento del equipo.	X	X	
c. Crear una filosofía de mejora continua en toda la empresa			
d. Mantenimiento en todos los niveles hasta el nivel gerencial			X
e. Reducción de grandes inventarios	X		
f. La mejora de la seguridad			
g. El aumento de fiabilidad de la instalación y quipos	X		
h. Duración de aplicación para resultados entre 1 y 2 años	X		
i. Duración de aplicación para resultados entre 3 y 4 años			X

Tabla 4.10

Causas del Problema – Mantenimiento Correctivos (altos)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO (ALTO)				
Metodología	Mantenimiento recomendado	Mantenimiento puntual del equipo	Calidad en el mantenimiento	Efecto
RCM	A la hora de implementar este método, una de sus bases son las instrucciones del fabricante de la PBB, las cuales están dirigidas a realizar el mantenimiento primario y verificar ciertos parámetros..	Según la antigüedad de la PBB y la importancia del mismo se procede separar todo el activo en sistemas y sub sistemas a fin de monitorear, las inspecciones periódicas verifican el funcionamiento del dispositivo e identifican posibles errores.	Reconocer todas las partes de PBB para asegurar la alta calidad y el mantenimiento necesario sin cambiar o sustitución prematura de piezas.	Sugerencia de un 100%
TPM	Esta filosofía, toma en cuenta todos los consejos de los proveedores de servicios para evaluar el mantenimiento necesario para asegurar una correcta función de la PBB, y también establece un horario para seguir las frecuencias especificadas por el fabricante.	No cuenta con un análisis detallado	Aplica el sistema a todos los equipos corporativos, incluida la gestión, es decir. no crea que hay piezas de equipo que es mejor dejar que se rompan y luego reemplazarlas en lugar de invertir horas de mano de obra y repuestos para mantenerlas.	Sugerencia de un 60%
MT	Esto se basa en la experiencia y en algunas conversaciones con un proveedor de PBB, por lo general subestima las recomendaciones del proveedor.	Todos los activos se consideran iguales y su importancia la determina la persona que controla el servicio.	Opera el sistema en todos los equipos de la empresa, incluida la gerencia, es decir, no piensa que hay equipos que es mejor dejarlos averiar para proceder a reemplazarlos, en vez de generar horas de trabajo y proviciones para mantenerlos.	Sugerencia de un 30%

Tabla 4.11

Causas del Problema – Mala operación de PBB's

MALA OPERACIÓN DE PBB'				
Metodo	Entrenamiento parte Teórica al personal	Entrenamiento parte Práctica al personal	Secuencia detallada del entrenamiento	Efecto
RCM	En tanto al proceso del Rcm, busca identificar el sistema y sub sistema el equipo y luego identifica fallas funcionales, entonces se muestra todo el esqueleto de la PBB y se establece como debe funcionar en relación a sus parámetros como tipo de aeronave, altura, distancia para estar funcionalmente operativo. Por lo expuesto esta capacitación es teórica y específica. Además de identificar todos los procedimientos de operación.	Cada parámetro de funcionamiento es identificado en la PBB en situ, es decir lo establecido es llevado a las prácticas a través de entrenamientos, esto es algo que no ninguna herramienta lo evalúa de en una secuencia detallada y precisa además que incrementa el conocimiento del personal en relación a su equipo. Entonces el proceso se torna fluido para la identificación de averías posibles.	Se detalla el entrenamiento teórico y práctico lo más específico ya que se desglosa la PBB en sistemas y sub-sistemas. Asimismo, en cada sistema o sub sistema se define los parámetros mínimos y necesarios para que el operador del equipo continúe operando de manera eficiente.	Recomendable un 100%
TPM	Los entrenamientos están ubicados dentro de sus pilares, entonces se podrá ejecutar una capacitación autónoma, y planificada y de calidad planificada sin embargo en General porque no identifica donde hacer la capacitación del operario.	A través del mantenimiento planificado y autónomo de forma global se puede inferir que no posee una capacitación de la PBB de manera práctica específica	Para ejecutar las capacitaciones se entregan secuencias y procesos establecidos por el proveedor PROCTOR de manera integral, sin embargo, no garantiza que los trabajadores recibieron la instrucción adecuada.	Recomendable un 30%
MT	Las capacitaciones no se llevan a cabo, se terceriza contando con personal calificado.	No se lleva a cabo, se terceriza contando con personal calificado.	No existe.	No se sugiere

Tabla 4.12

Causas del Problema – Alto número de requerimientos de PBB's.

ALTO NÚMERO DE REQUERIMIENTOS DE PBB'S.				
Metodología	Procedimientos Teóricos	Procedimiento Prácticos	Secuencia detallada del Proceso	Resultado
RCM	Los procesos son a base de los estandares establecidos por las capacitaciones, existen procedimientos para realizar los requerimientos detallados de las PBB's. Se detalla cada operación en lista y como debe realizarse	Los Procedimientos son realizados según una frecuencia establecida en la gestión de procedimientos además de existir procedimientos para ser realizados con el PBB operativo y también en la PBB detenido. Existe un procedimiento para reportar requerimientos.	El procedimiento practico y teórico son puntuales y tienen un jerarquía de detalle que sirve para vigilar cada requerimiento del PBB.	Recomendable un 100%
TPM	No detalla específicamente los procedimientos pero dentro del manual esto se debe hacer, pero no detalla cómo hacerlos.	No posee procedimientos prácticos específicos solo de manera General.	Establece que se debe hacer pero no hay un detalle de cómo hacerlo, en este tema específico deja muchos vacíos que se deben inferir de acuerdo al conocimiento de la compañía.	Recomendable un 60%
MT	No se encuentra	Todos los flujos no estan planteados se plantea en el mismo instante.	No existen.	No Recomendable 0%

Para continuar con el análisis se tiene la tabla de escala, referencia de G. Francisco (Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado) y se modificó a la realidad del tema, estos según la causa al problema que se suciecita.

Tabla 4.13

Escalas

Descripción	No se sugiere	Baja sugerencia	Se sugiere	Altamente sugerido
Jerarquía en porcentaje	0%	30%	60%	100%
Sustento	No cumple los aspectos establecidos	Cumple con algunos aspectos establecidos	Cumple la mayoría de los aspectos establecidos	cumple todos los aspectos establecidos

De las tablas desarrolladas y el análisis se concluye que el RCM es el método más ideal para contrarestar las causas de la falla de esta propuesta de mejora. Asimismo, en la tabla siguiente se detalla el resumen.

Tabla 4.14

Resumen de metodología

ASPECTO QUE ENFOCA CADA METODOLOGÍA	RCM	TPM	MT
Mantenimiento Insuficiente	100%	60%	30%
Mala operación de PBB'	100%	30%	0%
Alto número de requerimientos de PBB's.	100%	60%	0%
PROMEDIO	100%	50%	10%

La metodología del Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) soluciona la falta de disponibilidad de los equipos PBB. Asimismo, soluciona las causas del problema como: Mantenimiento correctivos (altos), mala operación de PBB's y alto número de requerimientos de PBB's.

En base a lo redactado en el párrafo anterior el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad se desarrollará con el enfoque del RCM por lo desarrollaremos la solución.

4.12.2 Fase Preliminar

4.12.2.1 Organización del equipo de RCM

La conformación del equipo del RCM estará integrado por: Colaboradores del staff de mantenimiento (jefe, supervisores y técnicos), Encargado de zona del terminal y personal tercero (personal de aerolíneas).

La figura de acta de reunión se utilizará para establecer los puntos tratados y los acuerdos que se tomarán en cada una de las reuniones que se llevará a cabo con el personal que se encuentra involucrada en el proyecto.

Figura 4.11

Acta de reunión

Descripción	Responsable	restricción	Fecha de Cumplimiento
Los roles de los trabajadores seleccionados en la implementación de RCM están definidos y el gerente de mantenimiento es la fuerza impulsora detrás del avance de la metodología.	Gerente de Mantenimiento	Ninguna	De acuerdo al cronograma de acciones
Las reuniones se darán en los días donde los trabajadores cumplan su jornada, pero se proporcionará todas las facilidades para ellos puedan participar en las capacitaciones y reuniones establecidas.	Diego Villanueva	Facilidades	De acuerdo al cronograma de acciones
La próxima reunión del equipo de trabajo se llevará a cabo el día propuesto. En este día, la capacitación comienza con la parte teórica del proceso de mantenimiento "RCM" que enfatiza la confiabilidad. Al día siguiente, el encargado de mantenimiento compartirá otras historias de éxito de empresas como ejemplos para ver la utilidad de aplicar dicha metodología.	Todos	Facilidades	De acuerdo al cronograma de acciones
Todas las sesiones son de un mínimo de 3 horas y un máximo de 4 horas por jornada, separadas por 20 minutos como descanso.	Todos	Facilidades	De acuerdo al cronograma de acciones
Se destaca el acuerdo de proporcionar instalaciones, infraestructura y recursos a lo largo del desarrollo de la implementación general de la metodología RCM, así como el compromiso y aprobación de la gerencia para planificar e implementar propuestas de mejora.	Gerencia General	Facilidades	De acuerdo al cronograma de acciones
Los trabajadores llegan al acuerdo de presentarse a todas las sesiones y estar plenamente motivados para adquirir conocimientos y poner en práctica las técnicas a otros mecanismos a medio plazo como parte de la estrategia de la compañía.	Todos	Facilidades	De acuerdo al cronograma de acciones

4.12.2.2 Adaptación de la metodología del RCM por parte del equipo de mantenimiento.

Esta conferencia se llevará a cabo como parte de una exposición colectiva. Describe la terminología asociada con RCM y sus ventajas de desarrollo. En el siguiente gráfico se puede observar la lista de asistencia que se usara en las charlas técnicas.

Figura 4.12

Lista de asistencia

4.12.2.3 La confiabilidad como desarrollo del RCM mediante la confiabilidad Los requerimientos particulares que la falla de algún componente debía evitar como parte de los requisitos para considerarlo confiable. Estos se muestran en la Tabla 4.11, se tomó como referencia del libro del autor Jhon Mounbray (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) pero se modificó a la realidad del tema. Si el componente analizado pudiera violar uno o más de estos requisitos, se sugirieron acciones de mantenimiento para impedirlo que proceda.

Tabla 4.15*Criterios de confiabilidad*

FRECUENCIA DE FALLAS	
Falla máxima por día	4
Falla máxima por semana	3
Falla máxima por trimestre	2
Menos de una falla por año	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de operaciones y no hay función de repuestos	4
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
Función de repuesto disponible	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Perdida de alquiler de equipo	10
Parada del sistema o subsistema y tienen repercusión en otras operaciones	7
Impacto en niveles de inventario	4
No generar ningún efecto significativo sobre la operación y servicio	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere de notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente e/o instalación	7
Afecta instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores en la seguridad y ambiente	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones y ambiente	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$ 7.000	2
Inferior a \$ 7.000	1

4.12.2.4 Descripción de activos a estudiar en base al RCM

Podemos notar que en la tabla 19 el inventario de pasarelas de embarque PBB en la cual se aplicará el RCM.

Tabla 4.16

Inventario de equipos PBB's

ITEM	UBICACIÓN	CODIGO EQUIPO	PCAIR	400HZ	USO
1	PLATAFORMA	LAP-PBB-13	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
2	PLATAFORMA	LAP-PBB-14	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
3	PLATAFORMA	LAP-PBB-15	DXU 90	140kVA	PASARELA DE EMBARQUE
4	PLATAFORMA	LAP-PBB-16	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
5	PLATAFORMA	LAP-PBB-17	DXU 90	140kVA	PASARELA DE EMBARQUE
6	PLATAFORMA	LAP-PBB-18	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
7	PLATAFORMA	LAP-PBB-19	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
8	PLATAFORMA	LAP-PBB-08	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
9	PLATAFORMA	LAP-PBB-09	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
10	PLATAFORMA	LAP-PBB-10	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
11	PLATAFORMA	LAP-PBB-11	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
12	PLATAFORMA	LAP-PBB-12	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
13	PLATAFORMA	LAP-PBB-20	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
14	PLATAFORMA	LAP-PBB-21	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
15	PLATAFORMA	LAP-PBB-22	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
16	PLATAFORMA	LAP-PBB-23	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
17	PLATAFORMA	LAP-PBB-24	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
18	PLATAFORMA	LAP-PBB-25	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE
19	PLATAFORMA	LAP-PBB-26	DXU 45	90kVA	PASARELA DE EMBARQUE

4.12.2.5 Descripción de manuales de activos

Dentro de los inventarios de las Pasarelas de embarque - PBB se tiene distribuido en dos fases: Fase I son 7 equipos PBB's (2002) y la Fase II son 13 PBB's (2009).

Figura 4.13

Inventario de manuales equipos PBB's

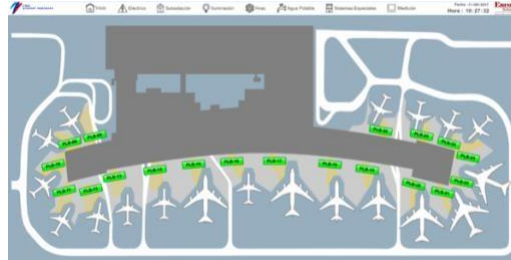
		INVENTARIO DE MANUALES DE LAS PASARELAS DE EMBRAQUE DE PASAJEROS		
ELABORADO: Stalin Azañero Villanueva		FECHA: 10/09/2017	MODIFICADO: 0	
EQUIPO	MARCA	INFORMACIÓN DEL MANUAL	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
PBB (13 - 19)	THYSSENKRUPP AIRPORT	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Algunos componentes del diseño original han sido cambiados
PBB (08- 12 y 20-26)	THYSSENKRUPP AIRPORT	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Manual al detalle
DXU 45	HOBART	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Componentes genuinos han sido reemplazados.
DXU 90	HOBART	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Componentes genuinos han sido reemplazados.
90kVA	HOBART	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Manual al detalle
140kVA	HOBART	Información general, especificaciones, instalación, mantenimiento, servicio, planos	1	Componentes genuinos han sido reemplazados.

4.12.2.6 Determinación del contexto operacional del equipo PBB

En la zona del Concourse se encuentran los equipos PBB's los cuales brindan servicio de embarque y desembarque de pasajeros.

Figura 4.14

Distribución de PBB's en el Aeropuerto



Los datos recopilados se organizan en fichas técnicas por dispositivo, mostrando las características y detalles.

Figura 4.15

Ficha técnica de equipo PBB Fase I


		FICHA TECNICA DE EQUIPO PBB FASE I	
DATOS GENERALES DEL EQUIPO			
EQUIPO	MARCA		
MARCA	THYSSEN KRUPP AIRPORT		
SERIAL	1350000352-02		
AÑO DE FABRICACIÓN	2008		
ACTIVO FIJO	540026		
CARACTERISTICAS			
EXTENSIÓN	45 m		
RETRACCIÓN	26.5 m		
ENTRADA	PROCESO	SALIDA	
Pasajeros	Embarca y desembarque de usuarios	Pasajeros	
Agua	Agua filtrada para consumo	Agua potable	
Aire	climatización de equipo y aeronave	PCAIR	
Energía a 480V	transformación de frecuencia	Energía a 400HZ	
UBICACIÓN			
Puesta de embarque N° 13 / EDIF-ZC-A310-02-SENAC-3112090			

Figura 4.16

Ficha técnica de equipo PBB Fase II

		FICHA TECNICA DE EQUIPO PBB FASE II	
DATOS GENERALES DEL EQUIPO			
EQUIPO	MARCA		
MARCA	THYSSEN KRUPP AIRPORT		
SERIAL	1350000474-06		
AÑO DE FABRICACIÓN	2008		
ACTIVO FIJO	102439		
CARACTERISTICAS			
EXTENCIÓN	43 m		
RETRACCIÓN	25.5 m		
ENTRADA	PROCESO	SALIDA	
Pasajeros	Embarca y desembarque usuarios		Pasajeros
Agua	Agua filtrada para consumo		Agua potable
Aire	Aire acondicionado de equipo		AIR
UBICACIÓN			
Puesta de embarque N° 20 / EDIF-ZC-A310-02-SEINT-3192010			

Además, en la tabla 4.13 se detallará los subsistemas de la PBB para identificarlos.

Tabla 4.17

Busqueda de los subsistemas del PBB

SUBSISTEMA	ELEMENTOS	FUNCIÓN
Agua potable	Agua, filtros de agua, equipo de cloración, electrobomba.	Proporciona de agua potable a la aeronave para los pasajeros.
PCAIR	Comprensoras, tablero, unidad manejadora, <i>fire damper</i> , válvulas.	Proporciona de climatización al túnel interior y exterior de la PBB.
400HZ	Trasformadores de frecuencia, tablero de control	Suministra de energía de 400HZ a la aeronave.
Hidráulico	Pistones, aceite, motores, electroválvulas.	Suministra de aceite a toda la PBB para poder realizar el traslado y elevación de la misma.
ADS	Pantalla de control, espejos de aproximación.	Parquea a la aeronave en su posición de estacionamiento en forma automática.
Energía & Controles	Lámparas, balastos, tablero de control, sensores de seguridad, cámara CCTV, tablero de control de energía, transformadores.	Proporciona iluminación, energía y seguridad a la PBB


4.12.2.7 Análisis de Criticidad

Ya encontrados los subsistemas de la PBB enumerados en la tabla 18, se continuo con la ponderación de los detalles para determinar la criticidad de cada subsistema.

La figura 4.11, nos informa sobre el análisis de criticidad de los subsistemas de las PBB's, donde se encuentra el subsistema con mayor jerarquía de criticidad, es el de "Energía & Controles" con una ponderación de 111, el subsistema que continua es el "PCAIR" con una jerarquía de 74 y con resultados minimos de criticidad son los subsistemas "400HZ", "agua potable", "Hidráulico" y ADS.

Figura 4.17

Evaluación de la criticidad de los subsistemas de las PBB's

		EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DE LAS PASARELAS DE EMBRAQUE DE PASAJEROS					
Área de Mantenimiento Sistemas Electromecánicos							HOJA 1 de 1
EQUIPO: Pasarela de Embarque de Pasajeros PBB				FECHA: 10/04/2021			
FUENTE DE INFORMACIÓN: Mesa de ayuda, registro de fallas, manual técnico							
REALIZADO POR: Stalin Azañero							
SUBSISTEMA	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SHE	Consecuencia	Criticidad total
Agua potable	1	7	2	1	3	18	18
PCAIR	2	7	4	1	8	37	74
400HZ	2	7	4	1	5	34	68
Hidráulico	2	7	4	1	5	34	68
ADS	1	7	2	1	3	18	18
Energía & Controles	3	7	4	1	8	37	111

4.12.2.8 Resultados del análisis de criticidad

El producto del análisis de criticidad se ubicaron los resultados en la matriz de criticidad, Consta de dos ejes, el eje 'x' que muestra los resultados y el eje 'y' que muestra la frecuencia de averias. Los subsistemas analizados se ordenan en una lista jerárquica del nivel de gravedad más alto al más bajo.

En la Tabla 4.10, está el resultado del análisis de criticidad en la Matriz general de criticidad para la PBB.

Figura 4.18

Resultado de análisis de criticidad en Matriz general

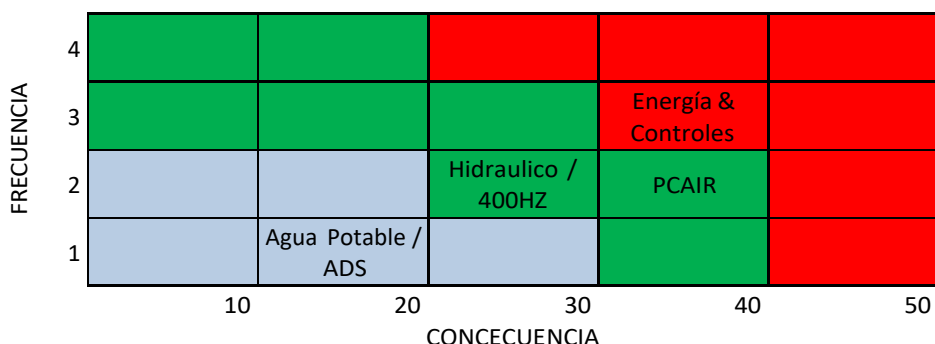


Figura 4.19

Lista jerarquizada de la PBB

SUBSISTEMA	CRITICIDAD
Agua potable	18
PCAIR	74
400HZ	68
Hidráulico	68
ADS	18
Energía & Controles	111

De este punto podemos observar que las fallas más comunes en las PBB's se encuentran en el subsistema "Energía & Controles".

4.13 Implementación y Ejecución de la propuesta

Para la implementar el RCM a nuestra propuesta de mejora se tienen que desarrollar las 8 fases de la misma.

4.13.1 Fase 0: Listado y codificado de equipos.

De la tabla 4.12 (Inventario de equipos PBB's) se muestra el número de activos con código asignado, asimismo en el punto 4.9.2.6 (Determinación del contexto operacional del equipo PBB) se desglosan el equipo en subsistemas que lo conforma, para su mayor análisis también se identificó el subsistema con mayor criticidad.

4.13.2 Fase 1: Listado de funciones y especificaciones

4.13.3 Fase 2: Determinación de Fallos funcionales y técnicos

4.13.4 Fase 3: Determinación de modos de Fallo

En la siguiente tabla se desarrollará la Fase 1, Fase 2 y Fase 3

Tabla 4.18

Fase 1, Fase 2 y Fase 3 de la utilización del RCM en el subsistema Control & Energía

PIEZAS	FUNCIONES	FALLOS FUNCIONALES Y TÉCNICOS	MODOS DE FALLO
Sensor magnético U1	Sensar el movimiento de la rotonda a velocidad lenta tanto a la derecha como a la izquierda	Detiene la PBB	Descalibrado, bobina fuser
Sensor magnético U2	Sensar el movimiento de la rotonda a una altura determinada	Detiene la PBB	Descalibrado, bobina fuser
Fin de Carrera U3	Parada de seguridad de la traslación	Detiene la PBB	Bobina fuser, desgaste de piezas
Cámara de video	Brinda control al área de servicio de la PBB para su traslado	Visualización deficiente	Cable de video deteriorado.
Potenciómetro de giro de rotonda	Medir el Angulo de giro de la rotonda de PBB	Deshabilita el auto parking	Cable de acero de rotonda quebrado, Descalibrado
Sensor inductivo S1	Sensar el movimiento del túnel a velocidad lenta tanto a la derecha como a la izquierda	Detiene la PBB	Descalibrado, bobina fuser
Sensor inductivo S2	Sensar el movimiento del túnel a una altura determinada	Detiene la PBB	Descalibrado, bobina fuser
Fin de Carrera S3	Parada de seguridad de la traslación del túnel	Detiene la PBB	Bobina fuser, desgaste de piezas
Cadena de Giro de cabina	Realizar el giro de cabina según la operación	Detiene la PBB	Eslabón suelto, cadena rota
Motor de capota	Hacer que la capota hermetice el ingreso el contacto de la PBB con la aeronave	Deshabilita el acoplamiento a la aeronave	Aislamiento de bobina bajo, rodamientos desgastados
Brazo auto nivelador	Hacer que la PBB siempre este alineado a la aeronave	Deshabilita el acoplamiento a la aeronave	Bobina de motor con bajo aislamiento,

4.13.5 Fase 4: Análisis de la criticidad y gravedad de los fallos

Se desarrollará en la Tabla 23

4.13.6 Fase 5: Decisión de las medidas preventivas

Se desarrollará en la Tabla 23

4.13.7 Fase 6: Junta de medidas preventivas luego del análisis de criticidad

En la siguiente tabla se desarrollará la Fase 4, Fase 5 y Fase 6

Tabla 4.19

Fase 4, Fase 5 y Fase 6 de la implementación del RCM en el subsistema Control & Energía

Nº	MODOS DE FALLO	ANÁLISIS DE GRAVEDAD DE LOS FALLOS Y CRITICIDAD			DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS			AGRUPACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS SEGÚN CRITICIDAD	TIEMPO ESTIMADO PARA REALIZAR LAS ACTIVIDADES.
		1	3	5	MEDIDAS	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO		
1	Descalibrado, bobina fuser			X	Revisión	7	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	2,3,4	10 min
2	Descalibrado, bobina fuser			X	Revisión	7	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	1,3,4	10 min
3	Bobina fuser, desgaste de piezas			X	Inspección	7	Se inspeccionara final de carrera y accionamiento	1,2,4	5 min
4	Cable de video deteriorado.	X			Inspección	7	Se inspeccionara pantalla de CCTV y cableado de equipo	1,2,3	5 min
5	Cable de acero de rotonda quebrado, Descalibrado	X			Revisión	15	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se inspeccionara cable acerado		15 min
6	Descalibrado, bobina fuser			X	Revisión	7	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	7	10 min
7	Descalibrado, bobina fuser			X	Revisión	7	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	6	10 min
8	Bobina fuser, desgaste de piezas			X	Inspección	7	Se inspeccionara final de carrera y accionamiento	-	5 min
9	Eslabón suelto, cadena rota		X		Inspección	7	Se inspeccionara la cadena y engrasara puntos los puntos de contacto	-	5 min
10	Aislamiento de bobina bajo, rodamientos desgastados	X			Revisión	15	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	11	15 min
11	Bobina de motor con bajo aislamiento,			X	Revisión	15	Se probara que los parámetros del sensor estén calibrados y se probara aislamiento	10	15 min

CRITICIDAD DE FALLOS	SUSTENTO	TIEMPO TOTAL PARA REALIZAR LAS ACTIVIDADES
1	Se considera “1” cuando el modo de fallo es sencillo y no genera parada de línea y puede ser corregido/ supervisado sin necesidad de incurrir en horas de parada.	
2	Se considera “3” cuando el modelo de fallo requiere parar planta pero se dispone de los repuestos en almacén o de lo contrario existen repuestos localmente.	330 min
3	Se considera “5” cuando el modo de fallo es complicado y no se tienen repuestos localmente para solucionarlo y se tiene que parar planta hasta importar repuestos originales.	


4.13.8 Fase 7: Puesta en marcha del plan de Mantenimiento basado en la fiabilidad

Estrategia de mantenimiento comunicación con los empleados relevantes con anticipación para garantizar la implementación exitosa del sistema creado. Todo esto se divulgará en los cursos de capacitación se debe realizar de acuerdo con los descrito en el anexo de curso de PBB.

Por otro lado, la planificación de mantenimiento preventivo centrado en la fiabilidad de las pasarelas de embarque para aumentar la disponibilidad de los equipos PBB's, de acuerdo con su frecuencia, tipo y listado de actividades y buenas prácticas.

Figura 4.20

Actividades de mantenimiento en PBB - Diario

LIMA AIRPORT PARTNERS																												
Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : PBB																												
Frecuencia de mantenimiento/Inspección : Diario																												
OK = Conforme		NC = No conforme	NA = No aplica M= Mantenimiento INS = Inspección																									
ACTIVIDADES	PASARELAS DE EMBARQUES																											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26									
Escalera de servicio operativa, garruchas lubricadas																												
Puerta de servicio abre y cierra correctamente																												
Luces interiores operativas (Cabina, túnel, rotonda)																												
Reflectores exteriores operativos																												
Luces estroboscópicas operativas																												
Teléfono operativo																												
Monitor y cámaras de video operativos																												
Magelis operativa y sin alarmas																												
Revisión de histórico de alarmas (Críticas)																												
Sirenas y Buzzer operativas																												
Pulsadores de pupitre en buen estado																												
Portón enrollable y cinta operativos																												
Cinemática operativa y sin daños																												
Brazo autonivelador operativo																												
Posición del Parking, rodillos y peines limpios																												
Panel control SCI sin alarmas																												
Detectores de humo operativos																												
Operatividad de los Split de cabina y rotonda																												
Filtros de aire de split limpios																												
PCA operativo - sin alarmas																												
Final de carrera de carro porta manguera																												
Equipo de 400 Hz operativo - sin alarmas																												
Motor cable Hoist operativo																												
Grilletes y abarzaderas de cables en buen estado																												
Grupo hidráulico sin fugas																												
Superficie limpia y sin óxido																												
Barra protectora de ruedas en buen estado																												
Rueda maciza en buenas condiciones																												


OBSERVACIONE		
Técnico que realizó la actividad: _____ Firma: _____ Fecha: _____		

Figura 4.21

Actividades de mantenimiento de PBB – 4 Meses

LIMA AIRPORT PARTNERS

Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : **Mantenimiento PBB**
 Frecuencia de mantenimiento/Inspección : **4 Meses**
 OK = Conforme NC = No conforme NA = No aplica M = Mantenimiento INS = Inspección



ACTIVIDADES	PASARELAS DE EMBARQUES																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Sistema Mecánico / Hidráulico																			
Limpieza y el engrase de los rodillos, rodamientos y cojinete																			
Limpieza y lubricación de carrilera interior.																			
Limpieza y el engrase de las cadenas de sincronismo en cabina y rotonda.																			
Comprobación de funcionamiento del sistema hidráulico y de traslación.																			
Comprobación de funcionamiento del sistema de giro cabina, rotonda y sistema cinemático.																			
Comprobación del funcionamiento de la manga y de sus seguridades.																			
Sistema Eléctrico																			
Limpieza de los componentes eléctricos en armarios, pupitre y cuadros eléctricos																			
Ajuste a tornillería de componentes eléctricos.																			
Comprobó el estado de luces interiores y exteriores.																			
Realizó la verificación de funcionamiento de los sensores y sistema de seguridad.																			
Sistema 400Hz																			
Limpieza de los componentes del sistema 400hz																			
Pruebas de funcionamiento convertidor 400HZ.																			
Sistema PCAIR																			
Limpieza de los componentes del los equipos del sistema de aire acondicionado																			
Pruebas de funcionamiento de PCAir																			
Sistema Agua																			
Limpieza de los componentes del los equipos y distribución del sistema de Agua Potable																			
Pruebas de funcionamiento del sistema agua potable																			
Sistema ADS																			
Limpieza de los componentes del los equipos del sistema de camaras																			
Pruebas de funcionamiento del ADS																			

OBSERVACIONES _____

Técnico que realizó la actividad: _____ Firma: _____ Fecha: _____

Figura 4.22

Inspecciones de mantenimiento de PBB – 4 meses

LIMA AIRPORT PARTNERS				
Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : Mantenimiento PBB Frecuencia de mantenimiento/Inspección : 4 Meses OK = Conforme NC = No conforme NA = No aplica M = Mantenimiento INS = Inspección				
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	UBICACIÓN	RVS	ANOMALÍA
Comprobación De Puerta Servicio.	Comprobacion De Estado, Fijaciones Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion Del Brazo De Autonivelacion	Verificar Funcionamiento Y Giro De Rueda	Cabina		
Comprobar Funcionamiento De Brazo Autonivelacion.	Comprobar Estado Y Correcto Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Zapata De Seguridad	Verificar Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Capota	Comprobar Fijaciones Y Verificar Daños	Cabina		
Comprobacion Cinematica De Capota	Comprobar Funcionamiento Y Estado, Motores, Cintas,	Cabina		
Comprobación Portón Enrollable En Cabina	Comprobar Estado Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobación Consola De Control.	Funcionamiento Magelis	Cabina		
	Estado Y Funcionamiento De Joystick, Pulsadores Y Llaves	Cabina		
	Lámparas Señalización Y Alarmas	Cabina		
	Funcionamiento Monitor Y Cámara De Video.	Cabina		
Comprobar Sistema Prioridad De Retorno	Comprobar Funcionamiento	Cabina		
Comprobar Sensores	Comprobar Ultrasonidos, Inductivos, Fococelulas,	Cabina		
Comprobar Sirenas (Movimiento Y Alarmas)	Comprobar Fijaciones Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Suelo Basculante	Comprobar Estado Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobar Estado Armario Electrico Y Pupitre.	Verificar Limpieza Y Estado De Sus Componentes	Cabina		
Comprobar Sistema Del Grupo Hidraulico.	Comprobar Valvulas, Fugas De Aceite Y Rendimiento General	Elevación		
Comprobacion De Motor Del Sistema De Elevacion	Comprobar Operación Suave Y Silenciosa, Verificar Soportes	Elevación		
Comprobar Filtro De Aceite Del Grupo Hidraulico.	Cambio De Filtro (Anual)	Elevación		
Comprobación Escalera Servicio.	Comprobar Estado Fijaciones Y Ruedas	Escal. Servicio		
Comprobar Sistema De Traslacion	Comprobar Reductores, Fijaciones, Ruidos	Traslación		
Comprobacion De Motores De Traslacion	Revision Completa Del Sistema Y Correcto Funcionamiento	Traslación		
Comprobar Estado De Rueda	Comprobar Estado	Traslación		
Comprobar Bandas Para-Golpes En Sistema De Traslación	Comprobar Funcionamiento	Traslación		
Comprobación De Límites De Giro Ruedas	Verificar Ajuste De Finales De Carrera E Inductivos	Traslación		
Comprobar Persiana En Cabina Y Rotonda.	Verificar Tension De Persiana Y Engrase Y Tension De Cadenas	Exterior		
Engrasar Rodillos Y Ruedas Dentadas De Sistema Giro Cabina	Limpieza Y Engrase	Exterior		
Comprobacion De Motor Y Reductor De Giro De Cabina	Comprobar Estado Y Correcto Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Finales De Carrera Suelo Basculants	Comprobar Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Sensores De Contacto Con Avion	Comprobar Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Inductivos. Giro Cabiana	Verificar Funcionamiento Inductivos Giro Cabina	Túnel exterior		
Comprobar Sistema De Viga Portacables	Comprobar Fijaciones Y Estado De Cables En Viga	Túnel exterior		
	Comprobar Fijaciones Traseras De Viga Portacables	Túnel exterior		
	Comprobar Carriles De Soporte Y Roldanas De Telescopaje	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Exterior.	Verificar Alumbrado Escalera De Servicio Y Reflectores	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Exterior.	Verificar Alumbrado Luces De Gálbo Y Estroboscópicas	Túnel exterior		
Comprobación De Inductivos Y Finales De Carrera En Rotonda	Verificar Funcionamiento	Túnel exterior		
Engrase De Puntos De Giro En Rotonda	Engrase De Rodamiento De Rotonda	Túnel exterior		
Limpieza Y Engrase De Rodillos En Túnel A - B	Engrase De Conjuntos Y Rodamientos	Túnel exterior		
Engrasar Guías Exteriores De Rodadura En Túnel A	Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Engrasar Guías Interiores De Rodadura En Túnel B	Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Comprobar Engrase En Tubos Interiores De Elevacion	Verificar Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Comprobación De Finales De Carrera E Inductivos	Final De Carrera De Extensión, Retracción E Inclinacion	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Interior.	Verificar Alumbrado Normal.	Túnel interior		
Comprobación Iluminación Interior.	Verificar Alumbrado Emergencia.	Túnel interior		
Comprobar Pulsadores De Luz Interiores Y Exteriores.	Comprobar Funcionamiento Y Fijaciones	Túnel interior		
Comprobación De Paneles Interiores Y Rampas	Comprobacion Visual Y Fijaciones	Túnel interior		
Limpieza Filtros Equipos Aire Acondicionado.	Verificar Limpieza	Túnel interior		
Comprobacion De Suelos De Goma En Tuneles	Comprobar Daños Y/O Desgaste En Pisos Interiores	Túnel interior		
Comprobar Equipos Aire Acondicionado / Pc Air.	Comprobar Funcionamiento	PCAir		
Comprobar Estado De Mangueras	Revisar Fugas De Aire Y Ajuste Correcto	PCAir		
Comprobar Estado De Puertas Y Paneles	Comprobar Estado	PCAir		
Comprobar Estado De Filtro De Aire	Revisar Filtro Sin Obstrucciones Y Libre De Suciedad	PCAir		
Comprobar Niveles De Aceite Y Refrigerante	Realizar La Prueba Visual	PCAir		
Comprobar Estado De Tablero Electrico	Revisar Estado De Sus Componentes Y Ajustes	PCAir		
Comprobar Estado De Motores Y Ventiladores	Comprobar Correcto Funcionamiento	PCAir		
Verificar Carro Portamangueras	Comprobar Su Estado	PCAir		
Comprobar Estado De Botonera De Control	Verificar Funcionamiento De La Botonera De Control	PCAir		
Comprobar Estado De La Bomba De Condensado	Verificar Correcto Funcionamiento	PCAir		
Comprobar Equipos Convertidor De Frecuencia	Verificar Correcto Funcionamiento	400 Hz		
Comprobar Estado De Los Cables	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Circuitos Impresos	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Lámparas	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Ventiladores	Verifica Funcionamiento Y Limpieza	400 Hz		
Comprobar Estado Del Motor Cable Hoist	Verificar Estado Y Funcionamiento Del Motor	400 Hz		
Comprobar Estado De Botonera De Control	Verificar Estado Y Funcionamiento	400 Hz		
Comprobacion Estado De Pintura	Verificar Daños En La Pintura	PLB		
Comprobar Estado De Tableros De Energia	Comprobar Estado De Sus Componetes	PLB		

OBSERVACIONES		
Técnico que realizó la actividad:	Firma:	Fecha:

Figura 4.23

SIPOC de Mantenimiento Preventivo basado en la confiabilidad de las PBB's

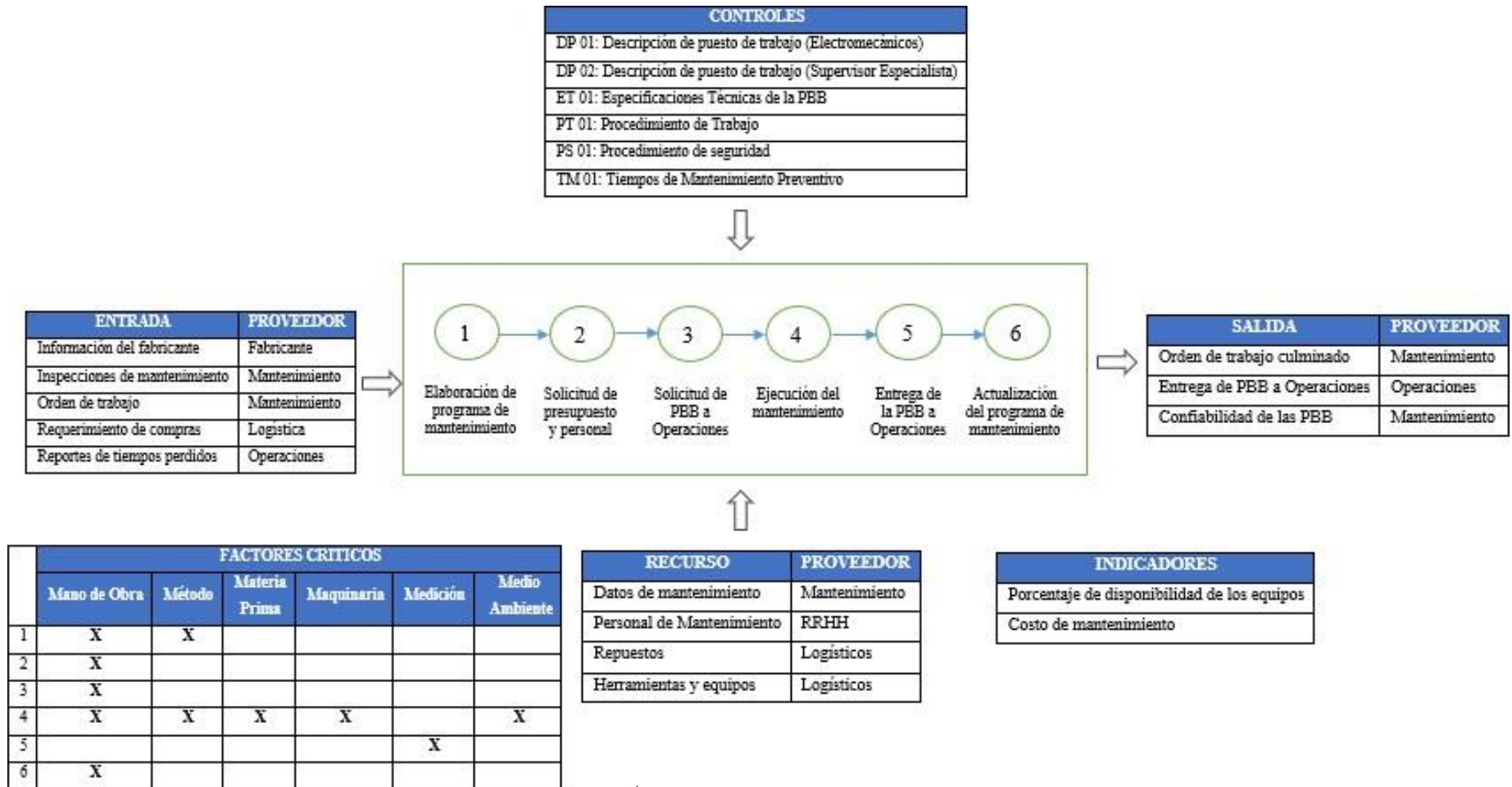


Tabla 4.20*Matriz de definiciones de las entradas*

ENTRADA	PROVEEDOR	REQUERIMIENTOS
Información del fabricante	Fabricante	<ul style="list-style-type: none"> Indica las especificaciones Forma de realizar el mantenimiento
Inspecciones de mantenimiento	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Los trabajos a realizar Verificaciones de subsistemas
Orden de trabajo	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Fecha, tiempo de las actividades a realizarse
Requerimiento de compras	Logística	<ul style="list-style-type: none"> Descripción de repuestos y/o insumos
Reportes de tiempos perdidos	Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> Data histórica de los equipos. Revisión de los reportes

Tabla 4.21*Matriz de definiciones de recursos*

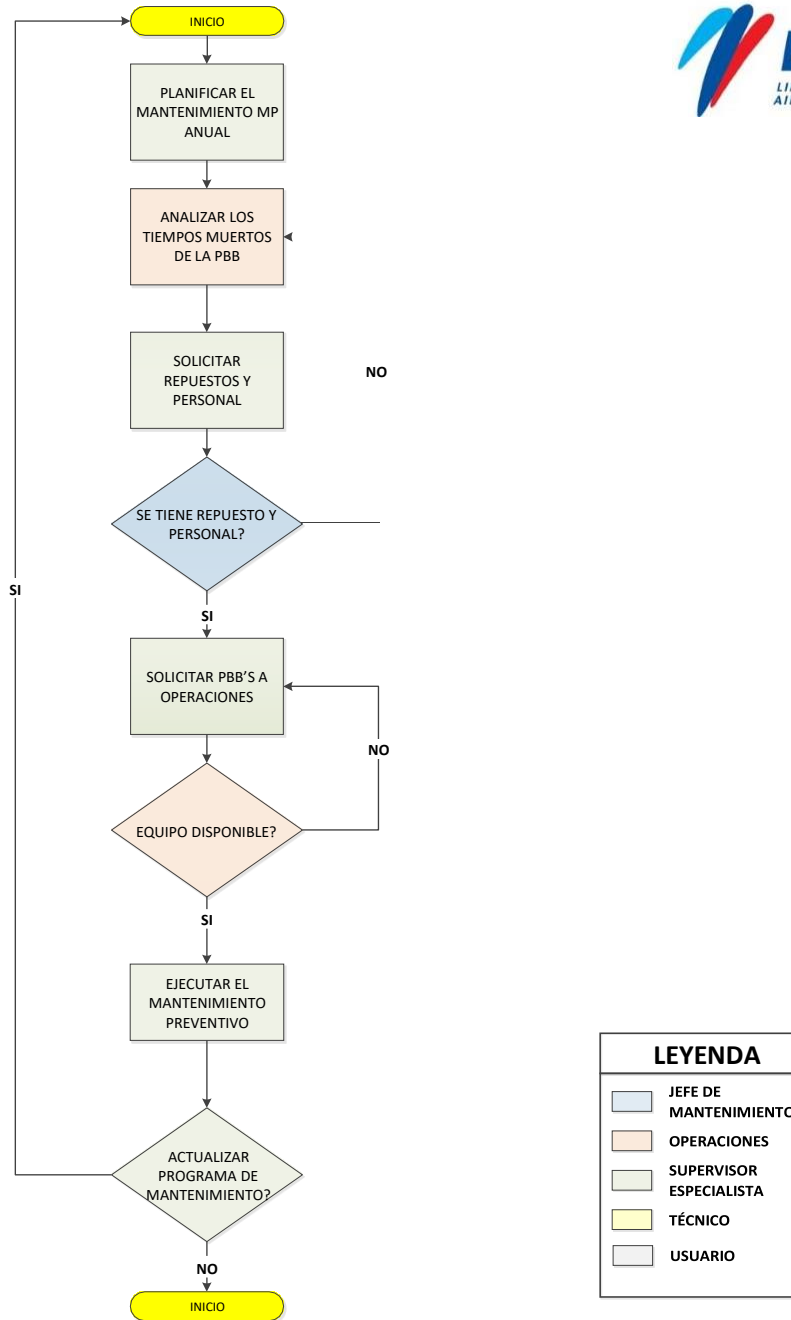
RECURSOS	PROVEEDOR	REQUERIMIENTOS
Datos de mantenimiento	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Información del estado de los equipos
Personal de Mantenimiento	RRHH	<ul style="list-style-type: none"> Con estudios técnicos y calificados
Repuestos	Logísticos	<ul style="list-style-type: none"> Descripción, según las especificaciones técnicas de la PBB
Herramientas y equipos	Logísticos	<ul style="list-style-type: none"> Descripción, según las especificaciones técnicas

Tabla 4.22*Matriz de definiciones de Salidas*

SALIDA	CLIENTE	REQUERIMIENTOS
Orden de trabajo culminado	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Sin ningún trabajo pendiente
Entrega de PBB a Operaciones	Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> En el tiempo establecido sin demoras.
Confiabilidad de las PBB	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Maquina operativa

Figura 4.24

Diagrama de Flujo del proceso del mantenimiento Preventivo



Como se puede observar en el diagrama de flujo, el inicio del proceso se dará con la planificación del mantenimiento para lo cual se determinó que este se desarrollará cuatrimestremente, para lo cual se solicitará personal, repuesto y parada de equipo a operaciones por un lapso de 10 horas cada 4 meses, cabe resaltar que la inspección diaria que desarrollará la parte

técnica también estará considerada dentro de esta. Finalmente, el mantenimiento preventivo se dará de la siguiente manera:

Figura 4.25

Cronograma del mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad

Grupo	Descripción	Und	Cant. Equipo	Frecuencia	Mes												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ELEM	Equipos de transporte de Pasajeros - PBB (Puente para embarque de pasajeros)																
ELEM	Inspecciones diarias	und.	19	Diarias													
ELEM	Mantenimiento preventivo PM4	und.	19	Cuatrimstral													
ELEM	Mantenimiento preventivo PM8	und.	19	Cuatrimstral													
ELEM	Mantenimiento preventivo PM12	und.	19	Cuatrimstral													

También es importante considerar la ficha del proceso con la cual se podrá determinar las responsabilidades a los asociados del mantenimiento.

Figura 4.26

Ficha de Procesos

PROCESO	Mantenimiento de Pasarelas de Embarque	DUEÑO	MANTENIMIENTO
OBJETIVO	Realizar los mantenimientos preventivos a los PBB's		
ALCANCE	Inicio: elaboración del programa de mantenimiento		
	Comprende: Elaboración del programa de MP solicitud del presupuesto, solicitud de PBB, ejecución del mantenimiento, entrega del equipo y actualización del programa		
	Fin: Actualización del programa de mantenimiento		
ENTRADAS		PROVEEDORES	SALIDA
Información del fabricante		Fabricante	Orden de trabajo culminado
Inspección del Mantenimiento		Personal de mantenimiento	Entrega de PBB- Operaciones
Reportes de tiempos		Operaciones	Confiabilidad de las PBB's
Orden de trabajo y requerimientos de compra		Logística	
MECANISMOS DE CONTROL		INDICADORES	
DP01: Descripción de puesto de trabajo (Electromecánicos)		Porcentaje de disponibilidad de los equipos. Costo de mantenimiento	
DP 02: Descripción de puesto de trabajo (Supervisor)			
ET 01: Especificaciones Técnicas de la PBB			
PT 01: Procedimiento de Trabajo			
PS 01: Procedimiento de seguridad			
TM 01: Tiempos de Mantenimiento Preventivo			

Luego de conocer las actividades que se deben llevar a cabo a cada equipo o máquina y la rutina a seguir sea diaria y cuatrimestral se procede a

V Resultados

5.1 Resultados descriptivos

Se elaboró el análisis descriptivo de la variable independiente y la variable dependiente con sus respectivas dimensiones tomado de la ficha de recolección de datos pre y pos-test del plan de mantenimiento Preventivo.

a. Identificación de sistemas críticos: Dimensión 2 de la variable independiente

El resultado de la variable de identificación del sistema crítico es el producto de la tasa de fallas y el número total de consecuencias. Por lo tanto, los datos de la variable de identificación del sistema crítico de 2019 y 2021 se registrarán en el formulario de recopilación de datos de pre-test y post-test del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.1

Identificación de sistemas críticos

Reporte	Año	Subsistema	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Identificación de sistemas críticos				Promedio (Criterios de ponderación)
						Costo de mantenimiento (S/.)	Impacto SHE	Consecuencia	Criticidad total	
Pretest	2019	Agua potable	1	7	2	1	3	18	18	60
		PCAIR	2	7	4	1	8	37	74	
		400HZ	2	7	4	1	5	34	68	
		Hidráulico	2	7	4	1	5	34	68	
		ADS	1	7	2	1	3	18	18	
		Energía & Controles	3	7	4	1	8	37	111	
Postest	2021	Agua potable	1	4	1	1	1	6	6	17
		PCAIR	1	4	2	1	5	14	14	
		400HZ	1	4	2	1	3	12	12	
		Hidráulico	1	4	2	1	3	12	12	
		ADS	1	4	1	1	1	6	6	
		Energía & Controles	2	4	4	1	8	25	50	

Después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa Airport Partners S.R.L., se puede observar en la tabla 5.1, en el pretest de identificación de sistemas críticos tiene un promedio de 60 y el postest de 13, eso significa que hubo una reducción de 47 del índice de criticidad.

Figura 5.1

Identificación de Sistemas Críticos

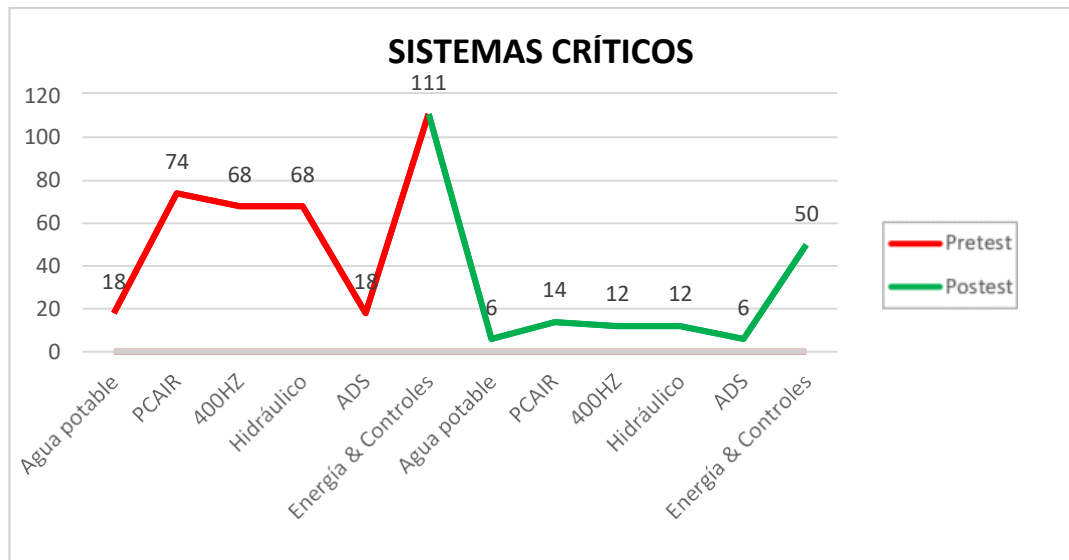


Tabla 5.2

Estadístico descriptivo de identificación de Sistemas Críticos

		Estadísticos	
		CRITICIDAD. PRETEST	CRITICIDAD. POSTEST
N	Válido	6	6
	Perdidos	6	6
Media		59,50	16,67
Moda		18 ^a	6 ^a
Desv. Desviación		35,921	16,669
Varianza		1290,300	277,867
Rango		93	44

En la tabla 5.2 se aprecia los siguientes resultados estadísticos descriptivos de la variable identificación de sistemas críticos.

Media: El promedio de identificación de sistemas críticos pretest es de 59.50 y posttest es de 16.67, durante un periodo de 12 meses.

Moda: El valor con una mayor frecuencia de identificación de sistemas críticos pretest es de 18 y posttest es de 6.

Desv. Desviación: La dispersión de identificación de sistemas críticos pretest es de 35.921 y posttest de 16.669.

Rango: Con respecto a la longitud de alcance del valor mínimo a máximo de identificación de sistemas críticos pretest es 93 y posttest es 44

b. Diagnóstico de costos de mantenimiento: Dimensión 1 de la variable independiente

El resultado de la variable Diagnóstico de costos de mantenimiento, se calculo con la suma de costos de las reparaciones por falla imprevista, costos por inspección no programada, costos por mantenimiento programado y costo por lucro Cesante.

Por ende, luego de obtener la información del pre y posttest del plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad de la variable diagnóstico de costos de mantenimiento del año 2019 y 2021 registrados en la ficha de recolección de datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.3*Resultados de diagnóstico de costos de Mantenimiento*

Reporte	Mes	Diagnóstico de costos de mantenimiento					Sub - Total(S/.)	Total
		Costo de reparación por falla imprevista MR (S/.)	Costo por inspección no programada (S/.)	Costo por mantenimiento programado (S/.)	Costo por lucro Cesante (S/.)			
Pretest	Ene-19	2190	15	50	13200	15455	179078	
	Feb-19	1460	15	0	13200	14675		
	Mar-19	3575	22.5	30	3300	6928		
	Abr-19	1445	15	0	6600	8060		
	May-19	4305	30	50	11000	15385		
	Jun-19	2160	7.5	0	1100	3268		
	Jul-19	1490	22.5	30	13200	14743		
	Ago-19	775	15	0	11000	11790		
	Set-19	4395	30	0	26400	30825		
	Oct-19	3620	15	0	6600	10235		
	Nov-19	4365	15	30	24200	28610		
	Dic-19	1475	30	0	17600	19105		
Postest	Ene-21	0	7.5	75	4400	4483	57025	
	Feb-21	790	0	0	2200	2990		
	Mar-21	0	7.5	75	4400	4483		
	Abr-21	760	15	0	4400	5175		
	May-21	0	0	105	4400	4505		
	Jun-21	775	0	0	1100	1875		
	Jul-21	0	7.5	105	4400	4513		
	Ago-21	760	15	0	6600	7375		
	Set-21	0	0	75	4400	4475		
	Oct-21	775	15	0	6600	7390		
	Nov-21	0	7.5	105	4400	4513		
	Dic-21	775	0	75	4400	5250		

Después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa Airport Partners S.R.L., se puede observar en la tabla 5.3 en el pretest índice del diagnóstico de costos de mantenimiento tiene un total de 179078 y el postest de 57025 eso significa que hubo una reducción de 75%.

Figura 5.2

Diagnóstico de costos de mantenimiento

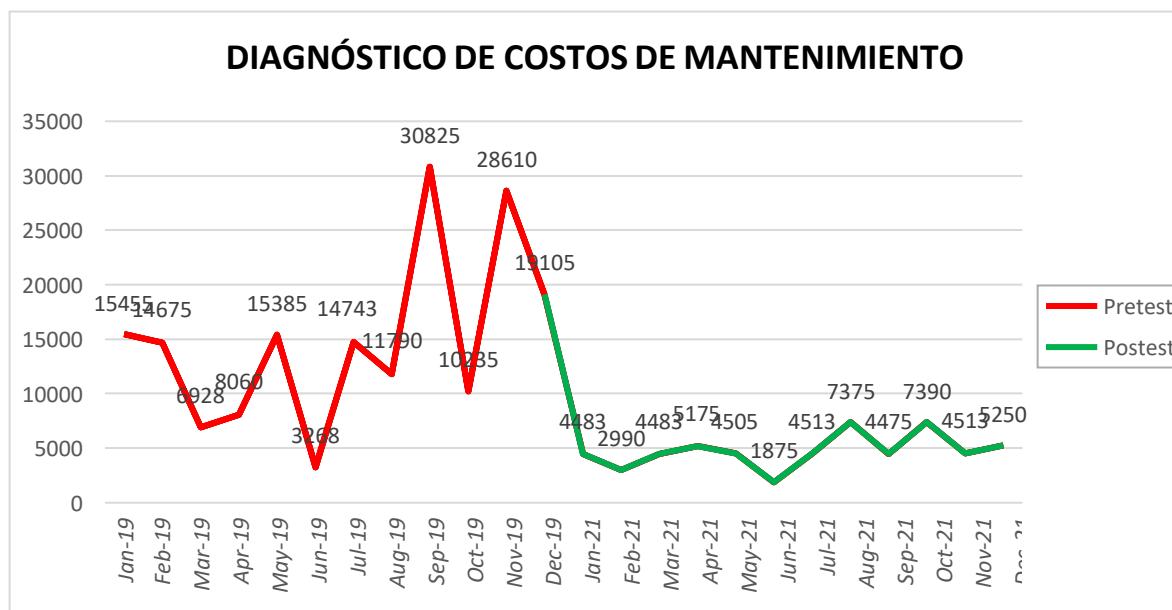


Tabla 5.4

Estadístico descriptivo de diagnóstico de Costos de Mantenimiento

		Estadísticos	
		D.COSTOS. DE MANT. PRETEST	D.COSTOS. DE MANT. POSTEST
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		14923,25	4752,25
Mediana		14709,00	4509,00
Moda		3268 ^a	4483 ^a
Desv. Desviación		8185,019	1538,730
Varianza		66994538,20	2367689,114
Rango		27557	5515

En la tabla 5.4 se aprecia los siguientes resultados estadísticos descriptivos de la variable diagnóstico de costos de mantenimiento.

Media: El promedio de identificación del diagnóstico de costos de mantenimiento pretest es de 14923.25 y postest es de 4752.25, durante un periodo de 12 meses.

Moda: El valor con una mayor frecuencia del diagnóstico de costos de mantenimiento pretest es de 3268 y postest es de 4483.

Desv. Desviación: La dispersión de diagnóstico de costos de mantenimiento pretest es de 8185.019 y postest de 1538.730.

Rango: Con respecto a la longitud de alcance del valor mínimo a máximo del diagnóstico de costos de mantenimiento pretest es 27557 y postest es 5515.

e. Disponibilidad – variable dependiente

El resultado de la variable disponibilidad es el producto del tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio para reparar.

Por ende, luego de obtener la información del pre y postest del plan de mantenimiento preventivo de la variable disponibilidad del año 2019 y 2021 registrados en la ficha de recolección de datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.5

Porcentaje de Disponibilidad

Reporte	Mes	Disponibilidad			
		Tiempo promedio entre fallas (horas)	Tiempo promedio para reparar (horas)	Disponibilidad	Promedio
Pretest	Ene-19	17	8	68%	70%
	Feb-19	14	7	67%	
	Mar-19	19	7	74%	
	Abr-19	25	12	68%	
	May-19	18	7	71%	
	Jun-19	16	7	69%	
	Jul-19	16	9	62%	
	Ago-19	21	9	71%	
	Set-19	20	8	71%	
	Oct-19	24	8	75%	
	Nov-19	16	7	69%	
	Dic-19	24	8	75%	
Postest	Ene-21	67	5	93%	93%
	Feb-21	60	6	91%	
	Mar-21	67	6	92%	
	Abr-21	70	6	92%	
	May-21	64	5	93%	
	Jun-21	76	6	93%	
	Jul-21	63	5	93%	
	Ago-21	67	5	93%	
	Set-21	74	6	93%	
	Oct-21	81	5	94%	
	Nov-21	90	5	94%	
	Dic-21	83	5	95%	

Después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa Airport Partners S.R.L., se puede observar en la tabla 5.5 en el pretest la disponibilidad tiene un promedio de 70% y el postest de 93%, eso significa que hubo un incremento de 23%.

Figura 5.3

Porcentaje de Disponibilidad

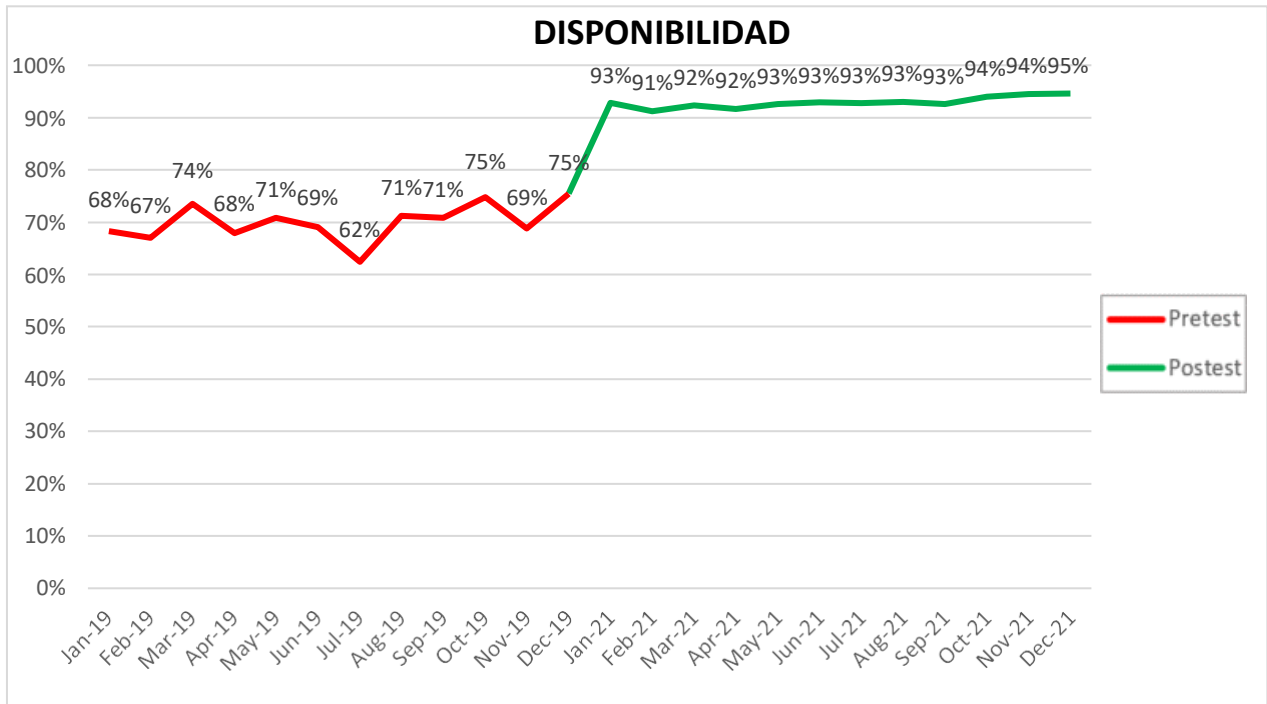


Tabla 5.6

Estadístico descriptivo de la Disponibilidad

		DISPONIBILIDAD. PRETEST	DISPONIBILIDAD. POSTEST
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		70,00	93,00
Moda		71	93
Desv. Desviación		3,717	1,044
Varianza		13,818	1,091
Rango		13	4

En la tabla 5.6 se aprecia los siguientes resultados estadísticos descriptivos de la variable dependiente disponibilidad

Media: El promedio de la disponibilidad pretest es de 70.00 y posttest es de 93.00, durante un periodo de 12 meses.

Moda: El valor con una mayor frecuencia de la productividad pretest es de 71 y posttest es de 93.

Desv. Desviación: La dispersión de la productividad pretest es de 3.717 y posttest de 1.044.

Rango: Con respecto a la longitud de alcance del valor mínimo a máximo de disponibilidad pretest es 13 y posttest es 4

f. Confiabilidad – Dimensión 1 de la variable dependiente

Es el resultado del tiempo disponible de los equipos entre la diferencia del tiempo de paradas y el número de averías de los equipos.

Tabla 5.7

Resultado de la confiabilidad

Reporte	Mes	Confiabilidad				Promedio
		Tiempo disponible total(horas)	Tiempo total de paradas	Número de fallas	Tiempo promedio entre fallas	
Pretest	Ene-19	1732	550	70	17	19
	Feb-19	1745	575	82	14	
	Mar-19	1740	460	68	19	
	Abr-19	1760	565	48	25	
	May-19	1780	520	70	18	
	Jun-19	1710	530	76	16	
	Jul-19	1730	650	69	16	
	Ago-19	1720	495	57	21	
	Set-19	1750	510	61	20	
	Oct-19	1725	435	53	24	
	Nov-19	1715	535	72	16	
	Dic-19	1710	420	54	24	
Postest	Ene-21	1940	140	27	67	72
	Feb-21	1945	145	30	60	
	Mar-21	1948	150	27	67	
	Abr-21	1990	167	26	70	
	May-21	1950	145	28	64	
	Jun-21	1970	140	24	76	
	Jul-21	1900	138	28	63	
	Ago-21	1935	136	27	67	
	Set-21	1925	143	24	74	
	Oct-21	1990	120	23	81	
	Nov-21	1995	110	21	90	
	Dic-21	1935	105	22	83	

Después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo en la empresa Airport Partners S.R.L., se puede observar en la tabla 5.9 en el pretest el tiempo promedio de reparación de los activos tiene un promedio de 19 horas y el posttest de 72 horas, eso significa que es el tiempo que transcurre para una posible avería o falla del equipo.

Figura 5.4

Confiabilidad

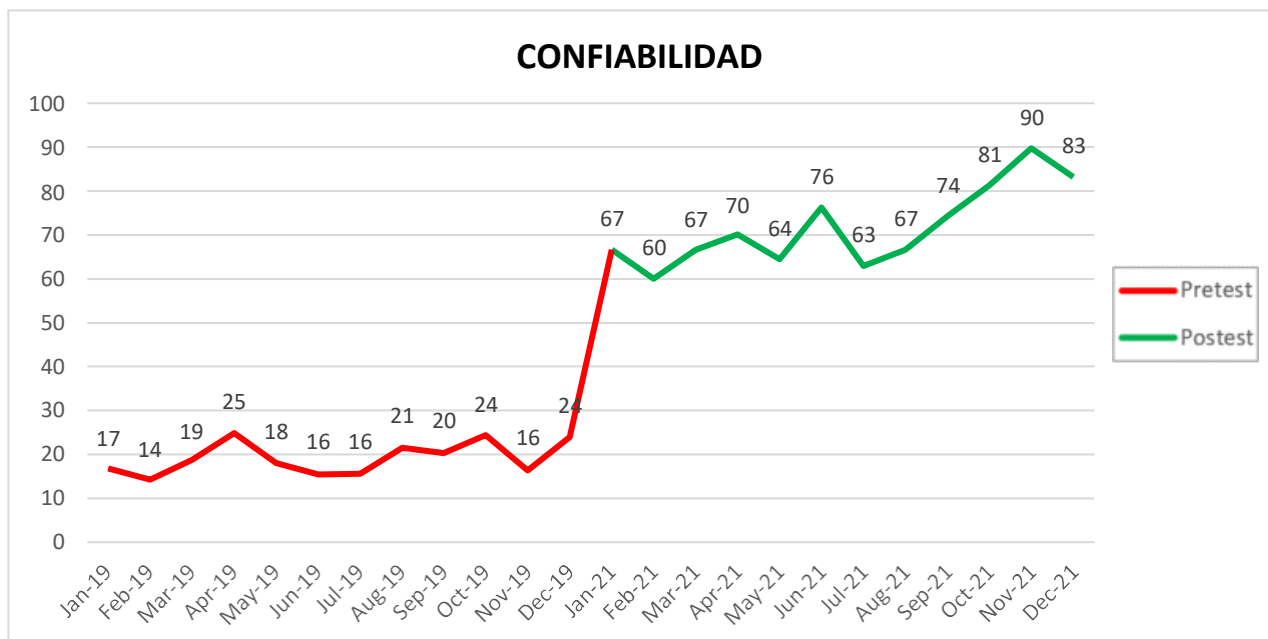


Tabla 5.8

Estadístico descriptivo de la confiabilidad

		Estadísticos	
		CONFIABILID AD.PRETEST	CONFIABILID AD.POSTEST
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		19,17	71,83
Moda		16	67
Desv. Desviación		3,664	9,114
Varianza		13,424	83,061
Rango		11	30

En la tabla 5.8 se aprecia los siguientes resultados estadísticos descriptivos de la confiabilidad

Media: La disponibilidad pretest es de 19.17 y posttest es de 71.83, durante un periodo de 12 meses.

Moda: El valor con una mayor frecuencia de la confiabilidad pretest es de 16 y posttest es de 67.

Desv. Desviación: La dispersión de la confiabilidad pretest es de 3.664 y posttest de 9.114.

Rango: Con respecto a la longitud de alcance del valor mínimo a máximo de la confiabilidad pretest es 11 y posttest es 30

g. Mantenibilidad– Dimensión 2 de la variable dependiente

Es el resultado de la siguiente formula $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$, siendo:

e = Base de los logaritmos neperianos (e = 2.718).

μ = Tasa de reparaciones o núm. de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

T = Tiempo previsto de reparación.

Tabla 5.9*Resultado de la Mantenibilidad*

Reporte	Mes	Tiempo total de paradas	Número de fallas	Tiempo promedio para reparar (MTTR)	Mantenibilidad(t)			Promedio
					Tiempo previsto de reparación	$u=(1/mttr)$	Mantenibilidad(t)	
Pretest	Ene-19	550	70	8	5.0	0.13	47%	55%
	Feb-19	575	82	7	6.5	0.14	60%	
	Mar-19	460	68	7	6.5	0.15	62%	
	Abr-19	565	48	12	6.5	0.08	42%	
	May-19	520	70	7	6.5	0.13	58%	
	Jun-19	530	76	7	6.5	0.14	61%	
	Jul-19	650	69	9	6.5	0.11	50%	
	Ago-19	495	57	9	6.5	0.12	53%	
	Set-19	510	61	8	6.5	0.12	54%	
	Oct-19	435	53	8	6.5	0.12	55%	
	Nov-19	535	72	7	6.5	0.13	58%	
	Dic-19	420	54	8	6.5	0.13	57%	
Postest	Ene-21	140	27	5	6.5	0.19	71%	70%
	Feb-21	145	25	6	6.5	0.17	67%	
	Mar-21	150	27	6	6.5	0.18	69%	
	Abr-21	167	26	6	6.5	0.16	64%	
	May-21	145	28	5	6.5	0.19	71%	
	Jun-21	140	24	6	6.5	0.17	67%	
	Jul-21	138	28	5	6.5	0.20	73%	
	Ago-21	136	27	5	6.5	0.20	72%	
	Set-21	143	24	6	6.5	0.17	66%	
	Oct-21	120	23	5	6.5	0.19	71%	
	Nov-21	110	21	5	6.5	0.19	71%	
	Dic-21	105	22	5	6.5	0.21	74%	

Después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa Airport Partners S.R.L., se puede observar en la tabla 5.9 en el pretest la mantenibilidad tiene un promedio de 55% y el postest de 70%, eso significa que hubo un incremento de 15%.

Figura 5.5

Mantenibilidad

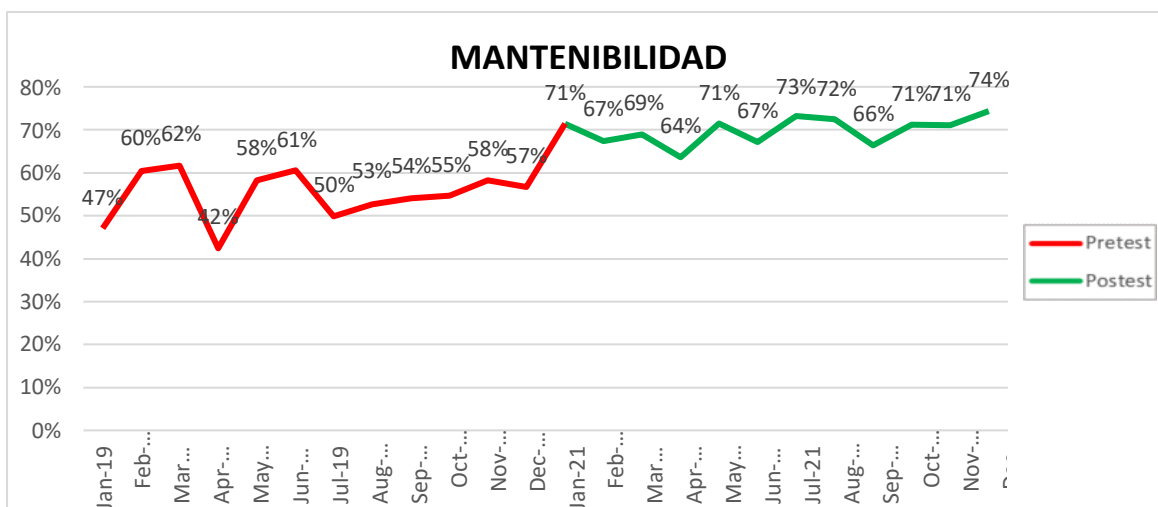


Tabla 5.10

Estadístico descriptivo de la Mantenibilidad

		Estadísticos	
		MANTENIBILIDAD. PRETEST	MANTENIBILIDAD. POSTEST
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		54,75	69,67
Moda		58	71
Desv. Desviación		5,987	3,055
Varianza		35,841	9,333
Rango		20	10

En la tabla 5.10 se aprecia los siguientes resultados estadísticos descriptivos de la dimensión Mantenibilidad

Media: Mantenibilidad pretest es de 54.75y postest es de 69.67, durante un periodo de 12 meses.

Moda: El valor con una mayor frecuencia de la Mantenibilidad pretest es de 58 y postest es de 71.

Desv. Desviación: La dispersión d de la Mantenibilidad pretest es de 5.987 y postest de 3.055.

Rango: Con respecto a la longitud de alcance del valor mínimo a máximo de la Mantenibilidad pretest es 5 y postest es 1.

5.2 Resultados inferenciales

DISPONIBILIDAD – variable dependiente

PRUEBA DE NORMALIDAD:

H0: Los datos de la disponibilidad tienen distribución normal

H1: Los datos de la disponibilidad no tienen distribución normal

Decisión

Si Sig > 0.05, acepta H0

Si Sig < 0.05, acepta H1

Ya que esta muestra se compone de 12 meses, pre – postest al plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 5.11

Prueba de Normalidad de la Disponibilidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISPONIBILIDAD. PRETEST	,144	12	,200*	,933	12	,409
DISPONIBILIDAD. POSTEST	,250	12	,037	,921	12	,292

Se observa que la significancia pretest es de 0.40961, por lo tanto, es mayor a 0.05, por ello los datos tienen una distribución normal, de igual modo la significancia posttest es de 0.292, siendo mayor a 0.05 por consiguiente, los datos tienen distribución normal.

PRUEBA DE MEDIAS:

Tabla 5.12

Prueba de medias de la Disponibilidad

Prueba de Medias		
	DISPONIBILIDA D.PRETEST	DISPONIBILIDA D.POSTETS
Media	70,00	93,00
N	12	12
Desv. Desviación	3,717	1,044

Se observa que la media de la disponibilidad pretest es de 70 y la disponibilidad posttest es de 93, por lo tanto, hay una diferencia de 23.

CONFIABILIDAD– Dimensión1 de la variable dependiente

PRUEBA DE LA NORMALIDAD:

H0: Los datos de la confiabilidad distribución normal

H1: Los datos de la confiabilidad no tienen distribución normal

Decisión

Si Sig > 0.05, acepta H0

Si Sig < 0.05, acepta H1

Ya que esta muestra se compone de 12 meses, pre – postest al plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 5.13

Prueba de normalidad de la confiabilidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONFIABILIDAD. PRETEST	,156	12	,200 [*]	,921	12	,293
CONFIABILIDAD. POSTEST	,202	12	,190	,935	12	,437

Se observa que la significancia pretest es de 0.293, por lo tanto, es mayor a 0.05, por ello los datos tienen una distribución normal. De igual modo la significancia posttest es de 0.437, siendo mayor a 0.05 por consiguiente, los datos tienen distribución normal.

PRUEBA DE MEDIAS:

Tabla 5.14

Prueba de medias de la confiabilidad

Prueba de Medias		
	CONFIABILIDA D.POSTES	CONFIABILIDA D.PRETET
Media	71,83	19,17
N	12	12
Desv. Desviación	9,114	3,664

Se observa que la media de la confiabilidad posttest es de 71,83 y la disponibilidad pretest es de 19,17, por lo tanto, hay una diferencia de 52,667.

MANTENIBILIDAD – Dimensión2 de la variable dependiente

PRUEBA DE LA NORMALIDAD:

H0: Los datos de la mantenibilidad tienen distribución normal

H1: Los datos de la mantenibilidad no tienen distribución normal.

Decisión

Si Sig > 0.05, acepta H0

Si Sig < 0.05, acepta H1

Ya que esta muestra se compone de 12 meses, pre – postest al plan de mantenimiento basado en confiabilidad, utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 5.15

Prueba de normalidad de la Mantenibilidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MANTENIBILIDAD. PRETEST	,146	12	,200 [*]	,933	12	,408
MANTENIBILIDAD. POSTEST	,252	12	,034	,935	12	,431

Se observa que la significancia pretest es de 0.408, por lo tanto, es mayor a 0.05, por ello los datos tienen una distribución normal, de igual modo la significancia postest es de 0.431, siendo mayor a 0.05 por consiguiente, los datos tienen distribución normal.

PRUEBA DE MEDIAS:

Tabla 5.16

Prueba de medias de la mantenibilidad

	Prueba de Medias	
	MANTENIBILIDAD. D.POSTEST	MANTENIBILIDAD. D.PRETEST
Media	69,67	54,75
N	12	12
Desv. Desviación	3,055	5,987

Se observa que la media de la mantenibilidad postest es de 69,67 y la disponibilidad pretest es de 54,75, por lo tanto, hay una diferencia de 14,917.

DIAGNÓSTICO DE COSTOS– Dimensión1 de la variable independiente

PRUEBA DE LA NORMALIDAD

H0: Los datos del diagnóstico de costos de mantenimiento actual tienen distribución normal

H1: Los datos del diagnóstico de costos de mantenimiento actual no tienen distribución normal

Decisión

Si Sig > 0.05, acepta H0

Si Sig < 0.05, acepta H1

Ya que esta muestra se compone de 12 meses, pre – postest al plan de mantenimiento basado en confiabilidad, utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 5.17

Prueba de normalidad del diagnóstico de costos de mantenimiento

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
D.COSTOS.DE.MANT. PRETEST	,224	12	,098	,921	12	,293
D.COSTOS.DE.MANT. POSTEST	,262	12	,023	,874	12	,074

Se observa que la significancia pretest es de 0.293, por lo tanto, es mayor a 0.05, por ello los datos tienen una distribución normal, de igual modo la significancia postest es de 0.074, siendo mayor a 0.05 por consiguiente, los datos tienen distribución normal.

PRUEBA DE MEDIAS:

Tabla 5.18

Prueba de medias del diagnóstico de costos de mantenimiento

Prueba de Medias		
	D.MANT.PRETE ST	D.MANT.POSTE ST
Media	14923,25	4752,25
N	12	12
Desv. Desviación	8185,019	1538,730

Se observa que la media del D.de costos postest es de 14923,25 y del D. de costos pretest es de 4752,25, por lo tanto, hay una diferencia de 10171

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

a. Disponibilidad – Variable dependiente

- Hipótesis general

H0: El plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad no aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

H1: El plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Decisión

Si $\text{Sig} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), se aprueba la hipótesis alternativa (H1)

Si $\text{Sig} > 0.05$, se aprueba la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alternativa (H1)

Tabla 6.1

Prueba de muestras relacionadas de la Hipótesis General

	Prueba de muestras emparejadas									
	Diferencias emparejadas							t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia						
			Inferior	Superior						
DISPONIBILIDAD. POSTETS - DISPONIBILIDAD. PRETEST	23,000	3,411	,985	20,833	25,167	23,357	11	,000		

Se observa que la significancia de la prueba T-Student para muestras relacionadas es $0.000 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

Por lo tanto, el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

b. Diagnóstico de costos de mantenimiento – Dimensión 1 de la Variable independiente

• Hipótesis específica 1

H0: El diagnóstico de costos de mantenimiento actual no mejora la planificación de mantenimiento de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.

H1: El diagnóstico de costos de mantenimiento actual mejora la planificación de mantenimiento de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.

Decisión

Si Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0), se aprueba la hipótesis alternativa (H1)

Si Sig > 0.05, se aprueba la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alternativa (H1)

Tabla 6.2

Prueba de muestras relacionadas de la Hipótesis específica 1

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior				
D.COSTOS.DE.MANT. PRETEST - D.COSTOS.DE.MANT.POSTEST	10171,000	8253,579	2382,603	4926,926	15415,074	4,269	11	,001

Se observa que la significancia de la prueba T-Student para muestras relacionadas es $0.001 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

Por lo tanto, al realizar el diagnóstico de costos de mantenimiento actual mejora la planificación de mantenimiento de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.

c. Mantenibilidad – Dimensión 1 de la Variable dependiente

- Hipótesis específica 2

H0: La gestión de los indicadores críticos de los de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez no influye significativamente en la gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).

H1: La gestión de los indicadores críticos de los de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez influye significativamente en la gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).

Decisión

Si Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0), se aprueba la hipótesis alternativa (H1)

Si Sig > 0.05, se aprueba la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alternativa (H1)

Tabla 6.3

Prueba de muestras relacionadas de la Hipótesis específica 2

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	MANTENIBILIDAD. PRETEST - MANTENIBILIDAD. POSTEST	-14,917	6,331	1,828	-18,939	-10,894	-8,162	11	,000

Se observa que la significancia de la prueba T-Student para muestras relacionadas es $0.000 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

Por lo tanto, la gestión de los indicadores críticos de los de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez influye significativamente en la gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR)

d. Confiabilidad– Dimensión 2 de la Variable dependiente

- Hipótesis específica 2

H0: El plan de mantenimiento preventivo no afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

H1: El plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Decisión

Si $\text{Sig} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), se aprueba la hipótesis alternativa (H1)

Si $\text{Sig} > 0.05$, se aprueba la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alternativa (H1)

Tabla 6.4

Prueba de muestras relacionadas de la Hipótesis específica 3

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	CONFIABILIDAD.POSTES - CONFIABILIDAD.PRETET	52,667	8,648	2,496	47,172	58,161	21,097	11	,000	

Se observa que la significancia de la prueba T-Student para muestras relacionadas es $0.000 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

Por lo tanto, el plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

De acuerdo a los resultados encontrados en la tabla 6.1 donde el valor calculado para Sig=0.000 tiene un valor igual a $(0,00 < 0,05)$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa donde establece que el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros de la empresa Lima Airport Partners S.R., en un 23%, logrando comprobar que la cultura de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad a los equipos es lo necesario. Dichos resultados concuerdan con lo expuesto por Zavala (2017) en su tesis titulada Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P- 300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos Zona Bucay. En donde menciona que el plan de mantenimiento que se diseñó e implemento se realizó de acuerdo a las necesidades de la empresa mejorando la disponibilidad en un 10%.

De acuerdo a los resultados estadísticos en la tabla 6.2 donde el valor calculado para Sig=0.001 tiene un valor igual a $(0,00 < 0,05)$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa donde establece que al realizar el diagnóstico de los costos de mantenimiento actual de las pasarelas de embarque de pasajeros, permitirá saber el estado actual de los costos mantenimiento de la empresa Lima Airport Partners S.R., donde se logra una reducción de \$122053. Dichos resultados concuerdan con lo expuesto por Zavala (2017) en su tesis titulada Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P- 300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos Zona Bucay que donde expreso que redujo los costos de mantenimiento en un 32%. Además se comprobó que los resultados demostrados están alineados y coherentes con la teoría de los costos de mantenimiento, que se aplica en la industria.

De acuerdo a los resultados estadísticos en la tabla 6.3 donde el valor calculado para Sig=0.000 tiene un valor igual a $(0,00 < 0,05)$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa donde establece que al determinar los componentes críticos de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez, permitirá valorar la disponibilidad del equipo con los indicadores de mantenimiento, donde se evidencia que los componentes redujeron en promedio 43 la criticidad total. Dichos resultados concuerdan con lo expuesto por Cáceres (2015) en su tesis titulada Diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C, donde expreso que aplicando la metodología de análisis de criticidad se determinó que las máquinas con la mayor criticidad son las CNC, resultado que es acorde con el criterio del personal administrativo y técnico.

De acuerdo a los resultados encontrados en la tabla 6.1 donde el valor calculado para Sig=0.000 tiene un valor igual a $(0,00 < 0,05)$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa donde establece que el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros de la empresa Lima Airport Partners S.R., en un 23%, logrando comprobar que la cultura de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad a los equipos es lo necesario. Dichos resultados concuerdan con lo expuesto por Villacrez (2016) en su tesis titulada Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A. donde menciona que la implementación del plan de mantenimiento preventivo generó orden y coordinación en los trabajos planificados con un 95% de cumplimiento de acuerdo a la demanda del cliente interno. Esto significa un mejor rendimiento del equipo y una mayor satisfacción del cliente.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

En base a las normas y al Código de Ética de Investigación de La Universidad Nacional Del Callao, que fue Aprobado por Resolución del Consejo Universitario N° 210-2017-CU del 06 de julio de 2017, esta tesis cumple con el Principio ético de investigación de guía con el comportamiento conductual, de Los principios éticos del investigador de la UNAC, que son La transparencia, El profesionalismo, La objetividad, La igualdad, El compromiso, La honestidad, y La confidencialidad.

VII CONCLUSIONES

Se concluye, que después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad a la empresa Lima Airport Partners S.R., se sustenta que la disponibilidad se incrementa en 23%. Antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo la empresa tenía una disponibilidad de 70% y después de aplicar el plan aumento a 93% como se aprecia en la tabla 5.5

En la evaluación del diagnóstico de costos de mantenimiento en las pasarelas de embarque, se evaluó fallas imprevistas, inspecciones no programadas y otros parámetros que nos daban inicialmente un costo de \$179078, luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad estos costos fueron de \$57025 observándose una reducción de \$122053.

Por otro lado, por medio del análisis de criticidad se pudo identificar los componentes críticos de las pasarelas de embarque, para que luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad a la empresa Lima Airport Partners S.R., se evidencia que los componentes redujeron en promedio 43 la criticidad total. Antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad las pasarelas de embarque tenían una criticidad de 60 en promedio y luego de aplicar el plan se redujo a 17 en promedio. Al tener una reducción en la criticidad, asegura que las pasarelas de embarque estén disponibles.

Por otro lado, luego de aplicar el programa de capacitación - plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad a la empresa Lima Airport Partners S.R., se evidencia que la Mantenibilidad incrementa en 15%. Antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad las pasarelas de embarque tenían una mantenibilidad de 55% y luego de aplicar el plan aumento a 70%.

VIII RECOMENDACIONES

Se recomienda al área de mantenimiento de la empresa Lima Airport Partners S.R, las continuas capacitaciones y evaluaciones al personal involucrado en la aplicación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad, ya que de esta manera se logre tener mejores indicadores de mantenimiento que nos ayuden a mejorar la rentabilidad de la empresa.

Se recomienda a la empresa Lima Airport Partners S.R., seguir con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en todas las áreas involucradas siguiendo con los pasos recomendados en la presente investigación.

Se recomienda al área de mantenimiento, recolectar nuevos datos del plan de mantenimiento basado en confiabilidad con el fin de actualizarlo, mejorando las rutinas y frecuencias de mantenimiento para seguir con la mejora continua del departamento de mantenimiento, y lograr cumplir con la visión y misión de la empresa Lima Airport Partners S.R.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAVEZ, AEROPUERTO JORGE. 2015. Manual de Mantenimiento y Operación de Pasarelas de Embarque de Pasajeros - PBB. *Manual de Mantenimiento y Operación de Pasarelas de Embarque de Pasajeros - PBB*. [En línea] Manual de Mantenimiento y Operación de Pasarelas de Embarque de Pasajeros - PBB, 15 de 11 de 2015. [Citado el: 13 de 04 de 2019.] https://www.lima-airport.com/esp/Documents/Memoria_Anuual_2015_B.pdf.

CÁRCEL CARRASCO, Francisco Javier. 2016. ProQuest. *ProQuest*. [En línea] ProQuest, 2016. [Citado el: 15 de 02 de 2017.] <http://search.proquest.com/openview/efa2f541cc45dd444d242744c8188122/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2042724>.

CAMPOS BRARRIENTOS, José. Blog de José. *Blog de José*. [En línea] Blog de José. [Citado el: 02 de 02 de 2017.] file:///Users/mcorrales/Downloads/1_ING_JOSE_CAMPOS.pdf.

BARRERA BELTRÁN, Salvador. Blog de Salvador. *Blog de Salvador*. [En línea] Blog de Salvador. [Citado el: 17 de 06 de 2015.] http://www.five.es/descargas/archivos/Mano_obra.pdf.

CÓRDOBA RAMÍREZ, Roberto Alonso. 2016. *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el área de empaque de la empresa Laboratorios Stein*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica : Proyecto de Graduación Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica, 2016., 2016.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Renovatec. *Renovatec*. [En línea] Renovatec. [Citado el: 17 de 08 de 2018.] <http://www.mantenimientoindustrial.renovatec.com/rcmquees.html>.

—. 2016. Renovatec. *Renovatec*. [En línea] Renovatec, 13 de 08 de 2016. [Citado el: 16 de 04 de 2017.] <http://www.renovatec.com/517-elaboracionde-planes-de-mantenimiento>.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. 2015. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid : Confemetal, 2015.

Consultores, Alteco. Aplicación de las Herramientas de Calidad en la Mejora Continua. *Alteco Consultores*. [En línea] Alteco Consultores. [Citado el: 2017 de 02 de 02.] <https://www.aiteco.com/aplicacion-de-las-herramientas-de-calidad/>.

RENOVATEC. *MantenimientoPetroquimica.com*. [En línea] *MantenimientoPetroquimica.com*. [Citado el: 18 de 01 de 2016.] <http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/component/content/category/30-rcm>.

MINITAB. *Ejemplo de Diagrama de Pareto*. [En línea] [Citado el: 02 de 02 de 2017.] <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/pareto-chart/before-you-start/example-of-a-pareto-chart/>.

RENOVATEC. *Articulos sobre Mantenimiento Industrial*. [En línea] [Citado el: 15 de 01 de 2016.] <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial>.

INDUSTRIAL, INGENIERÍA. 2019. *Las siete herramientas de la Calidad*. [En línea] 28 de 10 de 2019. [Citado el: 04 de 02 de 2017.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>.

WOLFGANG ARRASMITH, William. 2015. *Systems Engineering and Analysis of Electro-Optical and Infrared Systems*. [En línea] 2015. <http://proquestcombo.safaribooksonline.com/book/electrical-engineering/optical-electronics/9781466579927/author/author>.

CÁCERES NÚÑEZ, Augusto. 2015. *Diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C.* Universidad Católica De Santa María, Arequipa : 2015.

ZAVALA GAIBOR, Marco. 2017. *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo eléctrico FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos Zona Bucay*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba : 2017.

MENDOZA CARVAJAL, Cesar. 2016. *Sistema de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción.* Universidad Mayor De San Andrés, La Paz : 2016.

MONGE NICOLAS, RONALD COQUI y YRAZÁBAL CÓRDOVA, MARIO. 2019. *Estrategias del RCM y su influencia en la confiabilidad de los equipos para la tintorería de la empresa Sur Color Star S.A.* UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Callao : 2019.

AIRPORT, THYSSEN KRUPP. 2004. *Manual de Mantenimiento y Operación de Pasarelas de Embarque de Pasajeros - PBB .* Madrid : THYSSEN KRUPP AIRPORT, 2004.

VILLACRÉS PARRA, Sergio. 2016. *Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vector m654 de la empresa etapa ep.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba : 2016.

VILLACREZ ESPINOZA, Richard. 2016. *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A.* Universidad Nacional Del Callao, Lima : 2016.

MOUBRAY, Jhon. 2004. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).* North Carolina : Aldon LLC, 2004.

Mora, Luis. 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* México : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009.

Carlos Alberto, Parra Márquez y Adolfo, Crespo Márquez. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fabilidad Aplicada en la Gestión de Activos.* s.l. : INGEMAN, 2012.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS PASARELAS DE EMBARQUE DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. Independiente	1. Tipo de Investigación Investigación Aplicada 2. Nivel de Investigación: Explicativa 3. Método: Cuantitativo (Hipotético-deductivo). 4. Diseño de la Investigación: Cuasi - Experimental 5. Población: Personal de mantenimiento 6. Muestra: 19 pasarelas de embarque del AICh.
¿De qué manera el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez?	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de Pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez.	El plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.	Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas (opcional):	V. Dependiente:	
a) ¿De qué manera el diagnóstico de costos de mantenimiento actual mejora la planificación de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez?	a) Elaborar el diagnóstico de costos de mantenimiento actual para mejorar la planificación de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.	El diagnóstico de costos de mantenimiento actual de las pasarelas de embarque de pasajeros mejora la planificación de mantenimiento de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez.	Disponibilidad de las pasarelas de embarque del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.	
b) ¿Cuales son los indicadores críticos de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez que afectan al objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR)?	b) Identificar los indicadores críticos de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez en al gestión del mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).	La gestión de los indicadores críticos de los de las pasarelas de embarque de pasajeros del aeropuerto internacional Jorge Chávez influye significativamente en la gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR).		
c) ¿De qué manera el plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez?	c) Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que afecte al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de Pasarelas de embarque del Aeropuerto internacional Jorge Chávez.	El plan de mantenimiento preventivo afecta al propósito del indicador de confiabilidad (MTBF) de las pasarelas de embarque de pasajeros del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.		

Anexo 01: Matriz de consistencia.

Anexo 02: Actividades de mantenimiento en PBB – Diario

LIMA AIRPORT PARTNERS



Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : **PBB**

Frecuencia de mantenimiento/Inspección : **Diario**

OK = Conforme

NC = No conforme

NA = No aplica

M = Mantenimiento

INS = Inspección

ACTIVIDADES	PASARELAS DE EMBARQUES																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Escalera de servicio operativa, garruchas lubricadas																			
Puerta de servicio abre y cierra correctamente																			
Luces interiores operativas (Cabina, túnel, rotonda)																			
Reflectores exteriores operativos																			
Luces estroboscópicas operativas																			
Teléfono operativo																			
Monitor y cámaras de video operativos																			
Magelis operativa y sin alarmas																			
Revisión de histórico de alarmas (Críticas)																			
Sirenas y Buzzer operativas																			
Pulsadores de pupitre en buen estado																			
Portón enrollable y cinta operativos																			
Cinemática operativa y sin daños																			
Brazo autonivelador operativo																			
Posición del Parking, rodillos y peines limpios																			
Panel control SCI sin alarmas																			
Detectores de humo operativos																			
Operatividad de los Split de cabina y rotonda																			
Filtros de aire de split limpios																			
PCA operativo - sin alarmas																			
Final de carrera de carro porta manguera																			
Equipo de 400 Hz operativo - sin alarmas																			
Motor cable Hoist operativo																			
Grilletes y abarzaderas de cables en buen estado																			
Grupo hidráulico sin fugas																			
Superficie limpia y sin oxido																			
Barra protectora de ruedas en buen estado																			
Rueda maciza en buenas condiciones																			

OBSERVACIONE _____


Técnico que realizó la actividad: _____

Firma: _____



Fecha: _____

Anexo 03: Actividades de mantenimiento de PBB – 4 Meses

LIMA AIRPORT PARTNERS		
Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : Mantenimiento PBB		
Frecuencia de mantenimiento/Inspección : 4 Meses		
OK = Conforme NC = No conforme NA = No aplica M = Mantenimiento INS = Inspección		

ACTIVIDADES	PASARELAS DE EMBARQUES																										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
Sistema Mecánico / Hidráulico																											
Limpeza y el engrase de los rodillos, rodamientos y cojinete																											
Limpeza y lubricación de carrilera interior.																											
Limpeza y el engrase de las cadenas de sincronismo en cabina y rotonda.																											
Comprobación de funcionamiento del sistema hidráulico y de traslación.																											
Comprobación de funcionamiento del sistema de giro cabina, rotonda y sistema cinemático.																											
Comprobación del funcionamiento de la manga y de sus seguridades.																											
Sistema Eléctrico																											
Limpeza de los componentes eléctricos en armarios, pupitre y cuadros eléctricos																											
Ajuste a tornillería de componentes eléctricos.																											
Comprobó el estado de luces interiores y exteriores.																											
Realizó la verificación de funcionamiento de los sensores y sistema de seguridad.																											
Sistema 400Hz																											
Limpeza de los componentes del sistema 400hz																											
Pruebas de funcionamiento convertidor 400HZ.																											
Sistema PCAIR																											
Limpeza de los componentes del los equipos del sistema de aire acondicionado																											
Pruebas de funcionamiento de PCAir																											
Sistema Agua																											
Limpeza de los componentes del los equipos y distribución del sistema de Agua Potable																											
Pruebas de funcionamiento del sistema agua potable																											
Sistema ADS																											
Limpeza de los componentes del los equipos del sistema de camaras																											
Pruebas de funcionamiento del ADS																											

OBSERVACIONES _____	

Técnico que realizó la actividad: _____	Firma: _____ Fecha: _____




Anexo 04: Inspecciones de mantenimiento de PBB – 4 meses

LIMA AIRPORT PARTNERS				
Mantenimiento/Inspección. Lista de chequeo : Mantenimiento PBB				
Frecuencia de mantenimiento/Inspección : 4 Meses				
OK = Conforme NC = No conforme NA = No aplica M = Mantenimiento INS = Inspección				
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	UBICACIÓN	RVS	ANOMALÍA
Comprobación De Puerta Servicio.	Comprobacion De Estado, Fijaciones Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion Del Brazo De Autonivelacion	Verificar Funcionamiento Y Giro De Rueda	Cabina		
Comprobar Funcionamiento De Brazo Autonivelacion.	Comprobar Estado Y Correcto Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Zapata De Seguridad	Verificar Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Capota	Comprobar Fijaciones Y Verificar Daños	Cabina		
Comprobacion Cinematica De Capota	Comprobar Funcionamiento Y Estado, Motores, Cintas,	Cabina		
Comprobación Portón Enrollable En Cabina	Comprobar Estado Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobación Consola De Control.	Funcionamiento Magelis	Cabina		
	Estado Y Funcionamiento De Joystick, Pulsadores Y Llaves	Cabina		
	Lámparas Señalización Y Alarmas	Cabina		
	Funcionamiento Monitor Y Cámara De Video.	Cabina		
Comprobar Sistema Prioridad De Retorno	Comprobar Funcionamiento	Cabina		
Comprobar Sensores	Comprobar Ultrasonidos, Inductivos, Fotocelulas,	Cabina		
Comprobar Sirenas (Movimiento Y Alarmas)	Comprobar Fijaciones Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobacion De Suelo Basculante	Comprobar Estado Y Funcionamiento	Cabina		
Comprobar Estado Armario Eléctrico Y Pupitre.	Verificar Limpieza Y Estado De Sus Componentes	Cabina		
Comprobar Sistema Del Grupo Hidraulico.	Comprobar Valvulas, Fugas De Aceite Y Rendimiento General	Elevación		
Comprobacion De Motor Del Sistema De Elevacion	Comprobar Operación Suave Y Silenciosa, Verificar Soportes	Elevación		
Comprobar Filtro De Aceite Del Grupo Hidraulico.	Cambio De Filtro (Anual)	Elevación		
Comprobación Escalera Servicio.	Comprobar Estado Fijaciones Y Ruedas	Escal. Servico		
Comprobar Sistema De Traslacion	Comprobar Reductores, Fijaciones, Ruidos	Traslación		
Comprobacion De Motores De Traslacion	Revisión Completa Del Sistema Y Correcto Funcionamiento	Traslación		
Comprobar Estado De Rueda	Comprobar Estado	Traslación		
Comprobar Bandas Para-Golpes En Sistema De Traslación	Comprobar Funcionamiento	Traslación		
Comprobación De Límites De Giro Ruedas	Verificar Ajuste De Finales De Carrera E Inductivos	Traslación		
Comprobar Persiana En Cabina Y Rotonda.	Verificar Tension De Persiana Y Engrase Y Tension De Cadenas	Exterior		
Engrasar Rodillos Y Ruedas Dentadas De Sistema Giro Cabina	Limpieza Y Engrase	Exterior		
Comprobacion De Motor Y Reductor De Giro De Cabina	Comprobar Estado Y Correcto Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Finales De Carrera Suelo Basculants	Comprobar Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Sensores De Contacto Con Avion	Comprobar Funcionamiento	Túnel exterior		
Comprobación De Inductivos. Giro Cabina	Verificar Funcionamiento Inductivos Giro Cabina	Túnel exterior		
Comprobar Sistema De Viga Portacables	Comprobar Fijaciones Y Estado De Cables En Viga	Túnel exterior		
	Comprobar Fijaciones Traseras De Viga Portacables	Túnel exterior		
	Comprobar Carriles De Soporte Y Roldanas De Telescopiaje	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Exterior.	Verificar Alumbrado Escalera De Servicio Y Reflectores	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Exterior.	Verificar Alumbrado Luces De Gálbo Y Estroboscopias	Túnel exterior		
Comprobación De Inductivos Y Finales De Carrera En Rotonda	Verificar Funcionamiento	Túnel exterior		
Engrase De Puntos De Giro En Rotonda	Engrase De Rodamiento De Rotonda	Túnel exterior		
Limpieza Y Engrase De Rodillos En Túnel A - B	Engrase De Conjuntos Y Rodamientos	Túnel exterior		
Engrasar Guías Exteriores De Rodadura En Túnel A	Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Engrasar Guías Interiores De Rodadura En Túnel B	Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Comprobar Engrase En Tubos Interiores De Elevacion	Verificar Limpieza Y Engrase	Túnel exterior		
Comprobación De Finales De Carrera. E Inductivos	Final De Carrera De Extensión, Retracción E Inclinación	Túnel exterior		
Comprobación Iluminación Interior.	Verificar Alumbrado Normal.	Túnel interior		
Comprobación Iluminación Interior.	Verificar Alumbrado Emergencia.	Túnel interior		
Comprobar Pulsadores De Luz Interiores Y Exteriores.	Comprobar Funcionamiento Y Fijaciones	Túnel interior		
Comprobación De Paneles Interiores Y Rampas	Comprobación Visual Y Fijaciones	Túnel interior		
Limpieza Filtros Equipos Aire Acondicionado.	Verificar Limpieza	Túnel interior		
Comprobacion De Suelos De Goma En Tuneles	Comprobar Daños Y/O Desgaste En Pisos Interiores	Túnel interior		
Comprobar Equipos Aire Acondicionado / Pc Air.	Comprobar Funcionamiento	PCAir		
Comprobar Estado De Mangueras	Revisar Fugas De Aire Y Ajuste Correcto	PCAir		
Comprobar Estado De Puertas Y Paneles	Comprobar Estado	PCAir		
Comprobar Estado De Filtro De Aire	Revisar Filtro Sin Obstrucciones Y Libre De Suciedad	PCAir		
Comprobar Niveles De Aceite Y Refrigerante	Realizar La Prueba Visual	PCAir		
Comprobar Estado De Tablero Eléctrico	Revisar Estado De Sus Componentes Y Ajustes	PCAir		
Comprobar Estado De Motores Y Ventiladores	Comprobar Correcto Funcionamiento	PCAir		
Verificar Carro Portamangueras	Comprobar Su Estado	PCAir		
Comprobar Estado De Botonera De Control	Verificar Funcionamiento De La Botonera De Control	PCAir		
Comprobar Estado De La Bomba De Condensado	Verificar Correcto Funcionamiento	PCAir		
Comprobar Equipos Convertidor De Frecuencia	Verificar Correcto Funcionamiento	400 Hz		
Comprobar Estado De Los Cables	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Circuitos Impresos	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Lámparas	Verificar Estado	400 Hz		
Comprobar Estado De Ventiladores	Verifica Funcionamiento Y Limpieza	400 Hz		
Comprobar Estado Del Motor Cable Hoist	Verificar Estado Y Funcionamiento Del Motor	400 Hz		
Comprobar Estado De Botonera De Control	Verificar Estado Y Funcionamiento	400 Hz		
Comprobacion Estado De Pintura	Verificar Daños En La Pintura	PLB		
Comprobar Estado De Tableros De Energia	Comprobar Estado De Sus Componentes	PLB		




OBSERVACIONES				
Técnico que realizó la actividad: _____		Firma: _____		Fecha: _____

Anexo 05: Ordenes de Mantenimiento


		FORMATO ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO				MAN-AAP-FO-002(a) Version: 03 Fecha de emisión: 25/01/2022			
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO N°		SEDE :		AVISO PROCEDENTE		-			
TIPO DE MANTENIMIENTO		TIPO DE EJECUCION		Fecha de Solicitud					
N° DE REPORTE DE FALLA		TIPO DE GASTO		SOLPED MANO DE OBRA					
ACTA U OFICIO		FONDO		SOLPED DE MATERIALES					
PRIORIDAD		MONTO DE SERVICIO CONTRATADO		SOLPED TODO COSTO					
ORDEN DE COMPRA				SOLPED EQUIPOS					
Descripción General		Codigo Contable		FECHA PROGRAMADA INICIO					
Descripción Especifica		Frecuencia		FECHA PROGRAMADA FINAL					
Mantenimiento de Equipo		Mantenimiento de Infraestructura							
Codigo de Equipo		Zonificación							
Codigo de la Actividad		Codigo de la Actividad							
TAREA A EJECUTAR									
Item							Metrado	Unidad	
PERSONAL NECESARIO									
Turno	Categoria	PLANIFICADO						EJECUTADO	
		Cantidad Personal	Dias trabajados	Trabajo Horas Hombre (HH)	Total Horas Hombre	Costo Hora Hombre (HH)	Costo Total	Procedencia del recurso	Total Horas Hombre ejecutado
TOTAL COSTO DE MANO DE OBRA (APLICA SOLO PERSONAL TERCERO)							0		
							S/ 0.00		
REPUESTOS/INSUMOS REQUERIDOS									
Codigo	Descripción del repuesto / Insumo	PLANIFICADO					EJECUTADO		
		Metrado	Unidad	P.U.	Parcial	Procedencia de recurso	Unidad		
TOTAL DE GASTO DE RESPUESTOS / INSUMO S/.							S/ 0.00		
EQUIPOS REQUERIDOS									
Codigo	Descripción del Equipo	PLANIFICADA					EJECUTADO		
		HM	Consumo de Combustible (Galón)	P.U.	Parcial	Solicitar pedido Solped	HM Ejecutada		
TOTAL DE GASTO DE COMBUSTIBLE S/.							S/ 0.00		
TOTAL DE GASTO DE OTM S/ (SIN IGV)							S/ 0.00		
CIERRE DE EJECUCION DE OTM				PROGRAMADOR DE ORDEN DE TRABAJO					
NOMBRE DE SUPERVISOR:				NOMBRE DEL PROGRAMADOR:					
SE GENERA AVISO OTM :				CARGO:					
FECHA DE EJECUCION REAL:									
FECHA DE EJECUCION FINAL:									



Anexo 06: Sistemas críticos

Reporte	Año	Subsistema	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Identificación de sistemas críticos					Promedio
					Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SHE	Consecuencia	Criticidad total	
Pretest	2019	Agua potable	1	7	2	1	3	18	18	
		PCAIR	2	7	4	1	8	37	74	
		400HZ	2	7	4	1	5	34	68	
		Hidráulico	2	7	4	1	5	34	68	
		ADS	1	7	2	1	3	18	18	
		Energía & Controles	3	7	4	1	8	37	111	
Postest	2021	Agua potable	1	4	1	1	1	6	6	
		PCAIR	1	4	2	1	5	14	14	
		400HZ	1	4	2	1	3	12	12	
		Hidráulico	1	4	2	1	3	12	12	
		ADS	1	4	1	1	1	6	6	
		Energía & Controles	2	4	4	1	8	25	50	

Anexo 07: Confiabilidad

Reporte	Mes	Tiempo promedio entre fallas				Promedio
		Tiempo disponible total(horas)	Tiempo total de paradas	Número de fallas	Tiempo promedio entre fallas	
Pretest	Ene-19	1732	550	70	17	
	Feb-19	1745	575	82	14	
	Mar-19	1740	460	68	19	
	Abr-19	1760	565	48	25	
	May-19	1780	520	70	18	
	Jun-19	1710	530	76	16	
	Jul-19	1730	650	69	16	
	Ago-19	1720	495	57	21	
	Set-19	1750	510	61	20	
	Oct-19	1725	435	53	24	
	Nov-19	1715	535	72	16	
	Dic-19	1710	420	54	24	
Postest	Ene-21	1940	140	27	67	
	Feb-21	1945	145	30	60	
	Mar-21	1948	150	27	67	
	Abr-21	1990	167	26	70	
	May-21	1950	145	28	64	
	Jun-21	1970	140	24	76	
	Jul-21	1900	138	28	63	
	Ago-21	1935	136	27	67	
	Set-21	1925	143	24	74	
	Oct-21	1990	120	23	81	
	Nov-21	1995	110	21	90	
	Dic-21	1935	105	22	83	

Anexo 08: Diagnóstico de mantenimiento

Diagnóstico de mantenimiento							
Reporte	Mes	Reparación por falla imprevista MR	Inspección no programada	Mantenimiento programado	Lucro Cesante	Sub - Total	Total
Pretest	Ene-19	2190	15	50	13200	15455	179078
	Feb-19	1460	15	0	13200	14675	
	Mar-19	3575	22.5	30	3300	6928	
	Abr-19	1445	15	0	6600	8060	
	May-19	4305	30	50	11000	15385	
	Jun-19	2160	7.5	0	1100	3268	
	Jul-19	1490	22.5	30	13200	14743	
	Ago-19	775	15	0	11000	11790	
	Set-19	4395	30	0	26400	30825	
	Oct-19	3620	15	0	6600	10235	
	Nov-19	4365	15	30	24200	28610	
	Dic-19	1475	30	0	17600	19105	
Postest	Ene-21	0	7.5	75	4400	4483	57025
	Feb-21	790	0	0	2200	2990	
	Mar-21	0	7.5	75	4400	4483	
	Abr-21	760	15	0	4400	5175	
	May-21	0	0	105	4400	4505	
	Jun-21	775	0	0	1100	1875	
	Jul-21	0	7.5	105	4400	4513	
	Ago-21	760	15	0	6600	7375	
	Set-21	0	0	75	4400	4475	
	Oct-21	775	15	0	6600	7390	
	Nov-21	0	7.5	105	4400	4513	
	Dic-21	775	0	75	4400	5250	



Anexo 09: Disponibilidad

Reporte	Mes	Disponibilidad			
		Tiempo promedio entre fallas	Tiempo promedio para reparar	Disponibilidad	Promedio
Pretest	Ene-19	17	8	68%	70%
	Feb-19	14	7	67%	
	Mar-19	19	7	74%	
	Abr-19	25	12	68%	
	May-19	18	7	71%	
	Jun-19	16	7	69%	
	Jul-19	16	9	62%	
	Ago-19	21	9	71%	
	Set-19	20	8	71%	
	Oct-19	24	8	75%	
	Nov-19	16	7	69%	
	Dic-19	24	8	75%	
Postest	Ene-21	67	5	93%	93%
	Feb-21	60	6	91%	
	Mar-21	67	6	92%	
	Abr-21	70	6	92%	
	May-21	64	5	93%	
	Jun-21	76	6	93%	
	Jul-21	63	5	93%	
	Ago-21	67	5	93%	
	Set-21	74	6	93%	
	Oct-21	81	5	94%	
	Nov-21	90	5	94%	
	Dic-21	83	5	95%	

