

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS
UNIVERSIDAD DON BOSCO



**“PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIONES EN EL
ALMACÉN – BODEGA DE LA FAC. DE AERONÁUTICA DE LA
UNIVERSIDAD DON BOSCO ”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE
POSTGRADOS UCA**

Y

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADOS UDB

**PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

POR

FRANCISCO ALFREDO MORALES TRUJILLO

Noviembre 2023

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.

Rectores

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

Secretarias Generales

Lidia Gabriela Bolaños Teodoro

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

Decana de Postgrados UCA

Nelly Arely Chévez Reynosa

Decano de Postgrado UDB

Mario Guillermo Juárez Pérez

Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial

Diana Carolina Cruz UCA

José Luis Martínez UDB

Director de trabajo de graduación

Ronald Américo Panameño Segura

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por haberme brindado todas las herramientas necesarias, para culminar mis metas de manera satisfactoria y llegar al grado de máster y por permitirme la vida a mí y a mis seres queridos.

Agradezco a Dios por brindarme una familia que ha sido clave en cada proyecto de vida que he llevado a cabo y encaminar mis pasos a ser una persona de bien, agradezco profundamente a mi madre y padre por su incondicional apoyo en los momentos más difíciles académicos y no académicos de mi vida y en especial en estos últimos años donde mi salud ha estado más complicada; agradezco a ambos por sus consejos en los momentos más oportunos, por apoyarme aún en los momentos más difíciles y por ser un ejemplo a seguir cada día

Agradezco a mi familia dentro y fuera del país por el apoyo brindado a lo largo de mi vida, en la parte personal y en la parte académica.

Agradezco a mi novia quién ha estado presente en los momentos más difíciles de la elaboración de este escrito y ha estado ahí para mí siempre, desde aun antes que iniciara mi proceso de graduación, le agradezco por su tiempo en largas noches, su afecto y amor incondicional y su apoyo hacia mí.

Agradezco especialmente a los catedráticos nacionales e internacionales de cada una de las materias cursadas por su paciencia, su dedicación, su experiencia práctica y las pericias y anécdotas personales brindadas para optar al grado de maestro.

Agradezco a mis compañeros por apoyarnos mutuamente en las clases, tareas, proyectos y visitas técnicas, por la paciencia donde había duda en los temas de clases y por saber manejar los defectos y virtudes de cada uno, logrando dar los mejores resultados de cada uno durante toda la travesía de la maestría.

Dedicatorias

Dedico primeramente este trabajo a Dios por haberme bendecido completamente y permitido salir adelante después de meses de serios problemas de salud y de la dificultad operacional que conlleva una incorporación al país de mi carrera en el extranjero; agradezco poder culminar esta larga travesía de conocimiento y aplicación académica, camino en cual Él, poco a poco, me iluminó, me dio las fuerzas necesarias para no desmayar y mantenerme siempre en el camino adecuado para lograr alcanzar esta meta profesional y personal en mi vida.

A MI MADRE Y MI PADRE Silvia Alejandrina Trujillo Campos de Morales y Francisco Alfredo Morales Guerra por haberme dado la vida y acompañarme en todo momento siendo padres ejemplares y enseñarme a siempre poner los estudios primero, a no desfallecer y ser perseverante no importando cualesquiera adversidades, asimismo por su apoyo económico, su apoyo moral, y su tiempo en paralelo de las tantas noches que me han apoyado durante mis estudios y esta tesis.

A MI NOVIA Karla Marcela Alas Bolaños por estar ahí para mí en las buenas y en las malas de todo mi proceso de salud y todo mi proceso de tesis, por ser mi motivación e inspiración impulsándome siempre y dándome su apoyo y comprensión aun en los momentos más complicados durante todo este proceso educativo que con mucho esfuerzo y sacrificio ha sido posible lograr culminar con éxito esta nueva meta personal.

A MI ABUELA MATERNA (QDDG) María Morena Campos, por cuidarme y ser mi nana y segunda madre cuando fui pequeño, aconsejarme, darme todo su apoyo en la parte de conocimientos matemáticos básicos de primaria al ser ella misma profesora como yo lo soy actualmente, le agradezco hasta el cielo por ser mi pilar en mis primeros años de vida.

A MI ABUELA PATERNA Francisca Lydia Guerra Franconi de Morales, por cuidarme, aconsejarme, darme todo su apoyo y demostrar confianza en mí durante este proceso y por tantos viajes juntos alrededor del mundo. Gracias por apoyarme en mis grandes pasos académicos y siempre estar ahí en mis graduaciones de estos.

A MIS MAESTROS a todos aquellos que invirtieron su tiempo transmitiéndome sus conocimientos y sabiduría desde la primera hasta la última materia y que sin duda sin su aporte no hubiera sido posible completar mis estudios superiores. Doy gracias especialmente a los que dieron la milla extra para que pudiéramos tener prácticas más visuales y entender mucho más a profundidad su trabajo diario en relación al mantenimiento.

A MI ASESOR/DIRECTOR Ronald Américo Panameño Segura por tomar de su tiempo personal alrededor de sus materias impartidas, clases tomadas, congresos y eventos para poder explicarme procedimientos, mejores prácticas, diagramación, asimismo, por darme un acompañamiento personal en su área de trabajo para poder avanzar con varios de los resultados reflejados en este proyecto de Graduación de la Maestría.

A MIS AMIGOS A todos mis amigos en general que creyeron en mí a pesar de todo, a todos aquellos que directa e indirectamente me animaron a no rendirme y me brindaron su ayuda y estuvieron en los buenos y malos momentos y que siempre conté con su amistad incondicional.

A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRÍA A todos mis compañeros de maestría que con muchos pudimos establecer una larga y bonita amistad a lo largo de los años, por tantas horas de estudio, proyectos y tareas juntos que logramos obtener el título como maestros en gerencia del mantenimiento industrial y poder comprender lo que se está logrando en esta interesante rama que conlleva el mantenimiento industrial antiguo y sus tendencias más modernas, para así poder aplicarlo en cada una de nuestras industrias y rubros de trabajo investigación e innovación.

A LOS ENCARGADOS DEL ALMACÉN BODEGA Y DOCENTES A Sergio Guevara, Jonatan Galdámez y Krissia González por su apoyo en ayudarme a comprender las actividades del día a día dentro del Almacén-Bodega de Aeronáutica. Asimismo, por apoyarme con el levantamiento de la información, las bases de datos y las jerarquías de los activos. Finalmente, por su comprensión, tiempo y motivación para con el proyecto el cual brindará muchos beneficios futuros a la facultad y a la universidad. A los docentes de las materias piloto dentro de mi proyecto, por ayudarme a comprender las diferentes necesidades de activos dentro de los laboratorios y prácticas de cada una de las materias.

Resumen

El siguiente trabajo de graduación tiene como finalidad generar una propuesta inicial de gestión de mantenimiento y gestión de calibración mediante un formato prueba piloto siguiendo una planificación, programación y enfoque en mantenimientos preventivos planificados que amortigüen y disminuyan los mantenimientos correctivos no planificados, aquellos mantenimientos diferidos que quedan pendientes después de los mantenimientos preventivos y los descartes de elementos mantenibles y calibrables anualmente. Ambas gestiones mediante la propuesta de diseño de un *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) para su futura implementación integral en la Facultad de Aeronáutica de la Universidad Don Bosco (UDB). El objetivo es mejorar la eficiencia y confiabilidad de la gestión de activos y otras áreas afines como el Hangar y ciertos laboratorios.

Históricamente, estas gestiones se han realizado manualmente o mediante hojas de cálculo, lo que ha resultado en la falta de disponibilidad de activos y mantener su calibración adecuada. Se busca aplicar conocimientos, herramientas y competencias adquiridos en la Maestría en Gerencia del Mantenimiento Industrial (MGMI) para brindar una solución efectiva y rentable al Almacén-Bodega de la facultad.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo antes de que ocurran fallas, reduciendo así el tiempo de inactividad no planificado y los costos de reparación. Se propone una propuesta de diseño de CMMS para gestionar activos mantenibles y calibrables, programar y asignar tareas de mantenimiento preventivo, y garantizar el uso eficiente de recursos.

El plan de mantenimiento preventivo debe incluir recursos necesarios, datos técnicos, normativas, repuestos, herramientas y personal. Además, se deben considerar restricciones presupuestarias, la disponibilidad de activos y personal, normas y regulaciones aplicables, y el entorno operativo.

El objetivo general en cualquier gestión y administración del mantenimiento es extender la vida útil y la confiabilidad de los activos que así lo requieran. En ciertas ocasiones, la cantidad de activos o la demanda de uso de estos es de un tamaño que puede llegar a ser demasiado complejo para gestionarlo manualmente para la mayoría de las organizaciones. Un sistema de gestión de

mantenimiento computarizado (CMMS) permite a las organizaciones llevar a cabo estrategias de Mantenimiento de manera efectiva e iniciar un proceso de cambio interno en cuanto a volverse más proactivos y menos reactivos en cuanto al mantenimiento de los activos dentro de la organización (en este caso el Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica de la Universidad Don Bosco) y una posible escalabilidad futura en otras facultades, áreas o centros de investigación de la universidad.

La propuesta del software CMMS permitiría a los usuarios realizar un levantamiento de activos mantenibles y calibrables, gestionar datos históricos, almacenar y acceder rápidamente a información importante sobre dichos activos. Ejemplos de información pertinente disponible incluye: el estado del equipo, el historial, los materiales y horas hombre a ser utilizados (repuestos, consumibles, gastables), las frecuencias establecidas (las gamas de mantenimiento, las rutinas de mantenimiento, las tareas de mantenimiento), los costos unitarios, la criticidad por medio de jerarquización y otros. Con el software, el departamento de mantenimiento de la facultad u otras entidades podrán programar y asignar gamas, rutinas y tareas de mantenimiento preventivo con anticipación, teniendo en cuenta los tiempos no productivos o de mínimo impacto de la organización para efectuarlos mediante Ordenes de Trabajo (O.T's).

El enfoque se basa en la estandarización de las prácticas de mantenimiento y la gestión eficiente de activos en el Almacén-Bodega de la facultad. Se busca evaluar el impacto de esta propuesta a través de una prueba piloto y mejorar la gestión de mantenimientos y calibraciones para reducir las fallas de equipos, los descartes, los tiempos muertos y el atraso de las prácticas. El uso de un CMMS permitiría una intervención proactiva antes de que ocurran fallas en los activos, lo que podría resultar en una mayor vida útil de los mismos y una reducción de costos.

En resumen, este trabajo propone la implementación de una gestión de activos, una gestión de mantenimiento y una gestión de calibraciones por medio de una propuesta de diseño inicial de un sistema CMMS para mejorar la gestión de mantenimiento preventivo y calibración en la Facultad de Aeronáutica, con el objetivo de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los activos, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos.

Índice General

Agradecimientos	iii
Dedicatorias	iv
Resumen.....	vi
Índice General	viii
Índice de Figuras	xv
Índice de Tablas.....	xviii
Siglas	xx
Abreviaturas	xxii
Nomenclatura	xxiii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación	6
1.3 Alcances	8
1.3.1 Acotamiento	8
1.3.2 Ubicaciones del Alcance	9
1.3.3 Materias Piloto a tomar en cuenta para solicitud y uso de Materiales para prácticas:	10
1.4 Limitaciones.....	11
1.5 Objetivos.....	12
1.5.1 Objetivo General	12
1.5.2 Objetivos Específicos	13
1.6 Antecedentes	15
1.6.1 Antecedentes a Nivel Internacional.....	15
Gestiones de diseño de CMMS similares a Nivel Nacional	18
1.6.2 Antecedentes a Nivel UDB	23
1.6.3 Antecedentes a Nivel Facultad de Aeronáutica	27

1.7 Descripción de la Institución - Universidad Don Bosco (UDB).....	28
1.7.1 Áreas de aplicación del alcance dentro del Diagrama Jerárquico UDB	29
1.7.2 Descripción de Mapa de nivel I: Macroprocesos en General	31
1.7.3 Descripción de Mapa de nivel II: Subproceso - MPN 1-10 Gestión Administrativa	32
1.7.4 Flujogramas pertinentes de nivel III de la Gestión Administrativa:	34
1.7.5 Generalidades de la Facultad de Aeronáutica.....	40
1.7.6 Estructura Organizativa de la Facultad de Aeronáutica	41
1.7.7 Resumen descriptivo de las Carreras que utilizan los activos dentro del Alcance del Proyecto	42
1.7.8 Estructura Organizativa de Mantenimiento Interno de la Facultad	43
1.7.9 Descripción de las áreas principales de uso de la facultad de Aeronáutica	43
1.7.10 Descripción de la Vinculación del Almacén-Bodega con otras áreas	49
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	53
2.1 Descripción del Mantenimiento Industrial en General.....	53
2.1.1 Asset Performance Management/ gestión del rendimiento de los activos (APM)	53
2.1.2 importancias del mantenimiento Industrial	56
2.2 Tipos de Mantenimiento en General.....	58
2.2.1 Mantenimiento Preventivo (Planificado).....	58
2.2.2 Mantenimiento Correctivo/Reactivo (No Planificado).....	60
2.2.3 Mantenimiento Planificado hasta la falla	61
2.2.4 Mantenimiento Predictivo	61
2.2.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	63
2.2.6 Enfoque en una estrategia de Mantenimiento Preventivo	66
2.3 CMMS – Computerized Maintenance Management System	72
2.3.1 Definiciones de sistemas CMMS	72
2.3.2 Diferencias entre CMMS y EAM.....	74
2.3.3 Características y funcionalidades comunes de un CMMS.....	76
2.3.4 Ventajas y beneficios de un CMMS	77

2.3.5 Desventajas de un CMMS	79
2.3.6 Módulos típicos de un CMMS	80
2.3.7 Comparativas de CMMS's en el mercado	82
2.4 Descripción General de la Orden de Trabajo (O.T.) de Mantenimiento	89
2.5 Planificación y Programación del Mantenimiento Preventivo.....	91
2.5.1 Fundamentos de la Gerencia del Mantenimiento	91
2.5.2 Planificación de Mantenimiento Preventivo.....	91
2.5.3 Programación de Mantenimiento Preventivo	91
2.5.4 Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo.....	92
2.6 Modelos de comportamiento de las fallas para activos dentro del alcance	95
2.7 Métricas/KPI de Mantenimiento	97
2.8 Metodología para Mejora Continua y Orden y Limpieza	100
2.8.1 Metodología 5S para Orden y Limpieza.....	100
2.8.2 Ciclo PDCA	103
2.9 Diagramas Esenciales para el diseño de Bases de Datos y Sistemas	105
2.9.1 Diagrama de Entidad-Relación (ERD) para diseño de Software.....	105
2.9.2 Diagrama de flujo de datos (DFD) para diseño de Software.....	108
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	111
3.1 FASE I: Definición de los alcances y limitaciones del proyecto	112
3.2 FASE II Reuniones con “stakeholders”.....	112
3.2.1 Entrevistas/Reuniones con Encargados de Almacén-Bodega, Hangar y laboratorios.....	112
3.2.2 Reuniones con encargados de materias piloto e información de prácticas	113
3.2.3 Reuniones con usuario común del Software CMSS Piloto (Director CIDIM-CITT).....	113
3.2.4 Reuniones con Director Encargado de IT-CTIC de la UDB	114
3.3 FASE III: Levantamiento, adquisición y recolección de fuentes primarias físicas y digitales	115
3.3.1 Levantamiento de Base de datos del catálogo e inicio de inventario de elementos dentro de las ubicaciones de los alcances de la prueba piloto del proyecto.....	115

3.3.2 Solicitar a los docentes la lista de activos utilizados en las asignaturas piloto	115
3.4 FASE IV: Definición de propuestas en base a 5S dentro del Alcance y prueba piloto del proyecto	115
3.5 FASE V: Depuración de base de datos para determinación y levantamiento de los Activos Mantenibles y Calibrables	117
3.5.1 Definición criterios para determinar activos como mantenibles	117
3.5.2 Definición criterios para determinar activos como calibrables	118
3.5.3 Descripción de nomenclatura	119
3.6 FASE VI: Gestión de Propuesta de Proceso y Procedimientos de Gestión	119
3.6.1 Determinar los criterios de evaluación de importancia/criticidad de los Activos mantenibles y calibrables	119
3.7 FASE VII: Gestión del Sistema CMMS	121
3.7.1 Investigación de Campo de diferentes softwares.....	121
3.7.2 Toma de decisión de Software a utilizar y definir razones según comparativa	121
3.7.3 Determinación de los tipos de usuarios a ser considerados dentro del CMMS	121
3.7.4 Determinación de roles para cada tipo de usuario.	122
3.7.5 Determinación de permisos posibles y asignación para cada tipo de usuario.	122
3.7.6 Elaboración de un Diagrama Entidad-Relación (ERD) para el CMMS Propuesto	122
3.7.7 Elaboración de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para el CMMS Propuesto	123
3.8 FASE VIII: Descripción de resultados	123
3.9 FASE IX: Análisis de Conclusiones y detalle de Recomendaciones	123
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	124
4.1 Listado de hallazgos relevantes de reuniones con stakeholders.	124
4.2 Catálogos de activos	127
4.3 Propuestas de Implementación de 5S en Almacén-Bodega	130
4.4 Base de datos y atributos propuestos para activos físicos	153
4.4.1 Propuesta de Nomenclatura.....	153
4.4.2 Base de datos depurada	157

4.5 Procesos y Procedimientos de gestión.....	159
4.5.1 Propuesta de Cambios a Mapas de Procesos para relacionarlos al Mantenimiento de Activos Mantenibles y Calibrables de la Fac. de Aeronáutica	159
4.5.2 Propuestas de gestión de activos mantenibles	161
4.5.3 Propuestas de gestión de activos calibrables. (Interna-Int. y Externa – Ext.).....	167
4.5.4 Determinar la jerarquización de los Activos calibrables según un matriz de jerarquización y los criterios previamente establecidos.....	167
4.5.5 Determinar Frecuencias de calibración para cada activo calibrable	168
4.6 Propuesta de Diseño de un CMMS + Diagramas esenciales.....	170
4.6.1 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS - Gestión de Mantenimientos Preventivo (MS Excel)	171
4.6.2 Determinación de roles para cada tipo de usuario.	172
4.7 Determinación de Usuarios del CMMS (Permisos según roles).....	174
4.7.1 Diagrama de Entidad-Relación (ERD) para el CMMS Propuesto	175
4.7.2 Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para el CMMS Propuesto	180
4.8 Determinación de Activos Mantenibles y Calibrables (MS Excel)	187
4.9 Determinación de Rutinas de O.T para cada Activo Mantenible (MS Excel).....	187
4.11 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS – Planificación bienal de Calibraciones (MS Excel).....	187
4.12 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS –Gestión de Calibraciones (MS Excel)	187
4.13 Propuestas descriptivas de los Procesos de Orden de Trabajo (O.T.).....	189
4.13.1 Propuesta de proceso de Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Preventivo (Programado).....	189
4.13.2 Propuesta de proceso Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Correctivo debido a falla durante un Preventivo	191
4.13.3 Propuesta de proceso Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Correctivo (No Programado) debido a reporte de falla.....	192
4.14 Propuestas de Formatos	194
4.15 Propuesta de Reportes o Informes de la ejecución de Mantenimiento y Calibraciones	196
4.16 Propuesta de Índices de Mantenimiento a ser analizados por CMMS	198

4.17 Propuesta de un Plan de Implementación para un CMMS hecho en casa para gestiones académicas	202
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	203
5.1 Conclusiones	203
5.2 Recomendaciones	205
Referencias.....	207
ANEXO A. PENSUMS DE CARRERAS ACTUALIZADOS	A-1
ANEXO B. INFORMACIÓN DE ACTIVOS PARA PRÁCTICAS DE LAB.	B-1
B.1 EAM172 – Estructuras Aeronáuticas y su mantenimiento– Ingeniería Aeronáutica (Plan Actual – absorción de ESA171 – Estructuras Aeronáuticas – Ingeniería Aeronáutica)	B-1
B.2 RES171 – Reparaciones Estructurales – Ingeniería Aeronáutica	B-2
B.3 EAV471 – Estructuras de Aviación – Técnico en Mantenimiento Aeronáutico (TMA)	B-3
ANEXO C. NOTAS DE REUNIONES CIDIM	C-1
ANEXO D. NOTAS DE REUNIONES CON ENCARGADOS.....	D-1
ANEXO E. BASE DE DATOS DE ACTIVOS.....	E-1
E.1 Base de datos de tipos de activos mantenible y calibrables.....	E-1
E.2 Base de datos de activos calibrables.....	E-8
E.3 Base de datos de Rutinas definidas para cada activo mantenible y/o Calibrable	E-10
E.4 Base de datos de Criticidad/Jerarquías de Activos Mantenibles	E-14
E.5 Base de datos de Criticidad/Jerarquías de Activos Calibrables	E-23
ANEXO F. PLANIFICACIONES / CALENDARIZACIÓN – MS EXCEL®.....	F-1
F.1 Planificación Anual de Mantenimiento Preventivo	F-1
F.2 Planificación Bienal de Calibraciones Internas y Externas – Nota: Archivo fuente disponible debido a tamaño	F-2
ANEXO G. GESTIONES – MS EXCEL®	G-1
G.1 Gestión de Mantenimiento Preventivo Planificado	G-1
G.2 Gestión de Calibraciones + Calendarización y Bitácora Interna.....	G-2

**ANEXO H. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA UN CMMS HECHO EN CASA
PARA GESTIONES ACADÉMICASH-1**

ANEXO I. PLAN DE CAPACITACIÓN A USUARIOS QUE UTILIZARÁN CMMS . I-1

Índice de Figuras

Figura 1.1. Objetivos Básicos del Mantenimiento	3
Figura 1.2. Mapa de Ubicaciones dentro del Alcance en la UDB Campus Soyapango.....	9
Figura 1.3. Cronograma de la Gestión del Mantenimiento Industrial.....	16
Figura 1.4. Infografía y estadísticas de Matteo®	18
Figura 1.5. Soluciones que utópicamente debería tener un CMMS industrial.....	20
Figura 1.6. Logo actual y simulación de interfaz de usuario del CMMS EAM DPSI-PMC™	24
Figura 1.7. Logo antiguo y simulación de interfaz de usuario del DPSI-PMC-2000™	24
Figura 1.8. Marca y logo actual de la Universidad Don Bosco.....	28
Figura 1.9. Diagrama Jerárquico de la Estructura Organizativa de la UDB	29
Figura 1.10. Diagrama de Mapa de nivel I: Macroprocesos en General.....	31
Figura 1.11. Diagrama de Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa	32
Figura 1.12. de Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa con sus gestiones internas establecidas hasta la fecha	33
Figura 1.13. Proced. 10.6.4 Gestión de Traslados, descartes y venta de equipos y mobiliarios....	34
Figura 1.14. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 1.....	35
Figura 1.15. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 2.....	36
Figura 1.16. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 3.....	37
Figura 1.17. Proced. 10.3.3 Mantenimiento Correctivo de Instalaciones – Parte 1	38
Figura 1.18. Proced. 10.3.3 Mantenimiento Correctivo de Instalaciones – Parte 2.....	39
Figura 1.19. Organigrama Oficial de la Facultad de Aeronáutica.....	41
Figura 1.20. Información de las carreras dentro de la Fac. de Aeronáutica de la UDB.....	42
Figura 1.21. Organigrama de Mantenimiento de la Fac. de Aeronáutica	43
Figura 1.22. Foto Panorámica del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica.....	44
Figura 1.23. Fotografía con acercamiento del Estante “G” – Materiales Peligrosos y Estante ‘H’ – EPP y Equipos de mayor envergadura del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica.....	44
Figura 1.24. Fotos laterales del Hangar y sus aeronaves	45
Figura 1.25. Fotografía Frontal del Hangar y sus elementos	46
Figura 1.26. Fotografía externa de estudiantes trabajando en las gradas metálicas y el Avión B727-200.....	46
Figura 1.27. Fotografía externa del Cuarto/Bodega del Compresor y Filtro Coalescente	47

Figura 1.28 Fotografía interna del Cuarto/Bodega del Compresor y Filtro Coalescente.....	47
Figura 1.29. Fotos de estudiantes y docentes dentro del Laboratorio de Propulsión.....	48
Figura 1.30. Estantes 1, 2 y 3 del Laboratorio de Aviónica.....	48
Figura 1.31. Cuadro relacional del “Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica con otras áreas dentro de la Universidad Don Bosco.....	50
Figura 1.32. Ejemplo de Reporte de Requisición de suministros	51
Figura 1.33. Ejemplo de Reporte de Recepción de activos Calibrables – Laboratorio de Metrología UDB.....	52
Figura 2.1. Retos de una Gestión y Ejecución del Mantenimiento	53
Figura 2.2. Estrategia Operativa Optimizada en base al APM.....	55
Figura 2.3. Procesos de los tipos de mantenimiento Preventivo	58
Figura 2.4. Los 8 pilares del TPM.....	65
Figura 2.5. Diagrama de Gamas, Rutinas y Tareas de Mantenimiento Preventivo por activo	70
Figura 2.6. Visión de un autor de los módulos típicos que debe llevar un CMMS.....	81
Figura 2.7. Gráfica comparativa de diferentes CMMS en el mercado.....	85
Figura 2.8. Logo del Software Consuman® y sus módulos.....	86
Figura 2.9. Soluciones/Módulos propuestos descritos por Consuman®.....	87
Figura 2.10. Pantallas del Software Consuman® en versión de escritorio y en versión Móvil.....	88
Figura 2.11. Pantallas del Software Consuman® en versión de escritorio y en versión Móvil.....	89
Figura 2.12. “Workflow” típica de una Orden de Trabajo (O.T).....	90
Figura 2.13. Fundamentos de la Gerencia del Mantenimiento	91
Figura 2.14. Pasos a seguir para iniciar a Elaborar una Gestión de Mantenimiento Preventivo ...	92
Figura 2.15. Curva de la Bañera típica en RCM	97
Figura 2.16. Las 5S conglomeradas de Lean Manufacturing (en coreano y español)	100
Figura 2.17. Las 5S de Lean Manufacturing (en coreano e inglés) + explicación y beneficios ..	102
Figura 2.18. Pictograma del Ciclo PDCA de Deming en inglés y español.....	103
Figura 2.19. Simbología de Everest para Diagramas Entidad- Relación (ERD)	107
Figura 2.20. Ejemplo de un Diagrama Entidad-Relación (ERD).....	108
Figura 2.21. Modelo ejemplo de un Diagrama de flujo de datos (DFD)	110
Figura 2.22. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para una tienda en línea	110
Figura 3.1. Diagrama Cronológico de fases de Metodología utilizada.....	111

Figura 4.1. Proceso para establecer una mejora continua mediante 5S - PDCA	130
Figura 4.2. Fotografía de zonas con suciedad dentro del Almacén Bodega – Techo y Canaletas	146
Figura 4.3. Fotografías de zonas con suciedad dentro del Almacén Bodega.....	147
Figura 4.4. Utilización del Paso #4 Seiketsu de 5S para división de cubos y llaves.....	148
Figura 4.5. Tabla #9.3a de la IATA – Segregación de Materiales Peligrosas + Rombos de Seguridad.....	148
Figura 4.6. Poster de Gestión de Mantenimiento en Estante C.....	149
Figura 4.7. Poster de Planificación Anual de Mantenimientos en estante I.....	149
Figura 4.8. Muestra de falta de “shadowgraph” de herramientas en estante B.....	150
Figura 4.9. Ejemplo de Ordenamiento de Herramientas en una empresa Panificadora del país .	150
Figura 4.10. Señalización según OSHA, AAC y 5S del Hangar.....	151
Figura 4.11. Señalización de posicionamiento correcto de escaleras metálicas en Hangar	151
Figura 4.12. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para una tienda en línea	159
Figura 4.13. Gestiones dentro del Subproceso MPN1-10 Gestión Administrativa	160
Figura 4.14. Propuesta de Procesos de Mantenimiento de forma simbólica.....	164
Figura 4.15. Propuesta de Procesos de Gestión de Calibración de forma simbólica	168
Figura 4.16 Propuesta de Diagrama Entidad – Relación (ERD) para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house”	175
Figura 4.17. Propuesta de Diagrama de Flujo de datos (DFD) Nivel 0 – Diagrama de Contexto para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house”.....	180
Figura 4.18. Propuesta de Diagrama de Flujo de datos (DFD) Nivel 1 – para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house.....	181
Figura 4.19. Imagen inicial de Módulo Piloto demostrativo CMMS.....	185
Figura 4.20. Imagen de los iconos para ingresar a los Módulos del CMMS V01.1	186
Figura 4.21. Diagrama de Flujo inicial de la Propuesta de proceso de Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Preventivo.....	189

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Ejemplo de Gestión Mantenimiento a las instalaciones y su duración en MS Excel®	.23
Tabla 2.1 Características comunes de un CMMS	76
Tabla 2.2 Comparativa de CMMS's en el mercado	82
Tabla 2.3 Fases de la Curva de la Bañera	96
Tabla 2.4 Definición de concepto y objetivo de las 5S	101
Tabla 2.5 Notación de “pata de gallo” utilizada para Diagramas de Entidad-Relación	107
Tabla 2.6 Reglas básicas de un flujo de datos para Creación de DFD's	109
Tabla 3.1 Categorización y Ponderación para Criterios de Jerarquización de Criticidad	120
Tabla 4.1 Activos con mayor cantidad de fallas según docentes	124
Tabla 4.2 Atributos del Catálogo General de Activos	128
Tabla 4.3 Ubicaciones Principales del Catálogo General de Activos	128
Tabla 4.4 Ubicaciones dentro de “Otros” del Catálogo General de Activos	129
Tabla 4.5 Clave de colores y Cantidad de tipo de activos segregados del Catálogo General de Activos	129
Tabla 4.6 Tipo y Cantidad Existente de Tipos de Activos según Catálogo General	129
Tabla 4.7 Descarte de Activos Mantenibles/ No - Operables (Recientes)	131
Tabla 4.8 Árbol de Jerarquías de Ubicaciones de la Fac. de Aeronáutica. Fuente: Creada por el autor	134
Tabla 4.9 Ubicaciones Únicas mediante 3 niveles de jerarquía	140
Tabla 4.10 Clasificación de Estantería en Almacén-Bodega	145
Tabla 4.11 Ejemplos de códigos únicos de activos mantenibles y calibrables	153
Tabla 4.12 Tabla de tipos de familia de activos	153
Tabla 4.13 extracto de la de la depuración de Activos Mantenibles y activos calibrables	157
Tabla 4.14 Cantidades de activos calibrables	157
Tabla 4.15 Extracto de la de la depuración de activos calibrables	157
Tabla 4.16 Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Mantenibles	161
Tabla 4.17 Extracto de los Activos críticos en rojo según criterios	162
Tabla 4.18 Diferentes Tipos de Frec. de Mto. Prev. y su Simbología Propuesta	162
Tabla 4.19 Rutinas de Mantenimiento	163
Tabla 4.20 Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Calibrables	167

Tabla 4.21 Diferentes Tipos de Frec. de Calibración y su Simbología Propuesta	168
Tabla 4.22 Atributos de la Gestión de Mantenimiento Preventivo	172
Tabla 4.23 Tipos de permisos para usuarios del CMMS propuesto.....	174
Tabla 4.24 Tipos de permisos para cada tipo de usuario del CMMS propuesto.....	174
Tabla 4.25 Atributos de la Gestión de Calibraciones	188
Tabla 4.26 Bitácora de Mantenimiento Preventivo Programado (basado en frecuencias)	194
Tabla 4.27 Bitácora para fallas que requiriesen un mantenimiento no programado ("Correctivo/Reactivo").....	195
Tabla 4.28 Métricas y ecuaciones pertinentes para KPI's de Mantenimiento	199

Siglas

AAC Autoridad de Aviación Civil

APM Asset Performance Management/ su traducción al español es, Gestión del Rendimiento de los Activos

CFR Constant Failure Rate / su trad. al español es, Tasa de Fallos constante

CIDIM Centro de Innovación en Diseño Industrial y Manufactura

CITT Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología

CM Corrective Maintenance / su traducción al español es, Mantenimiento Correctivo

CMMS Computerized Maintenance Management System / su traducción al español es, Sistema/Software de Gestión de Mantenimiento Computarizado (GMAO)

CTIC Centro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

DFD Data Flow Diagram / su trad. al español es, Diagrama de Flujo de datos

DFR Decreasing Failure Rate / su trad. al español es, Tasa de Fallos en disminución

EAM, Enterprise Asset Management, / su trad. al español es, Gestión de Activos Empresariales

EASA European Union Aviation Safety Agency / su trad, al español es, Agencia Europea de Seguridad Aérea

ERD Entity-Relationship Diagram / su trad. al español es, Diagrama de Entidad-Relación

FAA Federal Aviation Administration / su trad. al español es, Admón. Fed. fe Aviación

GMAO Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador/Computadora – del inglés CMMS

ICAO/OACI International Civil Aviation Organization / su trad. al español es, Organización de Aviación Civil Internacional

IFR Increasing Failure Rate / su trad. al español es, Tasa de Fallos en incremento

ISO International Organization of Standardization / su trad. al español es, organización internacional de estandarización.

KPI Key Performance Index / su trad. al español sería, Índice de Desempeño Clave

LCD Liquid Crystal Display / su trad. al español es, representación visual por cristal líquido

MTBF Mean Time Between Failure / su trad. al español es, Tiempo Medio Entre Fallas

MTTF Mean Time To Failure su trad. al español es, Tiempo Medio/Promedio a la Falla

MTTR Mean Time To Repair / su trad. al español es, Tiempo Medio/Promedio de Reparación

OEE Overall Equipment Effectiveness, su trad. al español es, Eficiencia General de los Equipos

OOAD Object Oriented Analysis and Design / su trad. al español es, Análisis y diseño orientado a objetos

PM Preventive Maintenance / su trad. al español es, Mantenimiento Preventivo

PPM Preventive Planned Maintenance / su trad. al español es, Mantenimiento Preventivo Planificado

RCM Reliability Centered Maintenance / su trad. al español es, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

SaaS Software as a Service / su trad. al español es, Software como un Servicio (por Internet/nube)

TMA Técnico en Mantenimiento Aeronáutico su trad. al inglés es, “Aircraft Maintenance Technician”

TPM Total Productive Maintenance / su trad. al español es, Mantenimiento Productivo Total

UDB Universidad Don Bosco

WMS Warehouse Management System / su trad. al español es, Sistema de Gestión de Almacén/Bodega

Abreviaturas

Admón. Administración

diag. diagnóstico

etc. etcétera

eval. evaluación

ext. externo/a

Fed. Federal

frec. frecuencia

gest. gestión

gral. general

hrs. horas

i.e. es decir

int. interno/a

máx. máximo

min. mínimo

mins. Minutos

Mtto. Mantenimiento

pág. página

Proced. Procedimiento

trad. traducción

Univ. Universidad

V.º B.º Visto Bueno

vs. versus

Nomenclatura

- A** Disponibilidad (“Availability” en inglés)
- e** Número de Euler - la constante matemática aproximadamente igual a 2.1828
- R** Confiabilidad (“Reliability” en inglés)
- $\lambda(t)$** Función basada en el tiempo de la tasa de fallas
- $\mu(t)$** Función basada en el tiempo de la tasa de reparación

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Desde su concepción, la Facultad de Aeronáutica ha ido gestionando y almacenando activos para la realización de las prácticas de la que originalmente era su única carrera; el *Técnico en Mantenimiento Aeronáutico* o mejor conocido por sus siglas (TMA). Debido a lo novedoso de la carrera y a la necesidad de ejecuciones rápidas, dentro de la cultura interna, fue común la no estandarización de las prácticas de cada una de las materias y la poca comunicación entre docentes que daban la materia en un ciclo en cuestión con el siguiente ciclo; esto se ve reflejado en la actualidad con un efecto de esta cultura de trabajo donde se debe determinar mediante una prueba piloto qué tanto es el impacto. Asimismo, a causa de esto, es el resultado de la falta de herencia de información y falta de continuidad de las prácticas preestablecidas por un grupo de trabajo en un ciclo anterior. Dadas las prácticas descritas y la adición de la nueva carrera de *Ingeniería Aeronáutica*, la bodega (la cual se busca que tome la modalidad de “Almacén-Bodega de aeronáutica”) de la Fac. Aeronáutica fue aumentando en su cantidad de activos de manera desordenada y copiosa. Asimismo, debido a la alta necesidad de diversos materiales por las materias o proyectos, estos no fueron ordenados/posicionados de manera adecuada, los materiales no se introdujeron a un catálogo (ni a un sistema de inventario o KARDEX), no se determinaron posiciones estándares en el almacén de la facultad, no se segregó entre activos mantenibles y activos calibrables y no se estableció una gestión de mantenimiento a las herramientas y equipos que, según análisis y valoración, sí lo necesitan con cierta frecuencia según su frecuencia de uso; así como una gestión de calibraciones según la misma frecuencia de uso y un programa de control virtual del almacén mediante software especializado, iniciando por MS Excel® varias de las gestiones como se mostrará posteriormente.

Se espera que con esta propuesta que ha sido exitosa en otros rubros, a través de una propuesta de diseño para un futuro CMMS con posibilidad de escalamiento, permita intervenciones previas a la próxima falla y a la fase de desgaste del activo como se describe a continuación en la Figura 2.15 la típica **Curva de la bañera** (del término Bathhtub Curve en inglés por su forma peculiar) paralela a la gestión de mantenimiento preventivo planificada propuesta. Con el tiempo se prevé que se pudiese crear un cronograma de mantenimiento preventivo con un plan especializado para cada

elemento basado en el ciclo de vida del modelo, extendiendo la vida del activo, mejorando la eficiencia y reduciendo costos de mantenimiento o de reemplazos completos (Lienig & Bruemmer, 2017; NIST/SEMATECH, 2012).

Como fue descrito anteriormente, como parte del proceso académico formativo bajo el formato de Diseño Curricular basado en competencias de la Universidad Don Bosco (UDB) la facultad cuenta con dos carreras al momento de la escritura de este proyecto:

1) El Técnico en Mantenimiento aeronáutico (TMA) – Regulado bajo la AAC

2) La Ingeniería aeronáutica – Certificada por El Ministerio de Educación

Por su naturaleza técnica, las **prácticas de laboratorio, los proyectos de cátedra, y los proyectos de investigación** asociados a dichas carreras han sido y siguen siendo piezas fundamentales desde que iniciaron ambas carreras. En el caso del TMA, las prácticas revisten mayor importancia dada la naturaleza técnica, y el hecho que esta carrera técnica está regulada por autoridades Nacionales; la Autoridad de Aviación Civil (AAC) y autoridades internacionales como la OACI, FAA y EASA. En la ingeniería aeronáutica, las prácticas de laboratorio toman igual relevancia que en el TMA, sin embargo, los proyectos dentro y fuera del aula toman aún mayor relevancia dada su naturaleza investigativa, analítica y siempre técnica para lograr cumplir con el objetivo de que los estudiantes adquieran las competencias estipuladas en cada materia de cada carrera. Para lograr esto, la Facultad de Aeronáutica cuenta con diferentes elementos (maquinaria, herramientas y equipos), que a partir de este punto en adelante serán nombrados como “activos” (albergados principalmente en el Almacén-Bodega y el Hangar de la facultad) destinados para el uso de prácticas, proyectos de investigación, proyectos de cátedra y proyectos de las asociaciones estudiantiles. Algunos de estos son considerados activos mantenibles y/o activos calibrables que requieren la realización de gestiones afines respectivamente para evitar la degradación, posibles fallas, descalibración/desajuste y posible pérdida de ejecución de los procesos académicos antes descritos.

En cualesquiera de los rubros nacionales o internacionales de la aeronáutica u otras áreas técnicas/tecnológicas, el mantenimiento industrial preventivo planificado se trata de llevar a cabo con cierta periodicidad y prioridad antes de que un activo completo o pieza de este se descomponga;

por ende, si una falla sucede, la producción completa (en el caso de la UDB clases, prácticas de laboratorio y/o proyectos) deben ser temporalmente suspendidos o totalmente eliminados. Este tipo de mantenimiento (**el Mantenimiento Preventivo Planificado**) es lo opuesto al mantenimiento reactivo o también nombrado mantenimiento correctivo de fallas (No Planificado), que debe realizarse (y por ende programarse y agendarse) después de que se descompone un equipo, ya sea inmediatamente después de una emergencia/falla súbita o lo más inmediatamente después de un mantenimiento preventivo o inspección periódica planificada donde el ejecutor de dicho mantenimiento encuentra y reporta una falla para que estas no se acumulen y permitir que no se dejen de impartir las prácticas o ejecutar los proyectos. Las gamas, las rutinas y las tareas de Mantenimiento Preventivo (definidas en el CAPITULO 2) deben realizarse en base a intervalos predeterminados (típicamente llamadas frecuencias de mantenimiento) para un activo en cuestión, como un período de típicamente especificado en días, semanas, meses o años, o por conteo de medidores (horas, ciclos, cantidad de usos, etc.). Estas frecuencias o tiempos límites de los medidores son determinados según la experiencia del encargado de mantenimiento, según los manuales de mantenimiento de los activos, o iterativamente según un histórico de fallas. Una estrategia de mantenimiento preventivo ayuda a minimizar el tiempo de inactividad no planificado (“downtime”), los costos de materiales y horas hombre (HH) requeridos para su reparación o hasta la posible compra obligada de un equipo completamente nuevo.



Figura 1.1. Objetivos Básicos del Mantenimiento
Fuente: Adaptada de (Garrido, 2013)

Según (Garrido, 2013) y mostrado en la Figura 1.1, los objetivos básicos para una gestión eficaz del mantenimiento industrial incluyen aumentar la vida útil, aumentar los índices de confiabilidad

(fiabilidad), disponibilidad y mantenibilidad de los activos, así como el cumplimiento de costos mediante un presupuesto establecido (Garrido, 2013). Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones y para la mayor parte de las organizaciones, esta gestión resulta demasiado compleja para mantenerla manualmente o en programas de Hojas de cálculo, como MS Excel®; esto se debe a la gran cantidad de activos, poco personal técnico disponible, o la acumulación desenfrenada de fallas que llevan a excesivos mantenimientos correctivos/reactivos como resultado al hecho que la organización nunca realizó una correcta administración y gestión del mantenimiento de activos.

Un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS), también conocido como Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador/Computadora (GMAO) – de este punto en adelante y por conocimiento de la industria nacional nombrado como CMMS, soluciona estos problemas y permite a las organizaciones llevar a cabo estrategias de Mantenimiento de manera efectiva, igualmente, permite iniciar una revolución interna en cuanto a una cultura de mayor proactividad y menor reactividad en cuanto al mantenimiento de los elementos dentro de la organización (en este caso el Almacén-Bodega de la facultad) y así poder llevar un historial completo del estatus real de cada activo, un control y una planificación y por ende una programación con trazabilidad.

Un software CMMS permite a los usuarios realizar un levantamiento de activos mantenibles y calibrables, gestionar datos históricos, almacenar y acceder rápidamente a información importante sobre los activos mantenibles y calibrables. Ejemplos de información pertinente incluyen: el estado del equipo, el historial, las pautas recomendadas por el fabricante, las piezas de repuesto, los procesos, las tareas de mantenimiento, las frecuencias y más. Con el software, el departamento de mantenimiento puede planificar mantenimientos de forma anual según los criterios antes mencionados, programar dichos mantenimientos (asignados por medio de Orden de Trabajo de Mantenimiento a uno o varios técnicos en cuadrilla) asignar gamas, rutinas y tareas de mantenimiento preventivo con anticipación, teniendo en cuenta los tiempos inactivos de la organización para efectuarlos. Asimismo, con el software se puede llevar la información de los proveedores externos de mantenimientos y calibraciones y las gestiones realizadas con ellos.

En resumen, para resolver lo antes mencionado, este proyecto de graduación/tesis busca brindar una propuesta de gestión y de diseño fehaciente para una futura aplicación en formato de prueba piloto de la gestión de mantenimiento preventivo y calibraciones mediante la propuesta de diseño de un CMMS hecho en casa para el Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica, y así poder gestionar los activos antes mencionados, generar los mantenimientos preventivos planificados y las calibraciones necesarias de los activos más críticos y de posible control dentro de las ubicaciones de almacenamiento y uso de la Facultad de Aeronáutica; de esta forma, aumentando el tiempo de vida útil de los activos y limitando la posibilidad de un aumento abrupto de la función/ecuación de riesgo de los activos.

Se busca evaluar una gestión más moderna que fortalezca el estado actual de los mantenimientos y calibraciones y que permita disminuir las fallas de los equipos durante prácticas con los estudiantes y por ende los tiempos muertos de los equipos, paralelamente buscando evitar un mantenimiento preventivo excesivo (frecuencias innecesarias) que no brinde valor a la gestión. Utilizando estas técnicas y análisis de reportería histórica según bitácoras y reportes de los docentes, se podrá confirmar el grado de efectividad de la gestión de mantenimientos y calibraciones en la disminución de los riesgos de fallas y las ocurrencias de estas según los indicadores básicos propuestos de *mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad*.

1.2 Justificación

En muchas organizaciones se sigue manteniendo la Fase/Generación 1 de la gestión de Mantenimiento, la cual consiste en llevar a los activos de la organización hasta la falla o inclusive al final de su vida útil en formato de mantenimiento correctivo/reactivo (Dahbura Ramos et al., 2017; Marroquín et al., 2008; Pintelon & Parodi-Herz, 2008). Esto se debe a la visión equivocada de que el mantenimiento es solamente un gasto que se resuelve según va surgiendo. Este concepto está muy arraigado en diversos sectores industriales por experiencia personal y de anécdotas de los docentes de la MGMI, incluidos ambientes como las universidades – incluida la UDB –, donde no siempre se ha llevado una gestión correcta y en formato completamente computacional de mantenimiento o calibraciones de los elementos/activos fijos que sí lo necesitan y que son auditados interna y externamente.

Se hizo una búsqueda interna de trabajos de graduación previos del programa de maestría dentro del Repositorio Digital de la Biblioteca de la Universidad Don Bosco (*Repositorio Digital Universidad Don Bosco - Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial, 2023*), para corroborar si se había realizado anteriormente una propuesta de CMMS para la Facultad de Aeronáutica o la UDB y a la fecha de este proyecto no se encontró propuesta de proyecto de graduación similar a este. Si bien es cierto que pudiese haber trabajos similares a este en otras universidades del mundo, se buscó el valor de la aplicación de los conceptos y competencias adquiridos en la MGMI en una organización académica con necesidades industriales mediante dichas propuestas y gestiones. Adicionalmente, se tuvo conversaciones con el Director de la Biblioteca de la Universidad Don Bosco quien comunicó que a conocimiento de ellos no existe tampoco tal proyecto de Graduación y con aplicación de escalabilidad a otras áreas de gran beneficio.

En concreto, y respecto al alcance de este trabajo, la Facultad de Aeronáutica de la Universidad Don Bosco efectivamente posee diversos activos mantenibles y calibrables que hasta la elaboración de este proyecto no se tenía un dato certero de la magnitud de la población de activos fijos mantenibles y calibrables, sus atributos completos y cuáles deberían ser las estrategias de mantenimiento a seguir con cada uno de ellos.

En ese sentido, poder contar con un CMMS o al menos tener el diseño de una propuesta de implementación que pudiera ser desarrollada internamente por el Centro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CTIC), facilitaría enormemente la trazabilidad, la posibilidad de tener históricos de todas las gestiones (incluyendo los involucrados), poder generar reportes, bitácoras y alertas de diversos tipos. Asimismo, permitirá generar solicitudes/reportes de fallas de parte de los docentes (en formato de “ticket”) para corregir las fallas de dichos activos y así evitar las fallas durante las prácticas con los estudiantes y los posibles descartes por “falla catastrófica” (“wear-out”) de los equipos al llegar demasiado cerca al final de su vida útil por una gestión nula del mantenimiento industrial.

Adicionalmente, el CMMS debe ser realizado en casa por medio del Centro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CTIC) el cual es parte del El Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (CITT), para poder integrarse con los demás sistemas ya construidos, diseñados y en funcionamiento y así evitar costos adicionales de implementación o adecuación.

Se busca con este proyecto, poder iniciar una adecuada gestión de activos, gestión de mantenimiento y gestión de calibraciones mediante una propuesta de diseño de CMMS simple como prueba piloto para ciertas materias piloto iniciales y así poder mejorar la eficacia académica de las prácticas brindadas por la facultad de aeronáutica; de esta forma, evitando el contar con elementos que se encuentren fuera de su condición óptima, asimismo evitando la no trazabilidad de los posibles fallos y tiempos muertos de los activos que son parte de la facultad y que impactan la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad en base a los indicadores pertinentes.

1.3 Alcances

1.3.1 Acotamiento

El presente proyecto está sujeto a los siguientes alcances:

- Las gestiones de mantenimiento y calibraciones están enfocadas en la Fac. de Aeronáutica solamente y para activos completos (no para partes de activos).
- No se contemplan partes de infraestructura o empotramientos en esta gestión ya que ya existen procedimientos de parte del Departamento de Mantenimiento de la UDB para estas gestiones y se ha enfocado más en la falta de gestiones en los activos de la Vicerrectoría Académica y la Fac. de Aeronáutica por ser de interés personal.
- Las propuestas van mayormente enfocadas en el mediano y largo plazo de los activos para una implementación futura según la escalabilidad solicitada al Centro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CTIC).
- Se ha tomado en cuenta ciertas ubicaciones físicas descritas posteriormente
- Se han tomado en cuenta todos los elementos del Almacén-Bodega, algunos elementos del Laboratorio de Propulsión, del Laboratorio de Aviónica, del Hangar de la UDB (Campus Soyapango) y otros elementos que requieren de cuidado especial debido a su complejidad, costo u obligatoriedad por las autoridades.
- El enfoque ha sido en las materias de estructuras de ambas carreras descritas posteriormente, ya que estas materias utilizan la mayor cantidad de elementos mantenibles y calibrables.
- Se han tomado un número limitado de módulos y tipos de usuarios para la propuesta de CMMS.
- Se tomará la metodología de Prueba Piloto de menor escala en una sola facultad, en solo ciertas áreas de mayor activo fijo de la facultad con activos mantenibles.
- Las Rutinas y por ende las tareas en una o varias O.T asignadas son responsabilidad del equipo completo no de una persona en específico (a menos que sea una asignación única)
- Dentro de la propuesta de CMMS y los diagramas relacionados, no se plantea asignar rutinas y por ende tareas a un Técnico en específico, sino a una cuadrilla de técnicos (de una o más personas) que deberán realizar las rutinas detalladas en la O.T.

- Se tendrá trazabilidad dentro de la O.T o el CMMS de las rutinas hechas por cada técnico por medio la descripción detallada que se solicitará por medio del encargado para dar por cerrada la O.T; esto para simplificar la propuesta de diseño y por experiencia personal.
- Ninguno de los activos mantenibles o calibrables tendrá una estrategia de mantenimiento correctivo planificado hasta la falla debido a la naturaleza de los activos que se encuentran en la facultad y ya que hay poca redundancia entre ellos.
- La propuesta no incluye la creación de un Warehouse Management System (WMS), Software para la Gestión de Inventarios o un KARDEX, quedando como recomendación o punto de partida en su implementación para trabajos de grado asignados dentro de la UDB.

1.3.2 Ubicaciones del Alcance

Nota: Áreas seleccionadas por facilidad de acceso, de mayor uso, reguladas y con mayor cant. de activos mantenibles y calibrables. Áreas son mostradas en la Figura 1.2

- Ubicación Piloto Principal – Parte de la Fac. de Aeronáutica: Almacén Bodega (Edif. 6)
- Ubicación Piloto Secundaria – Hangar- UDB – Compresor, Mesas, Gradas Metálicas
- Ubicación Piloto Secundaria – Laboratorio de Propulsión – Ciertos Activos (Edif. 3)
- Ubicación Piloto Secundaria – Laboratorio de Aviónica – Ciertos Activos (Edif/ 3)



Figura 1.2. Mapa de Ubicaciones dentro del Alcance en la UDB Campus Soyapango

Fuente: Adaptada de Mapcarta.com

1.3.3 Materias Piloto a tomar en cuenta para solicitud y uso de Materiales para prácticas:

- EAV471 – Estructuras de Aviación – Técnico en Mantenimiento Aeronáutico (TMA)
- ESA171 – Estructuras Aeronáuticas – Ingeniería Aeronáutica (Plan antiguo)
- EAM172 – Estructuras Aeronáuticas y su mantenimiento – Ingeniería Aeronáutica (Plan Actual – absorción de ESA171 – Estructuras Aeronáuticas – Ingeniería Aeronáutica)
- RES171 – Reparaciones Estructurales – Ingeniería Aeronáutica (Plan Antiguo)

*Nota: el Alcance de la prueba piloto no incluye las Aeronaves del Hangar ni el B727-200

*Nota: el Alcance de la prueba piloto se ha limitado a ciertos Activos críticos mantenibles y calibrables de los laboratorios de Aviónica y Propulsión

1.4 Limitaciones

Las limitaciones a la ejecución del presente trabajo son las siguientes:

- Tiempo: el trabajo se realizará exclusivamente dentro de los tiempos establecidos para este proyecto de postgrado (6 a 8 meses).
- Personal: El equipo de trabajo de tiempo completo en el Almacén-Bodega es de solamente una persona. (un encargado del Almacén-Bodega).
- Se cuenta con un máximo de 5 horas a la semana para realizar trabajo de campo y solo el/la encargada del Almacén-Bodega tiene acceso a las instalaciones y la PC.
- Acceso a información: por motivos de confidencialidad existen restricciones de información que se puede compartir, especialmente de los procedimientos, formatos, e información de los procesos y certificados del Departamento de Metrología o también conocido como Laboratorio de Metrología y Ensayos de la UDB; se tendrá que adaptar a la información que sea posible obtener y publicar.
- Interferir en el proceso de prácticas de Laboratorio: es estrictamente prohibido interrumpir el proceso formativo académico de la organización y por ende no se puede tener acceso al equipo en condiciones operativas, ni en horarios nocturnos por política de la Facultad, la universidad y la normativa de calidad interna y la autoridad.
- Tiempo para reuniones con encargados de Almacén-Bodega: solamente 2 horas a la semana para reuniones presenciales de discusión.
- Conocimiento: Razón de la curva de conocimiento de la teoría de ingeniería, o la teoría de la gestión de mantenimiento de los encargados de Almacén-Bodega para comprender las propuestas de este trabajo de graduación-tesis.
- Presupuesto disponible para poder realizar una prueba piloto de las diferentes propuestas descritas.
- Presupuesto disponible para poder realizar una prueba piloto de las diferentes propuestas descritas, y limitación presupuestaria en la facultad para la adquisición de un CMMS comercial.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Generar una propuesta de gestión de mantenimiento preventivo y gestión de calibraciones integral mediante la propuesta de diseño de un sistema computacional CMMS hecho a la medida con posibilidades de escalabilidad, versatilidad y uso por parte de la Fac. de Aeronáutica u otras entidades dentro de la universidad que así lo requiriese; de esta forma, poder llevar la planificación, programación, asignación y ejecución de mantenimientos proactivos (en el formato de mantenimientos preventivos planificados) y calibraciones paralelas a aquellos activos que lo necesiten. Finalmente, se justificará su propuesta de uso en base a la necesidad inherente, las normativas y regulaciones solicitantes.

1.5.2 Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico 1:** Crear una propuesta inicial basada en la metodología 5S para la ubicación principal, basada en los principios y herramientas estudiados durante la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial.
- **Objetivo Específico 2:** Determinar la población de activos mantenibles con diversos atributos asociados y llevar su control, historial, trazabilidad, indicadores y reportes mediante la creación de Órdenes de Trabajo (O.T's), planificación y programación.
- **Objetivo Específico 3:** Determinar la población de activos calibrables con diversos atributos asociados y llevar su control, historial, trazabilidad y actualizaciones de vigencia por medio de la correcta gestión de calibraciones y la recepción de certificados.
- **Objetivo Específico 4:** Determinar criterios de valorización para los activos mantenibles y similarmente otros criterios de valorización para los activos calibrables para poder determinar su criticidad y jerarquía a la hora de programar las gestiones.
- **Objetivo Específico 5:** Generar una planificación y una gestión inicial de Mantenimientos Preventivos y Calibraciones basada en los principios y herramientas estudiados durante la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial.
- **Objetivo Específico 6:** Iniciar la contabilización, métrica y trazabilidad y propuesta de reportes de la cantidad de mantenimientos correctivos/reactivos no planificados para conocer cuáles activos han tenido mayor cantidad de fallas, han reportado mayores mantenimientos correctivos y han pasado mayor tiempo en mantenimiento o en tiempos muertos. Así, poder gestionar su disminución sin generar excesivos mantenimientos preventivos planificados o costos asociados.
- **Objetivo Específico 7:** Iniciar la contabilización y métrica de la cantidad y tipos de activos con mayor cantidad de descartes debido a fallas catastróficas para su futuro análisis.

- **Objetivo Específico 8:** Llevar mayor trazabilidad y control de administración de mantenimiento mediante propuestas de reportes, bitácoras y KPI's relacionados a los conocimientos adquiridos durante la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial.
- **Objetivo Específico 9:** En conjunción de los demás objetivos, crear una propuesta de diseño de un sistema CMMS basado en los principios y herramientas estudiados durante la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial el cual sea escalable flexible y amigable al usuario, para fomentar el uso interno y escalable a otras áreas de la Universidad donde pueda ser punto de partida para subsecuentes trabajos académicos o proyectos internos de diversas carreras afines.

1.6 Antecedentes

1.6.1 Antecedentes a Nivel Internacional

El mantenimiento tuvo sus comienzos con lo que se conoce como: ***Mantenimiento de Reparaciones/Mantenimiento Correctivo (CM)***, el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías o fallas ya sea por el incremento de la razón de riesgo de fallas como lo detalla la Figura 2.15 o al final de la vida útil del activo completo (o un componente de este). Mediante esta fase 1.0, solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación toda gestión terminaba ahí (Duffuaa & Raouf, 2015; Marroquín et al., 2008; Pintelon & Parodi-Herz, 2008).

Posteriormente y nombrada la fase 2.0 de desarrollo del mantenimiento se dio lugar a lo que se denominó el ***Mantenimiento Preventivo (PM)***. Con esta metodología de trabajo se busca por sobre todas las cosas la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción, estableciéndose para ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes que tuvieran lugar (Pintelon & Parodi-Herz, 2008).

En los años sesenta tuvo lugar la aparición del ***Mantenimiento Predictivo***, lo cual constituye la fase 3.0 de desarrollo del mantenimiento. El Mantenimiento Predictivo incluye los principios del Mantenimiento Preventivo, pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores de verificación de sensores, historial, tendencias e índices y tendencias históricas destinados a mejorar la *fiabilidad/confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad* (Marroquín et al., 2008).

Finalmente, se llega al ***TPM*** el cual comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. El mismo incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados en los métodos previos, entre los cuales cabe destacar el ***mantenimiento autónomo***, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación proactiva de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el ***Mantenimiento Preventivo Planificado (PM)***, nuevas herramientas tales como las ***Mejoras de Mantenibilidad***, la ***Prevención de Mtto.*** y el ***Mtto. Correctivo Planificado***. A continuación en la Figura 1.3 se presenta

en forma gráfica, la evolución del mantenimiento (Duffuaa & Raouf, 2015; Marroquín et al., 2008; Pintelon & Parodi-Herz, 2008).

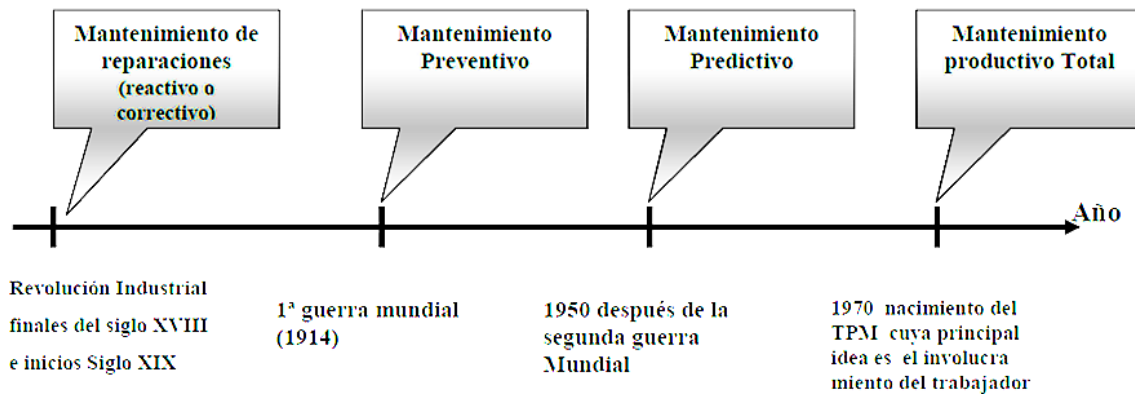


Figura 1.3. Cronograma de la Gestión del Mantenimiento Industrial

Fuente: Adaptada de (Marroquín et al., 2008)

Ha habido cuatro "Revoluciones Industriales" y con cada una un cambio en la gestión y las estrategias de mantenimiento. Se dividen de esta manera ya que cada revolución tuvo un cambio tecnológico importante, y paralelamente, como se muestra en la Figura 1.3, un cambio en el tipo de mantenimiento a ejecutar. Cabe notar que en ciertas ocasiones las organizaciones no adaptan completamente un nuevo "tipo" o gestión de mantenimiento sino que determinan cuáles elementos pueden pasar a un mantenimiento más vanguardista por su complejidad o efecto en la producción o en el caso de este proyecto la ejecución académica del conocimiento (Lachance, 2021; Marroquín et al., 2008).

El surgimiento de Computerized Maintenance Management Systems (CMMS)

Los sistemas computarizados de gestión de mantenimiento (CMMS por sus siglas en inglés) han existido desde la primera generación de computadoras. A partir de la década de 1960, la primera generación ni siquiera utilizaba un monitor de computadora/ordenador, sino más bien "tarjetas perforadas/punch-cards" que se ejecutaban en los primeros ordenadores centrales de IBM. Esta primera versión de CMMS era muy limitada (órdenes de trabajo básicas) y sólo la utilizaban las grandes organizaciones y el gobierno para gestionar las operaciones de mantenimiento (Dudley, 2020).

A finales de los años sesenta y principios de la década de los setenta, los terminales de computadora reemplazaron a las tarjetas perforadas. La expansión general de las computadoras centrales hizo que los CMMS estuvieran disponibles para más organizaciones. Sin embargo, siguió siendo primitiva y todavía tenía una adopción limitada, generalmente por parte de grandes organizaciones y agencias gubernamentales / militares que podían permitirse la tecnología (Lachance, 2021).

A finales de la década de los setenta y principios de la de los ochenta se introdujeron las "minicomputadoras" (que en realidad no eran tan pequeñas). Estas "terminales de pantalla verde" comenzaron a ver una expansión continua de las capacidades de los CMMS y permitieron a las organizaciones grandes y medianas ver los beneficios de estos (Lachance, 2021).

En la década de los ochenta hasta principios de la década de 2000, se produjo el mayor crecimiento de los CMMS debido a la introducción de la PC y Laptops. Estos PC basados en DOS y más tarde en Microsoft Windows permitieron que casi cualquier tamaño de organización utilizara un CMMS. A medida que las redes de área local se hicieron más frecuentes, esto amplió las capacidades y el valor de los CMMS al conectar estos PC entre sí. Con el tiempo, las redes de área amplia (antes "basadas en la nube") permitieron capacidades de CMMS a nivel empresarial (Lachance, 2021).

A finales de la década de los noventa y especialmente entre 2000 y 2010, se gestó la próxima generación de CMMS que empezó a utilizar la "World Wide Web" (Internet o la nube) para impulsar las operaciones de mantenimiento. Esto supuso un gran avance, ya que un CMMS ya no tenía que instalarse en ordenadores locales, sino que podía estar disponible en cualquier lugar con acceso a Internet, inclusive los teléfonos móviles por medio de aplicaciones (o Apps) dedicadas (Lachance, 2021).

Esto también cambió la forma en que se vendían, pasando del modelo histórico de compra, licencia de por vida e instalación en sitio más soporte técnico a un modelo de software como servicio (SaaS) o de suscripción/alquiler por medio de la "nube". Antes del software con acceso por medio en la nube, los CMMS tenían un costo inicial mucho mayor que el modelo actual de pago por uso o licenciamiento anual y ya no de una única vez (Lachance, 2021).

A partir de 2010, cuando inició la cuarta revolución industrial, se introdujo el CMMS basado en la nube de segunda generación. Aquí es donde se logra ver la eliminación casi completa de las soluciones locales más pesadas que todavía se ejecutan en PC/servidores para completar los CMMS's basados en Internet a escala empresarial. Los CMMS's móviles se convierten en algo habitual, asimismo inician extensiones a otras tecnologías de la industria 4.0 con IoT teniendo un gran impacto (Dudley, 2020; Lachance, 2021; Marroquín et al., 2008).

Gestiones de diseño de CMMS similares a Nivel Nacional

Empresarial

Actualmente según conocimiento personal de investigación de mercado y las propuestas hechas al CIDIM y al CITT, en general, solo se conoce una empresa totalmente nacional que esté diseñando e investigando las pruebas piloto de un servicio de un CMMS aplicado a la industria y a la Academia: la empresa Contenu con su Software llamado **Matteo®** (Matteo App, 2023b).

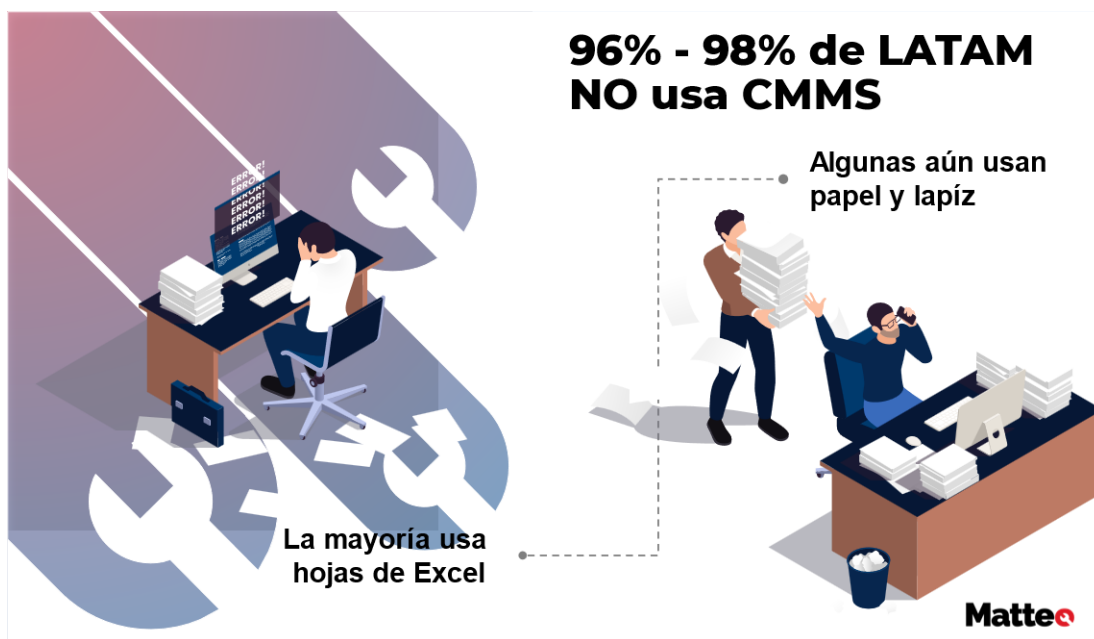


Figura 1.4. Infografía y estadísticas de Matteo®
Fuente: Adaptada de (Matteo App, 2023b; Sol et al., 2023)

En base a (Matteo App, 2023b; Sol et al., 2023), Matteo® explica que muchas empresas no tienen una herramienta ágil y apropiada para la gestión de mantenimiento de una forma integral. Típicamente, las empresas u organizaciones se han enfocado solamente en ocupar un ERP general o solamente MS Excel®. Explican que su razón de ser es atacar y resolver los problemas de los altos costos de mantenimiento en Latinoamérica, por no contar con las herramientas adecuadas.

Explican también que una propuesta de diseño debe proveer “gestiones de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento enfocado en la confiabilidad (RCM), para ser eficaz y adecuada para el nivel empresarial actual.

Continuamente, explican los principales beneficios de ocupar un CMMS entre los cuales incluyen: controlar los costos, tener información y métricas, reducir el tiempo de inactividad, aumentar la eficiencia, mejorar la salud y la seguridad.

Adicionalmente, explican de que hay diferentes razones por las cuales hay altos costos de mantenimiento incluyendo el hecho que la gerencia pierde entre 2 a 4 horas productivas diarias por falta de herramienta correcta, asimismo, que el 80% del tiempo es perdido en reparaciones no planificadas y que como muestra la Figura 1.4, entre 96 al 98% de las organizaciones en Latinoamérica no utiliza un CMMS, sino que todavía realizan muchas de las gestiones a mano en papel y lápiz o en hojas de cálculo como MS Excel® (Matteo App, 2023a; Sol et al., 2023).

Adicionalmente, explican varios de los problemas críticos que ocurren con el mantenimiento y los retos comunes de estos mantenimientos, entre los cuales destacan: tiempos de reparación muy largos, planeamiento insuficiente y baja productividad laboral, métricas limitadas o inefectivas, poca visión del rendimiento de los activos, activos con mucho tiempo fuera, entre otros.

Finalmente, explican sus posibles soluciones/módulos posibles ante la problemática previamente descrita. Estas soluciones incluyen principalmente la generación de Órdenes de Trabajo (O.T.) con información clara y exacta; así como diferentes “dashboards” que permitan decisión y asignación de las Órdenes de Trabajo (O.T.) basándose en la carga laboral y las áreas de experiencia de los técnicos o cuadrilla.

La Figura 1.5 describe las soluciones propuestas por el software Matteo®, las cuales incluyen: Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, checklists, alertas en tiempo real, generación de reportes automáticos en tiempo real, generación de órdenes de trabajo automáticas, manejo de inventarios, listado de empleados y disponibilidad de tiempo, manejo de costos, reportes estadísticos, administración de calendario de trabajo, y un centro de monitoreo.

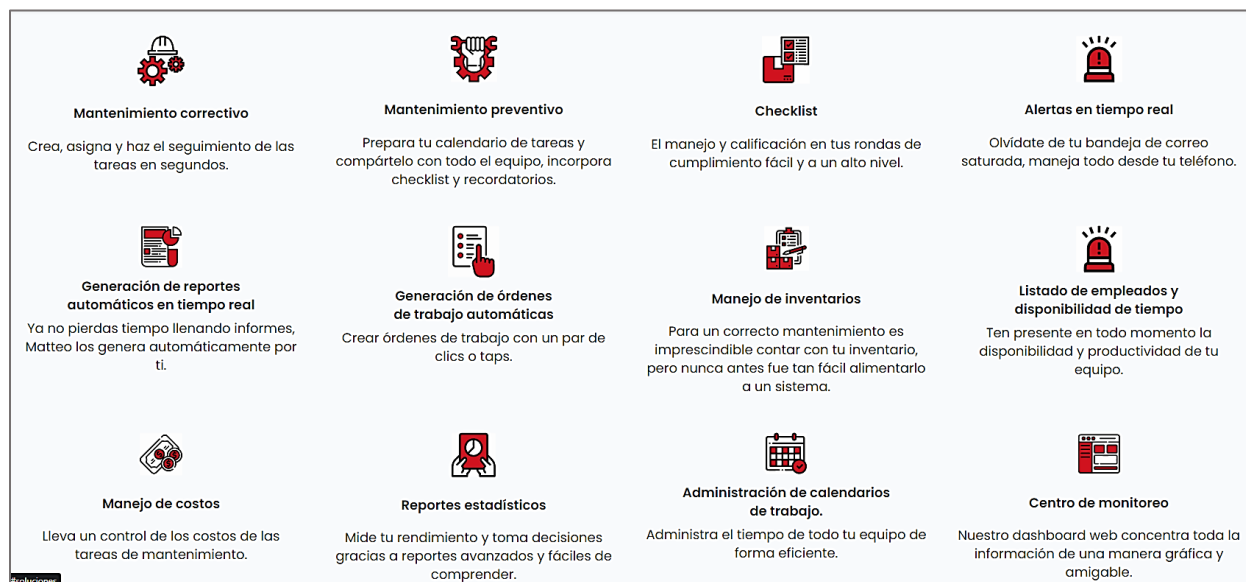


Figura 1.5. Soluciones que utópicamente debería tener un CMMS industrial

Fuente: Adaptada de (Matteo App, 2023b; Sol et al., 2023)

Académico

A nivel académico se consultó una tesis de 2008 titulada: “Diseño de un Sistema de Administración del Mantenimiento para el Sector Panificador” realizada por estudiantes de la Universidad de El Salvador (UES) donde si se tocan ciertos temas de CMMS mas no un diseño de este como tal; obtuvieron todas las siguientes conclusiones (Marroquín et al., 2008):

- Como en muchas industrias de El Salvador, el mantenimiento que realizan lo hacen de forma esporádica y a través de subcontratación.
- A partir de los resultados de las encuestas realizadas y su respectivo análisis y resumen, se concluye que **las medianas panaderías a nivel nacional realizan un mantenimiento de**

tipo Correctivo Contingencial con lo que se puede deducir que no se lleva una administración del mantenimiento para la maquinaria, equipo e instalaciones de dichas empresas.

- Las medianas panaderías de El Salvador no utilizan el mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo, debido a que el 72.73% de las 49 panaderías medianas encuestadas mencionan que no cuentan con orientación técnica adecuada en el mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones de sus panaderías. Es importante destacar que el mantenimiento preventivo puede ser implementado por las medianas panaderías, ya que este tema despertó interés en los entrevistados.
- Para desarrollar un sistema de mantenimiento preventivo es necesario cambiar la forma tradicional de realizar las actividades de mantenimiento dentro de las panaderías, ya que están enfocadas en realizar actividades de **reparación de emergencia**, es decir, al momento que ocurre fallo; por lo que los empleados de mantenimiento deben planificar sus labores como lo son las visitas, rutinas e inspecciones necesarias para la maquinaria y equipo pertenecientes al área de producción con el fin de alargar la vida útil de la maquinaria y equipo así como el de sus instalaciones.
- El mantenimiento preventivo es un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de maquinaria, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.
- Para un mejor entendimiento y aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa panificadora es necesario **desarrollar capacitaciones** para el personal que estará a cargo del área de mantenimiento, para realizar de forma adecuada y satisfactoria la aplicación. Así como tener un mejor control y conocimiento de las actividades, costos y

responsabilidades en lo que concierne al mantenimiento de maquinaria, equipo e instalaciones de la panadería.

- El principal beneficio del sistema de Administración del Mantenimiento a las medianas empresas del sector panificador es la reducción del mantenimiento correctivo, evitando así paros inesperados en la maquinaria, equipo e instalaciones de sus panaderías.
- El buen funcionamiento de la maquinaria, equipo e instalaciones de las panaderías evita incurrir en gastos adicionales de operación para poder cubrir con la producción requerida. Esto a la vez genera una imagen de confianza en los clientes ya que reconocen a la empresa por su responsabilidad en las entregas de pedidos a tiempo.

Esta tesis es un ejemplo que en organizaciones de mediana escala como las panificadoras y como las universidades, es necesario proponer soluciones viables de sistemas de gestión de mantenimiento al menos preventivas para no recaer en una acumulación de fallas en los activos que finalmente pueda causar la necesidad de descartar los equipos al llegar a fallas catastróficas o donde es más barato comprar un activo nuevo que realizar el mantenimiento.

1.6.2 Antecedentes a Nivel UDB

En la Universidad Don Bosco el Departamento de Mantenimiento se encarga principalmente del mantenimiento de las Instalaciones, algunos equipos mayores, líneas de instalación, eléctrica, hidráulica, neumática y equipos eléctricos, así como mantenimiento a las estructuras de los edificios en general. Principalmente se tienen procesos de Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo que serán discutidos más adelante mediante flujogramas preestablecidos por el departamento de Calidad Académica. Estas gestiones se llevan de forma manual en MS Excel® y en tablas similares a las mostradas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Ejemplo de Gestión Mantenimiento a las instalaciones y su duración en MS Excel®

Nombre de tarea	Duración
Mantenimiento Eléctrico	222 días
Subestaciones Eléctricas	240 días
Planta de Emergencia	121 días
Luces de Emergencia	14 días
Luminarias exteriores	15 días
Luminarias pasillos Edificios	7 días
Sistema Hidráulico	181 días
Canaletas y tragantes de aguas Lluvias	25 días
Canales de Aguas Lluvias	24 días
Fosas Sépticas	6 días
Sistemas de agua	195 días
Caja trampas	220 días
Pintura de Ambientes	12 días
Carga Extintores	141 días
Fumigación	191 días
Mantto Aires Acondicionados	51 días
Mantto Cañones e instalaciones en Aulas	138 días
Limpieza proveedores externos	11 días
Mantenimiento Mobiliario	100 días
Mantto Cortinas	29 días
Mantenimiento muebles	100 días

Fuente: Adaptada de (J. Torres & E. Castro, comunicación personal, 2023)

Mediante entrevistas realizadas con el Director del **Centro de Innovación en Diseño Industrial y Manufactura (CIDIM-CITT)** (G. Carrillo, comunicación personal, 2023) se conoció que en años anteriores se llevó mediante una prueba piloto, una gestión de mantenimiento de activos de ese instituto mediante el Software de mantenimiento PMC-2000®, (DPSI, 2022), el PMC es un sistema maduro y robusto.

La Figura 1.6 y la Figura 1.7 muestran el logo de la compañía y una simulación de cómo fueron las interfaces de usuario básicas al abrir el software que se utilizaron. Lastimosamente el CIDIM-CITT

no siguió utilizando el software PMC, ya que la licencia había sido un préstamo por un año y al vencimiento de esta, se dejó de utilizar. Por experiencia personal anterior se conoce que la interfaz de usuario es poco versátil, flexible al usuario o amigable. Asimismo, debido al alto costo no se justificó el costo-beneficio de la actualización del Software y su uso terminó.



Figura 1.6. Logo actual y simulación de interfaz de usuario del CMMS EAM DPSI-PMC™
Fuente: Adaptada de (DPSI, 2022)



Figura 1.7. Logo antiguo y simulación de interfaz de usuario del DPSI-PMC-2000™
Fuente: Adaptada de (DPSI, 2022)

Entre las características que si fueron bien valoradas estaban:

- Sigue las normas OSHA, EPA, ISO 9000, QS 9000, y otras documentaciones regulatorias
- Provee Reportes y gráficas— estándar o personalizadas
- Email/Pager y código de barras
- Soporta Multimedia, OLE, y CAD
- Opción de instalaciones desarrolladas en Microsoft Access 2000 o Access 2007
- Ediciones en Inglés, Español, Alemán y Coreano.

El PMC es un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) que demostró la importancia de gestionar las órdenes de trabajo (O.T.) y permitir validar las fechas de vencimiento de los mantenimientos.

Entre los principales módulos que contaba el sistema se resaltan (DPSI, 2022):

El módulo de Orden de Trabajo (“Work Orders):

El módulo de órdenes de trabajo de PMC es un sistema completo de generación, gestión e informes de órdenes de trabajo que le permite generar órdenes de trabajo programadas y no programadas/de emergencia (DPSI, 2022).

El Módulo de Planificación/Programación:

Programar Órdenes de Trabajo (O.T.) de forma manual o automática. Las órdenes de trabajo se pueden generar automáticamente en función de lo siguiente:

1. *Tiempo, como horas o días*
2. *Contadores de ciclos o lecturas de contadores*
3. *Última vez que se programó o completó un procedimiento*
4. *Una combinación de los criterios anteriores (DPSI, 2022).*

El Módulo de Partes e inventario:

Sistema completo de inventario de piezas consta de una tabla de partes y el menú de inventario llamado “Pal”. El Menú Pal permite:

- Buscar piezas en función de varios criterios, como el ID, la descripción, el fabricante, el proveedor o la cantidad disponible.
- Crear ajustes, introducir un presupuesto o introducir el costo unitario de una parte o pieza.
- Ver ajustes para ver dónde, cuándo y quién realizó los cambios.
- Transferir piezas de un área a otra o buscar piezas en poder de otras áreas de su organización (DPSI, 2022).

El Módulo de Informes y Gráficos:

Cuenta con informes y gráficos listos para ejecutar que proporcionan información vital en tiempo real sobre las operaciones de mantenimiento. Produce gráficos y tablas de aspecto profesional para informes y presentaciones. Hay más de 200 informes y gráficos predefinidos para elegir, estos incluyen:

- Órdenes de trabajo de mantenimiento de emergencia
- Resumen de los 20 mejores activos/equipos por costo de mantenimiento hasta la fecha
- Total de horas de trabajo por especialidad de técnicos
- Resumen de mano de obra de la orden de trabajo por ID de empleado
- Órdenes de compra/solicitudes (DPSI, 2022).

1.6.3 Antecedentes a Nivel Facultad de Aeronáutica

En el caso de la Fac. de Aeronáutica, aunque ha compartido espacios físicos y prácticas con el CIDIM-CITT, nunca fue parte de esta prueba piloto y nunca se gestionó ninguna Planificación y Programación de Mantenimiento o quedó algún histórico de mantenimientos; por ende no ha habido nunca una Orden de Trabajo (O.T) o algo similar para llevar cierto control. Muchos elementos fueron llevados hasta la falla y varios de ellos han tenido que ser revisados. Según dicha revisión, varios fueron descartados al no ser funcionales aun para un ámbito educativo académico. Se siguió el Procedimiento de descarte ya establecido por el departamento de “Activos Fijos” de la UDB. En cuanto a un CMMS, la Fac. de Aeronáutica nunca hizo la gestión de compra o creación de uno propiamente hasta esta propuesta. Solamente se ha iniciado una gestión por medio de MS Excel® para, a lo mínimo, llevar registros de los mantenimientos y las calibraciones, sin embargo, se piensa que por medio de un CMMS dedicado, más automatizado y de menor costo se podría llevar una gestión más adecuada de los mantenimientos, las calibraciones y los reportes necesarios que solicita el departamento de auditoría interna de calidad de la UDB y las autoridades externas; además, de brindar beneficios intrínsecos de las gestiones mediante un software dedicado y posiblemente adjunto a los portales ya establecidos por la UDB por medio de una gestión de escalabilidad posteriormente a presentada esta propuesta al CTIC y otras entidades dentro de la Universidad en la Vicerrectoría Académica o la Vicerrectoría de Ciencia y Tecnología.

1.7 Descripción de la Institución - Universidad Don Bosco (UDB)

La Universidad Don Bosco (UDB) es una institución de Nivel de Estudio Universitario Superior con carreras de grado y posgrado hasta niveles de Doctorado. Es una Universidad Salesiana de El Salvador localizada en el municipio de Soyapango, San Salvador. Esta universidad, de carácter privado, está integrada a la Ciudadela Don Bosco, que comprende la universidad misma junto al Colegio Don Bosco, institución de educación primaria y educación media; que se suman a otras entidades que constituyen dicha ciudadela (Universidad Don Bosco, 2023b).



Figura 1.8. Marca y logo actual de la Universidad Don Bosco
Fuente: Adaptada de (Universidad Don Bosco, 2023a)

La Figura 1.8 muestra la nueva marca de la Universidad Don Bosco a partir del año 2023, la cual dicta “*UDB la Universidad de las Generaciones*” haciendo referencia a la trayectoria de la universidad en el ámbito de la educación académica superior en el país, asimismo muestra el logo oficial de la universidad y los colores de la nueva marca.

La UDB fue fundada el 8 de marzo de 1984 por el Acuerdo No. 677 del Ministerio de Educación de El Salvador, aunque sus actividades académicas dieron inicio hasta el 14 de enero de 1986. Según el catálogo institucional 2019, la universidad está conformada por 5 facultades: ***Ingeniería, Ciencias y Humanidades, Ciencias Económicas, Ciencias de la Rehabilitación y Aeronáutica.***

Ofrece también estudios de postgrado, ocho maestrías y dos doctorados, en las instalaciones del Centro de Estudios de Postgrado, ubicado en el campus de Antiguo Cuscatlán. Cabe señalar que dos maestrías y un doctorado son impartidos en co-titulación con la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), convirtiendo a estas dos instituciones en pioneras en El Salvador al

ofrecer postgrados en conjunto y en este rubro técnico tan específico, pero tan necesario en la mayoría de las industrias nacionales o internacionales (Universidad Don Bosco, 2023c).

1.7.1 Áreas de aplicación del alcance dentro del Diagrama Jerárquico UDB

Como fue solicitado y analizado en la Materia de Gestión de Recursos humanos, se ha resaltado en el organigrama que se muestra en la Figura 1.9 la Vicerrectoría Académica y la Fac. de Aeronáutica donde se ha planteado proponer este proyecto de graduación.

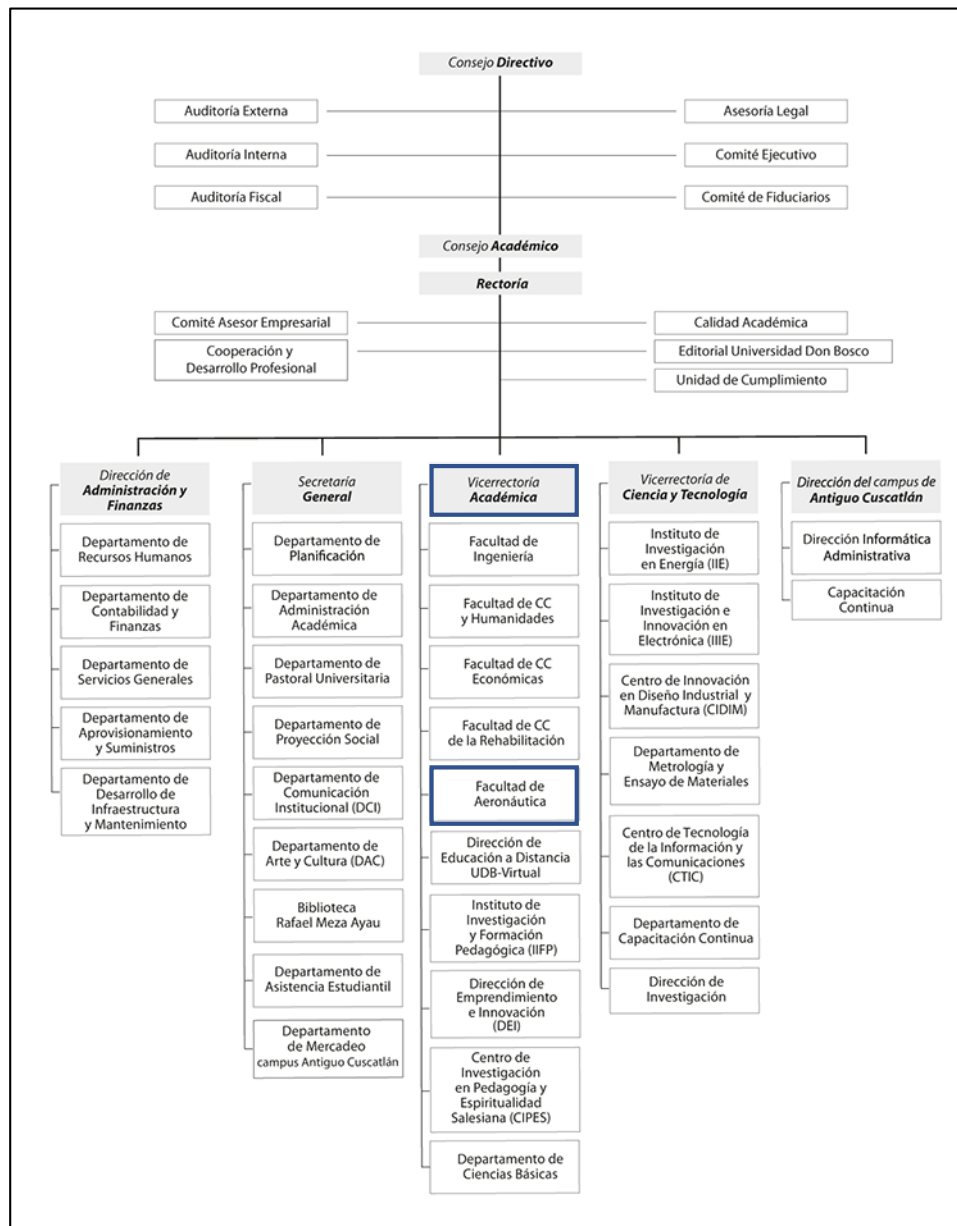


Figura 1.9. Diagrama Jerárquico de la Estructura Organizativa de la UDB
Fuente: Adaptada de (Universidad Don Bosco, 2023b)

A continuación se detallan los Mapas de procesos establecidos por el Departamento de Calidad de la Universidad Don Bosco, para las diferentes áreas y dependencias, para estandarizar los diferentes niveles de procesos, iniciando por los Macroprocesos Nivel I y finalizando por los Procedimientos Nivel III ya que se harán propuestas nuevas a los mismos mostradas en el capítulo de resultados en función de hacer un énfasis de enfocarse en gestiones de mantenimiento y calibraciones a los activos de las Vicerrectorías y no solamente a los elementos descritos en la Tabla 1.1

1.7.2 Descripción de Mapa de nivel I: Macroprocesos en General

La Figura 1.10 muestra el Diagrama de Mapa de nivel I: Macroprocesos. Este diagrama define los 11 subprocesos considerados y diferenciados como: *procesos estratégicos*, *procesos claves*, *procesos de apoyo* y cómo estos interactúan con las entradas que incluyen los proveedores y las salidas que incluyen los usuarios. Las líneas celestes con flecha muestran las conexiones entre procesos, las entradas y las salidas. por la naturaleza de este trabajo se inicia el enfoque en los Procesos de apoyo y más específicamente en el **Subproceso - MPN 1-10 Gestión Administrativa** y se propone otro subproceso descrito en el capítulo de resultados, como alternativa, debido a la necesidad de mantenimiento y calibración de los activos de cada una de las facultades que así los tuviesen, así como en los centros de investigación en la Vicerrectoría de Ciencia y Tecnología. Esta adición se muestra en el capítulo de Resultados.

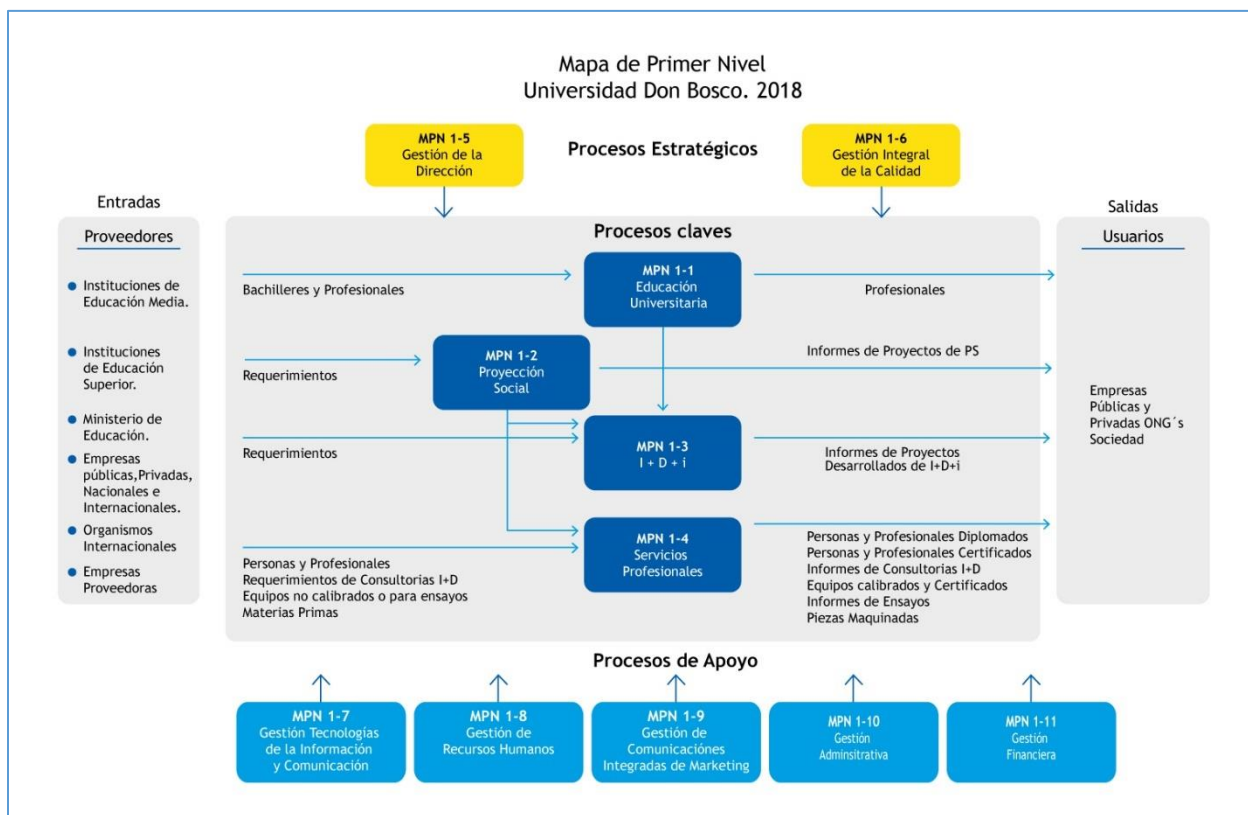


Figura 1.10. Diagrama de Mapa de nivel I: Macroprocesos en General

Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2018)

1.7.3 Descripción de Mapa de nivel II: Subproceso - MPN 1-10 Gestión Administrativa

La Figura 1.11 Muestra el Diagrama de Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa, el cual es la que involucra el mantenimiento de activos generales de la Universidad e infraestructura (pero no los activos dentro de las Vicerrectorías).

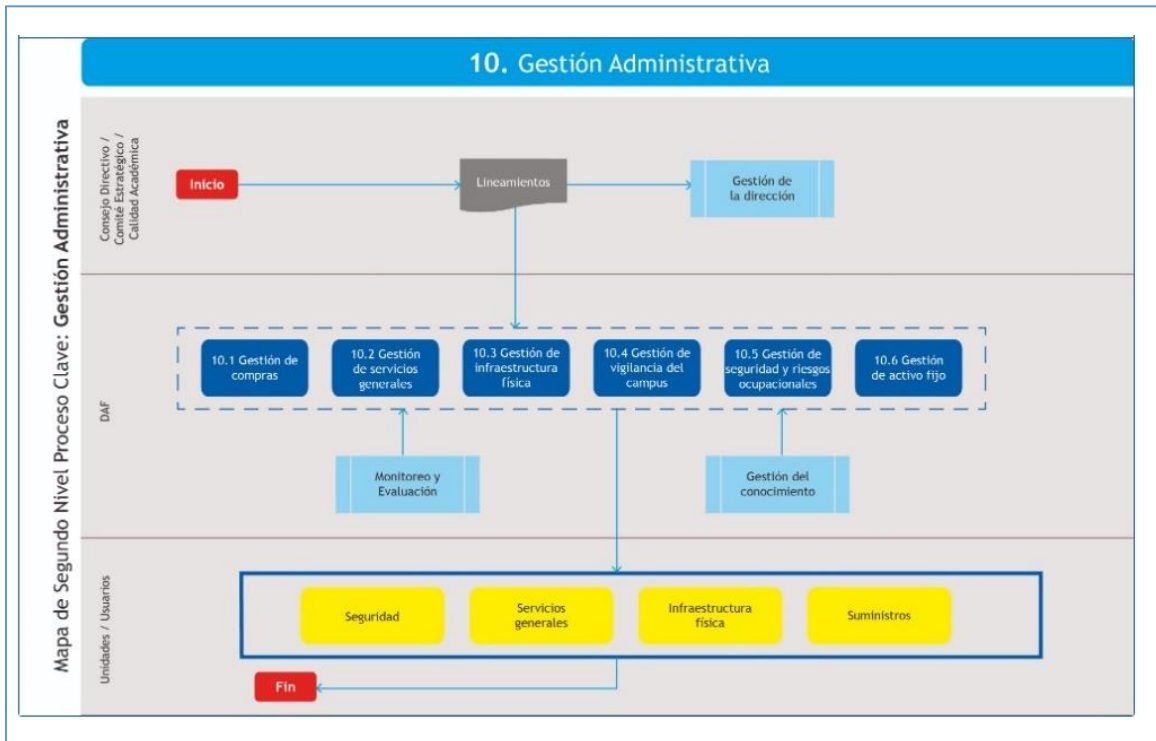


Figura 1.11. Diagrama de Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa
Fuente: Adaptada de: (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

La Figura 1.12 a continuación, muestra el Diagrama Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa con sus gestiones internas establecidas hasta la fecha, el cual es la que involucra también las gestiones de activos fijos y las demás áreas de la Gestión Administrativa.

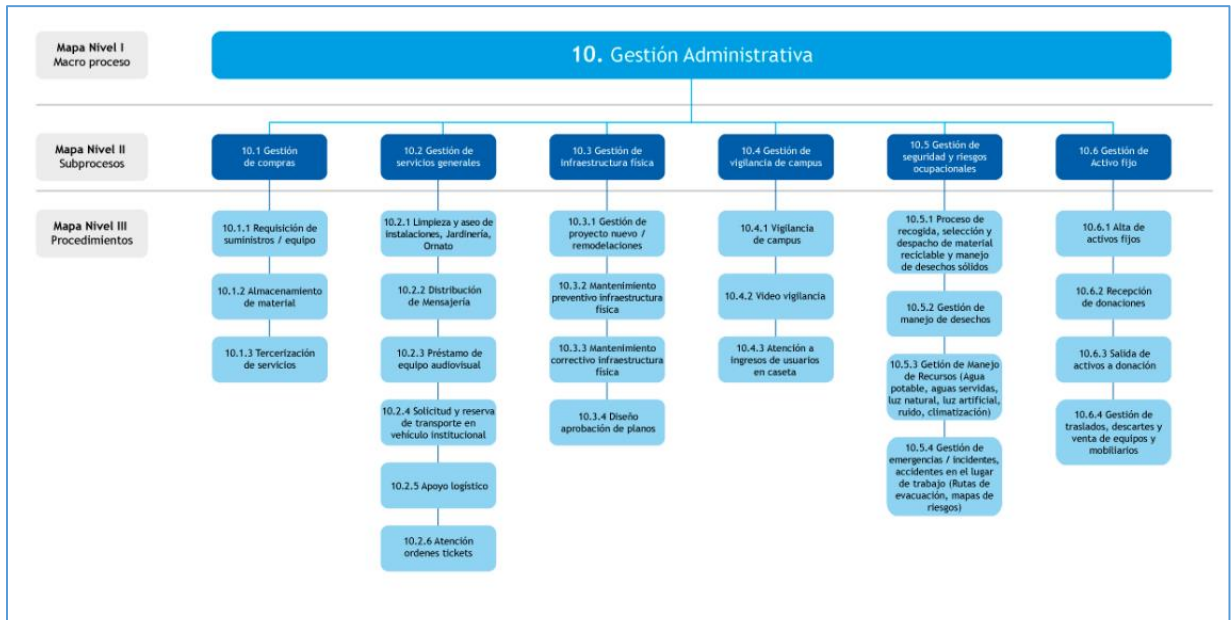


Figura 1.12. de Mapa de nivel II: Subproceso MPN 1-10 Gestión Administrativa con sus gestiones internas establecidas hasta la fecha

Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

1.7.4 Flujogramas pertinentes de nivel III de la Gestión Administrativa:

A continuación se muestran los Flujogramas de Procedimiento Nivel III pertinentes de la Gestión Administrativa de parte del Departamento de Activo Fijo y el Departamento de Mantenimiento, los cuales están de alguna manera más relacionados o con similitud al enfoque del presente proyecto. Se muestran los Flujogramas para mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones o infraestructura física. Con este proyecto se busca que el mantenimiento abarque más dependencias, más activos y que pueda ser controlado, planificado, programado de forma estándar y de manera unificada.

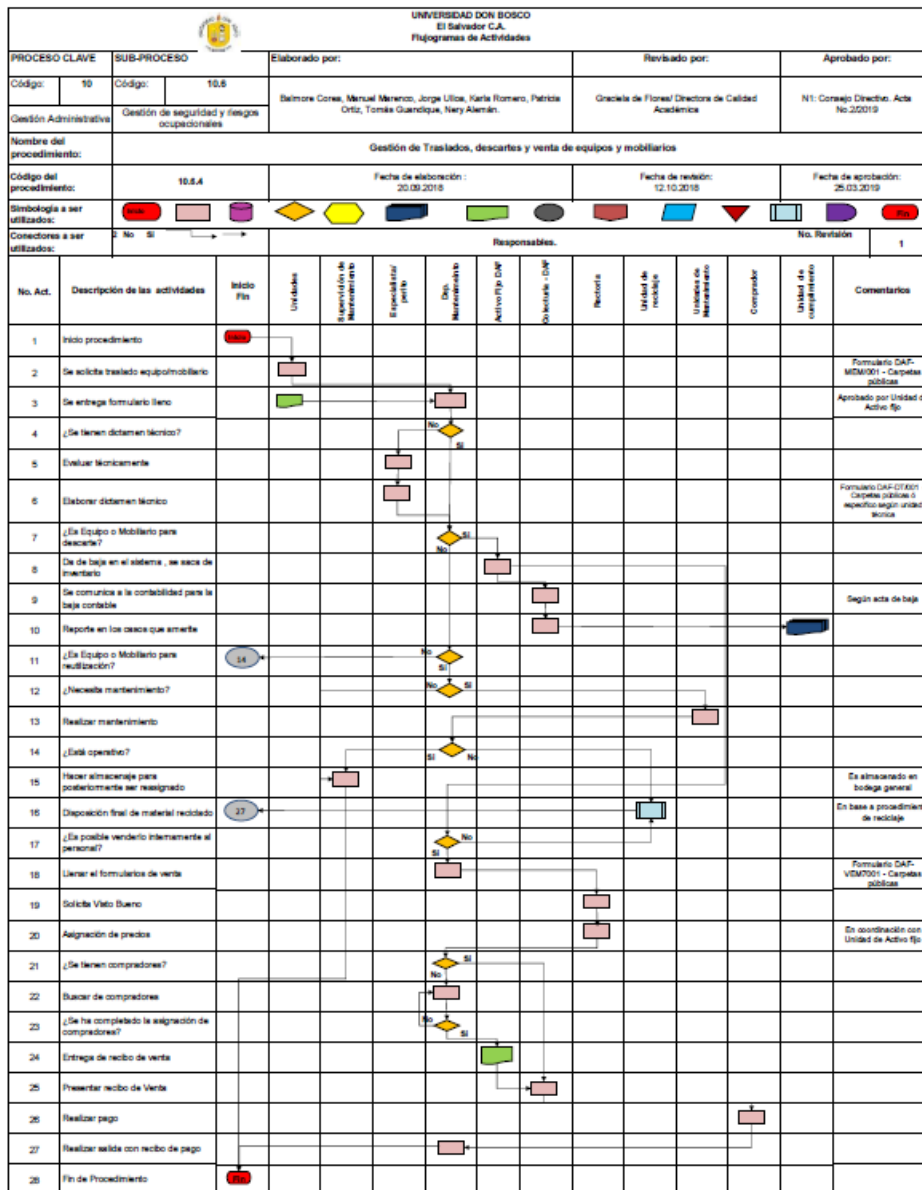


Figura 1.13. Proced. 10.6.4 Gestión de Traslados, descartes y venta de equipos y mobiliarios

Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

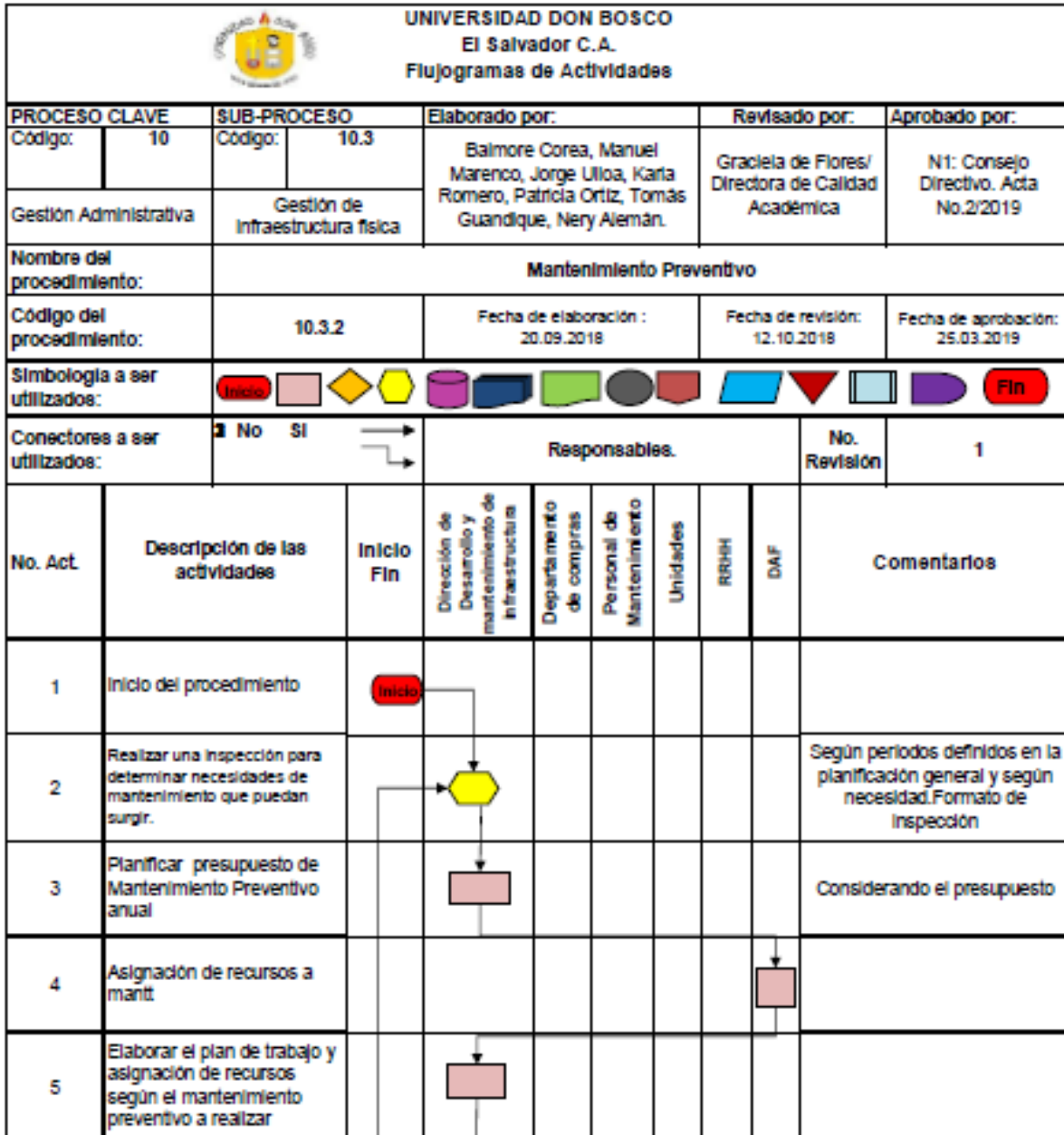


Figura 1.14. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 1
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

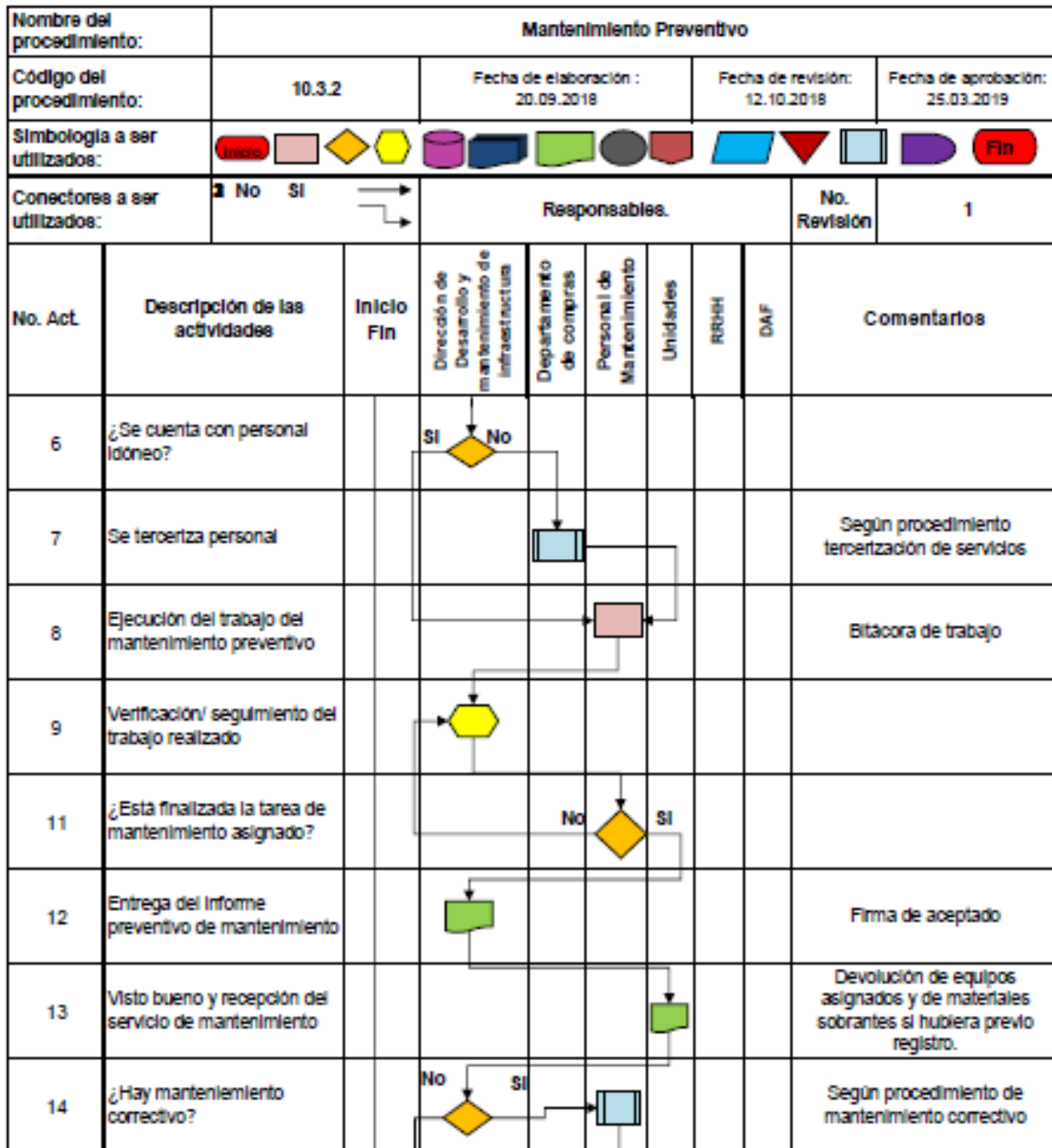


Figura 1.15. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 2
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

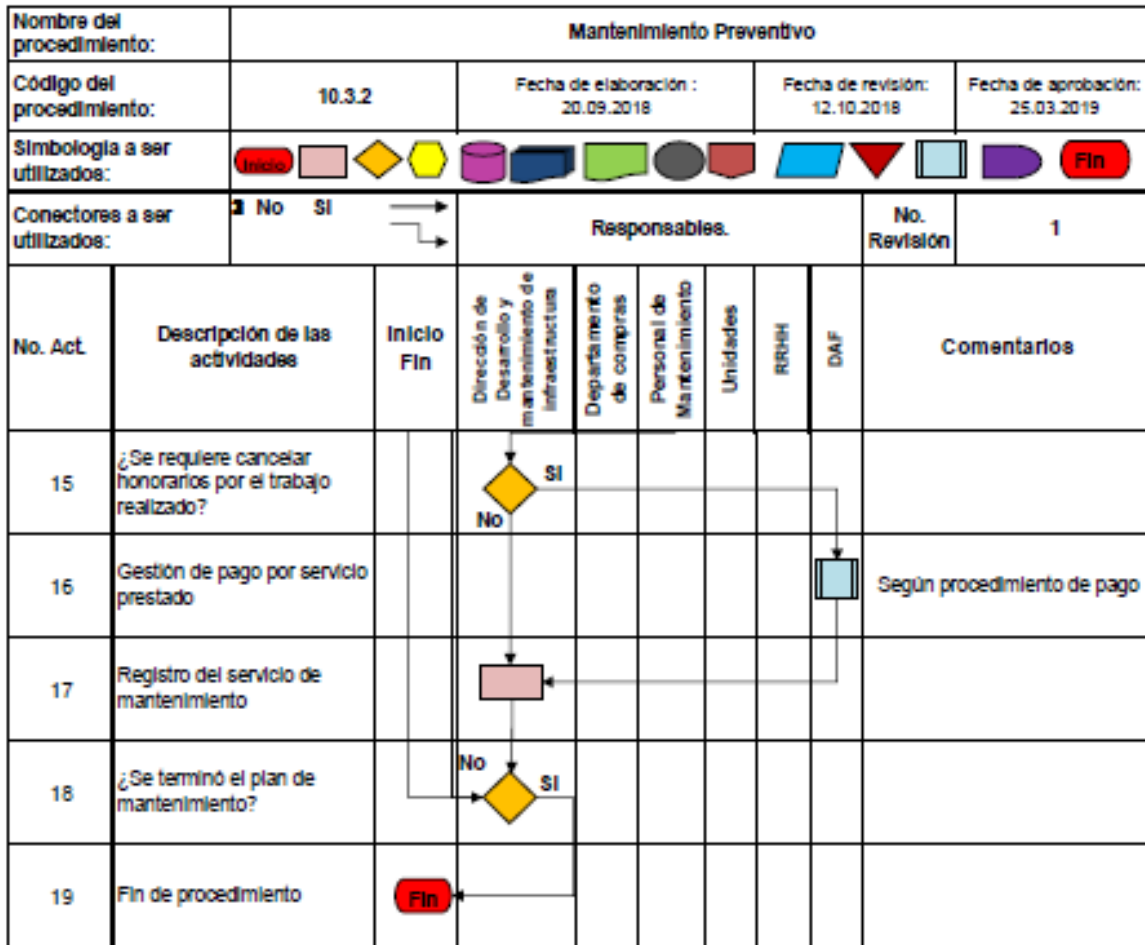


Figura 1.16. Proced. 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Instalaciones – Parte 3
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

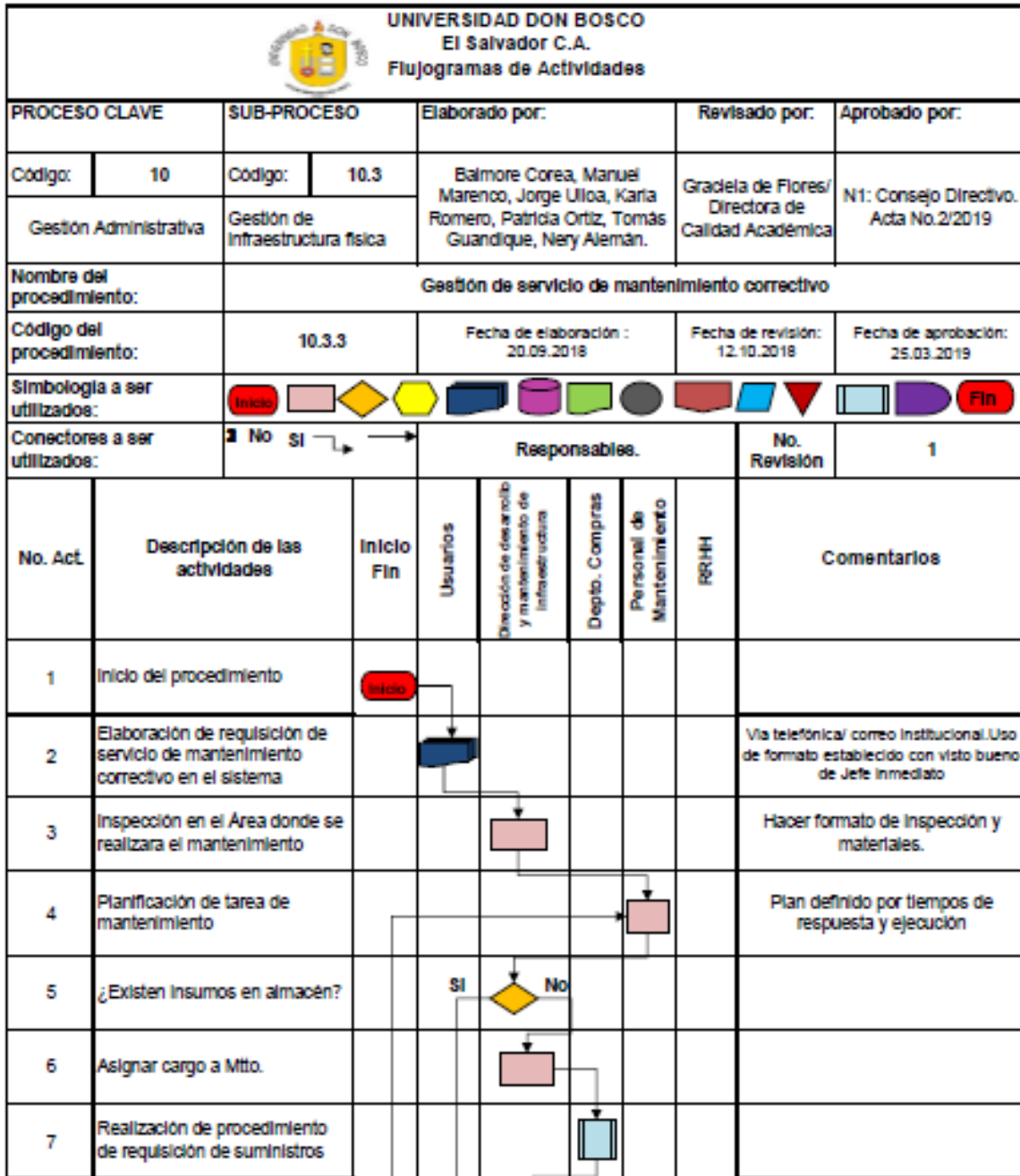


Figura 1.17. Proced. 10.3.3 Mantenimiento Correctivo de Instalaciones – Parte 1
 Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

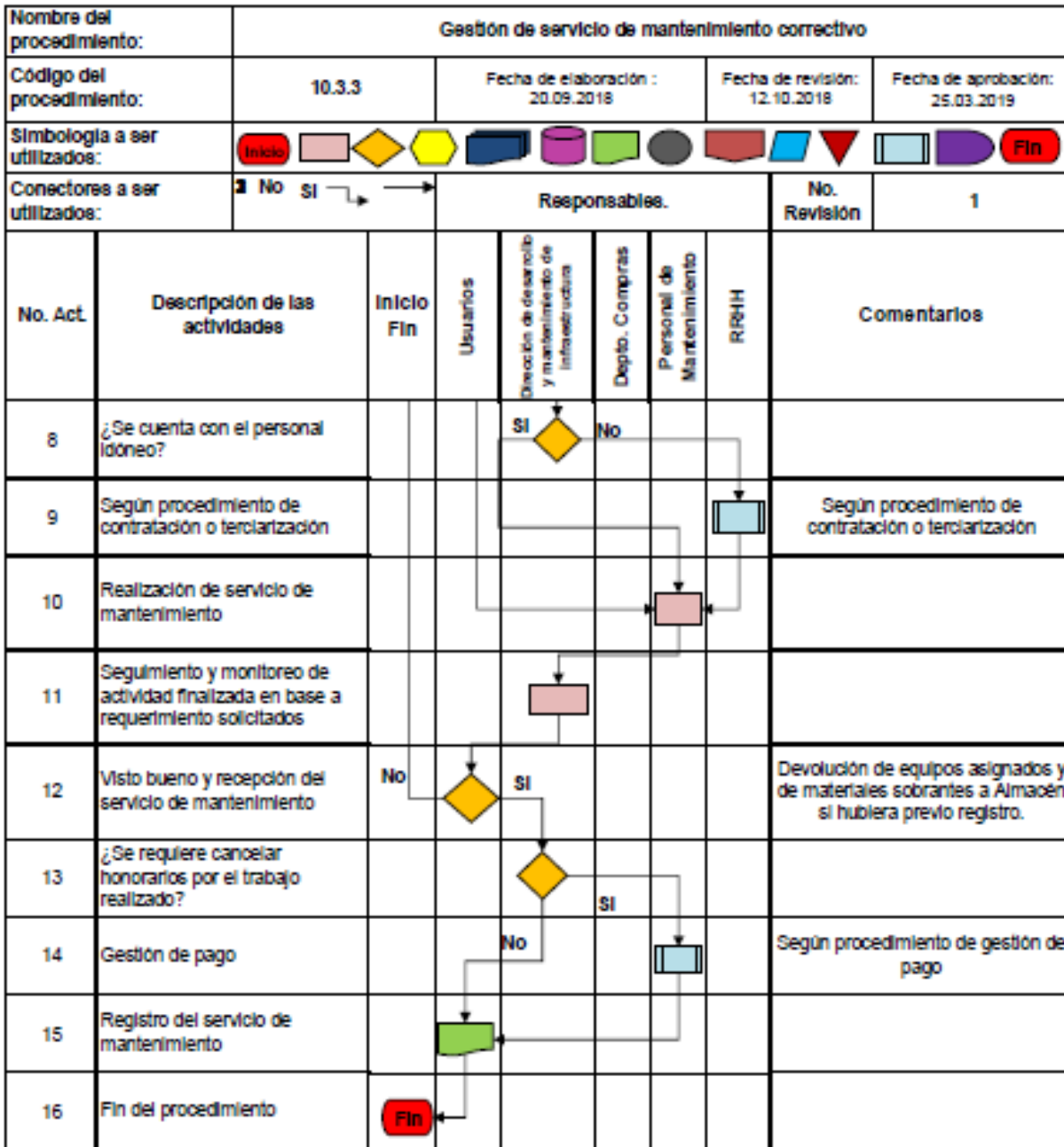


Figura 1.18. Proced. 10.3.3 Mantenimiento Correctivo de Instalaciones – Parte 2
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2019)

1.7.5 Generalidades de la Facultad de Aeronáutica

Según la página web de la Universidad Don Bosco, La Facultad de Aeronáutica fue creada en el año 2012, producto de un amplio recorrido institucional en la formación de profesionales en el área Aeronáutica. Desde 2005, la UDB fue certificada por la Autoridad de Aviación Civil de El Salvador (AAC) como Organización de Instrucción de Mantenimiento Aeronáutico bajo la Regulación de Aviación Civil (RAC) LPTA 66 e imparte la carrera de Técnico en Mantenimiento Aeronáutico (TMA), como fruto de la apuesta institucional innovadora por ofrecer carreras especializadas con un enfoque estratégico para el país y la región.

Fue en ese año que se creó el Departamento de Aeronáutica, con el fin de administrar dicho programa académico, que, a la fecha, es la única carrera de educación superior especializada en mantenimiento aeronáutico en el país.

A lo largo de los años, se ha mantenido una estrecha vinculación con empresas e instituciones del sector aeronáutico a nivel nacional e internacional; con las cuales se realizan iniciativas para impulsar el desarrollo de la aeronáutica en el país. Prueba de ello es que, en 2008, a fin de ampliar la oferta formativa en el área, se implementaron los Cursos de Mantenimiento Aeronáutico (CMA) en las especialidades de Estructuras y Compuestos e Interiores.

En 2014, se crea la Ingeniería en Aeronáutica, ampliando la oferta académica y confirmando la apuesta Institucional innovadora de la UDB (Facultad de Aeronáutica, 2023).

La figura siguiente describe la organización general de la Fac. de Aeronáutica y las autoridades que la componen, incluyendo dependencias anexas o paralelas que apoyan al funcionamiento de la facultad o auditan lo realizado dentro de la facultad, inclusive las gestiones de mantenimiento y calibraciones.

1.7.6 Estructura Organizativa de la Facultad de Aeronáutica

La Figura 1.19 muestra la estructura organizativa de la facultad, la cual inicia desde la rectoría y el Rector, seguido por el Vicerrector Académico dentro de la vicerrectoría académica, el decano dentro del decanato de la Fac de aeronáutica, seguido por el director del departamento o Fac. de Aeronáutica – juntos el Decano, el director y un profesor conforman el Consejo Técnico o Consejo Asesor. Dentro del Departamento de Aeronáutica o Fac. de Aeronáutica están: los profesores a tiempo completo, los profesores a tiempo parcial, los investigadores (Profesores y/o alumnos) los posibles instructores (estudiantes en último año o egresados), el encargado de Almacén-Bodega con funciones de encargado de Mantenimiento (estas funciones están detalladas en el ANEXO D, el encargado de compras, el encargado administrativo (gestión de horas sociales, horas pasantías, horas de vinculación) y las asistentes administrativas (asistente administrativa del Decano y asistente administrativa del Director) (Facultad de Aeronáutica, 2022).

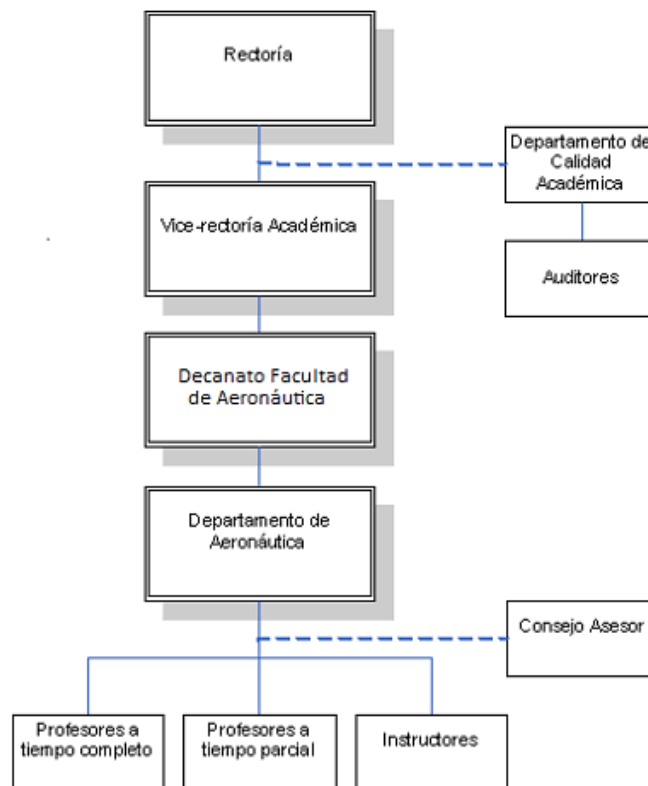


Figura 1.19. Organigrama Oficial de la Facultad de Aeronáutica
Fuente: Adaptada de (Facultad de Aeronáutica, 2022)

1.7.7 Resumen descriptivo de las Carreras que utilizan los activos dentro del Alcance del Proyecto

Técnico en Mantenimiento Aeronáutico	
<p>Título a otorgar: Técnico/Técnica en Mantenimiento Aeronáutico.</p> <p>Duración en años y ciclos: 2 años (4 ciclos) Número de Asignaturas: 23 materias Número de unidades valorativas: 113 UV Impartido en: Campus Soyapango</p> <p>DECARGAR PENSUM VER COSTOS</p>	<p>Carrera ÚNICA y ACREDITADA</p> <p>AAC Certificación del Técnico en Mantenimiento Aeronáutico 2021-2026</p>
Ingeniería en Aeronáutica	
<p>Título a otorgar: Ingeniero/Ingeniera en Aeronáutica.</p> <p>Duración en años y ciclos: 5 años (10 ciclos) Número de Asignaturas: 41 materias Número de unidades valorativas: 162 UV Modalidad: Semipresencial Impartida en: Campus Soyapango</p> <p>DECARGAR PENSUM VER COSTOS</p>	<p>Carrera ÚNICA</p>

Figura 1.20. Información de las carreras dentro de la Fac. de Aeronáutica de la UDB
Fuente: Adaptada de (Universidad Don Bosco, 2023c)

La Figura 1.20 brinda información sobre los detalles de las 2 carreras brindadas por la Fac. de Aeronáutica. Aunque ambas carreras toman sus competencias del área de aeronáutica, el Técnico en mantenimiento Aeronáutico dura solamente dos años, cuatro ciclos, y tiene 23 materias que en total suman 113 UV. La Ingeniería en Aeronáutica es un poco más compleja y avanzada en cuanto a temas matemáticos y físicos y es por ello que ve 41 materias en 5 años, 10 ciclos y 162 UV

Ambas carreras tienen prácticas de laboratorio donde los activos son mayormente utilizados. Se pudiese decir que esta es la principal actividad productiva de los activos mantenibles y calibrables que se estarán segregando, analizando y creando gestiones y software para ellos.

Se han agregado los Pensum actualizados de ambas carreras en el ANEXO A como referencia a las materias analizadas dentro de los alcances de este proyecto de graduación.

1.7.8 Estructura Organizativa de Mantenimiento Interno de la Facultad

Como se muestra en la Figura 1.21, la gestión de mantenimiento de la Fac. de Aeronáutica es precedida por el Consejo Técnico o Consejo Asesor de la facultad que como fue mencionado anteriormente consiste en el decano de la facultad, el director de la facultad y un docente seleccionado. Por debajo del Consejo Técnico de la Fac. de Aeronáutica y por ende del que se considerará como el “director” dentro de la propuesta de diseño de CMMS, estará el/la encargado/a de los Mantenimientos o Jefe/a de Mantenimiento. Paralelamente, se pone con una línea punteada, por su cargo y jerarquía, a los docentes quienes tendrán incidencia solamente de solicitud e informes de fallas hacia el sistema de mantenimiento propuesto. Actualmente, solamente informan de manera verbal pero no de una manera oficial y escrita, los posibles problemas o las posibles fallas encontradas en los activos mantenibles y calibrables durante las prácticas. Siguientemente, hoy se encuentran los técnicos mecánicos los técnicos eléctricos y los proveedores de mantenimiento. Solamente los técnicos internos tendrán acceso al CMMS por medio de la Orden de Trabajo y sus rutinas y tareas (Facultad de Aeronáutica, 2022)..

Aunque no se muestra en el organigrama de la Figura 1.21, se hace referencia a la Figura 1.19 que detalla que el vicerrector académico y rector tienen la potestad máxima sobre lo que sucede en temas de mantenimiento, calibraciones y gestiones con proveedores internos o externos dentro de la Fac. de Aeronáutica. En temas de licenciamiento y compras con costos mayores de \$1,000 USD la gestión debe pasar al Comité Ejecutivo y la resolución del comité al respecto de la solicitud queda asentada en un acta y se comunica vía correo electrónico a las autoridades de la facultad.

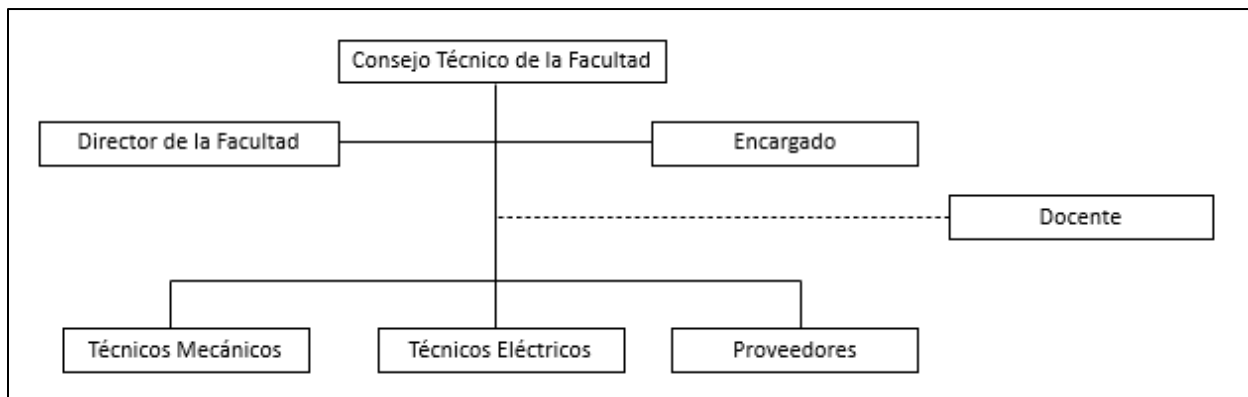


Figura 1.21. Organigrama de Mantenimiento de la Fac. de Aeronáutica

Fuente: Creada por el autor

1.7.9 Descripción de las áreas principales de uso de la facultad de Aeronáutica

Almacén-Bodega de la Facultad de Aeronáutica

El Almacén-Bodega de Aeronáutica originalmente estaba en el Edificio 7 o Taller el cual es parte del CIDIM, luego fue trasladado a su ubicación actual en el Edificio 6, donde se han establecido diferentes estantes que serán discutidos en las siguientes secciones.

La Figura 1.22 y la Figura 1.23 muestran vistas globales del Almacén-Bodega de Aeronáutica y cómo se ha iniciado el proceso de 5S-mediante Seiri y Seiton para establecer clasificación y orden iniciales antes de generar el catálogo general de activos y la segregación de activos mantenibles y calibrables.



Figura 1.22. Foto Panorámica del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 1.23. Fotografía con acercamiento del Estante “G” – Materiales Peligrosos y Estante ‘H’ – EPP y Equipos de mayor envergadura del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica
Fuente: Fotografía tomada por el autor

- **Hangar UDB**

La Figura 1.24 muestra vistas laterales del Hangar y sus aeronaves B737-200 y Cessna 210A, donde típicamente se realizan las prácticas de las materias dentro de los alcances del proyecto.



Figura 1.24. Fotos laterales del Hangar y sus aeronaves
Fuente: Fotografías Tomadas por el autor

La Figura 1.24 y la Figura 1.25 muestra una vista frontal del Hangar y mesas de trabajo con la señalización adecuada; es aquí donde típicamente se realizan las prácticas de las materias dentro de los alcances del proyecto. Además se muestra a alumnos utilizando las gradas metálicas.



Figura 1.25. Fotografía Frontal del Hangar y sus elementos
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 1.26. Fotografía externa de estudiantes trabajando en las gradas metálicas y el Avión B727-200
Fuente: Fotografía tomada por el autor

- **Cuarto/Bodega de Compresor y Filtro Coalescente**

La Figura 1.27 y la Figura 1.28 muestran las áreas del Cuarto/Bodega del Compresor y Filtro coalescente. Es acá donde también se guardan las basculas de gran tamaño y el panel eléctrico.



Figura 1.27. Fotografía externa del Cuarto/Bodega del Compresor y Filtro Coalescente
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 1.28 Fotografía interna del Cuarto/Bodega del Compresor y Filtro Coalescente
Fuente: Fotografía tomada por el autor

- **Laboratorio de Propulsión y Laboratorio de Aviónica**

La Figura 1.29 y la Figura 1.30 muestran el Laboratorio de propulsión y el laboratorio de aviónica respectivamente, donde se realizan algunas de las prácticas de ambas carreras de la facultad, están guardados activos de los proyectos de investigación y se ha iniciado también con el proceso de las metodologías 5S mediante señalización, segregación, estandarización y cajas de cada uno de los proyectos; el alcance de este proyecto solo llega a ciertos activos esenciales de los laboratorios, se recomienda hacer un análisis futuro para determinar si se necesita hacer mantenimiento y calibración a otros activos dentro de los laboratorios y parte del catálogo general.



Figura 1.29. Fotos de estudiantes y docentes dentro del Laboratorio de Propulsión
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 1.30. Estantes 1, 2 y 3 del Laboratorio de Aviónica
Fuente: Fotografía tomada por el autor

1.7.10 Descripción de la Vinculación del Almacén-Bodega con otras áreas

La Figura 1.31 muestra la vinculación del Almacén-Bodega con otras áreas de la universidad, estas incluyen la vinculación con la Vicerrectoría de Ciencia y Tecnología y el CITT ya que el recinto donde se aloja es del CIDIM, asimismo algunos de los materiales consumibles que son de gran tamaño como tubos estructurales son alojados en la bodega del CIDIM. Además de haber varias necesidades en común, el CIDIM apoya a la facultad con laboratorios especializados para diversas materias, préstamos de materiales y activos, los cuales también necesitan gestiones especializadas.

El departamento de activos fijos tiene una vinculación con el Almacén-Bodega cuando entran nuevos activos que son de gran tamaño ya que hay un acta de ingreso de activos y un proceso relacionado, asimismo hay un proceso relacionado cuando se quiere dar de baja o descarte de activos no funcionales. Este proceso también debe de realizarse en el departamento de activos fijos y su papelería establecida.

La vinculación con el departamento de Servicios Generales es principalmente en el área de limpieza ya que ellos llegan una a dos veces por semana a hacer limpieza general al Almacén-Bodega, así como también a los laboratorios y al hangar de la facultad.

La vinculación con el Departamento de Compras es una triangularización entre el encargado de compras de la facultad, la encargada del Almacén-Bodega y los encargados de efectuar las compras mediante las requisiciones efectuadas y las órdenes de compra (O.C.) ejecutadas. Al llegar los activos comprados, estos siempre pasan por la bodega de compras del departamento de compras, se efectúa una entrega y por ende una salida en respuesta a una requisición y una orden de compra (O.C.). A continuación se muestra un ejemplo del recibimiento de activos de una requisición de suministros, este es un comprobante para ambas entidades que los activos han sido entregados y que la orden de compras y la requisición pueden ser cerradas.

Una vez recibido el material es responsabilidad del encargado o encargada del Almacén-Bodega de colocar los elementos en su posición correcta y hacer los cambios al catálogo general, cambio en la cantidad de inventario, e ingreso a las gestiones de mantenimiento y calibración si así lo requiriese.

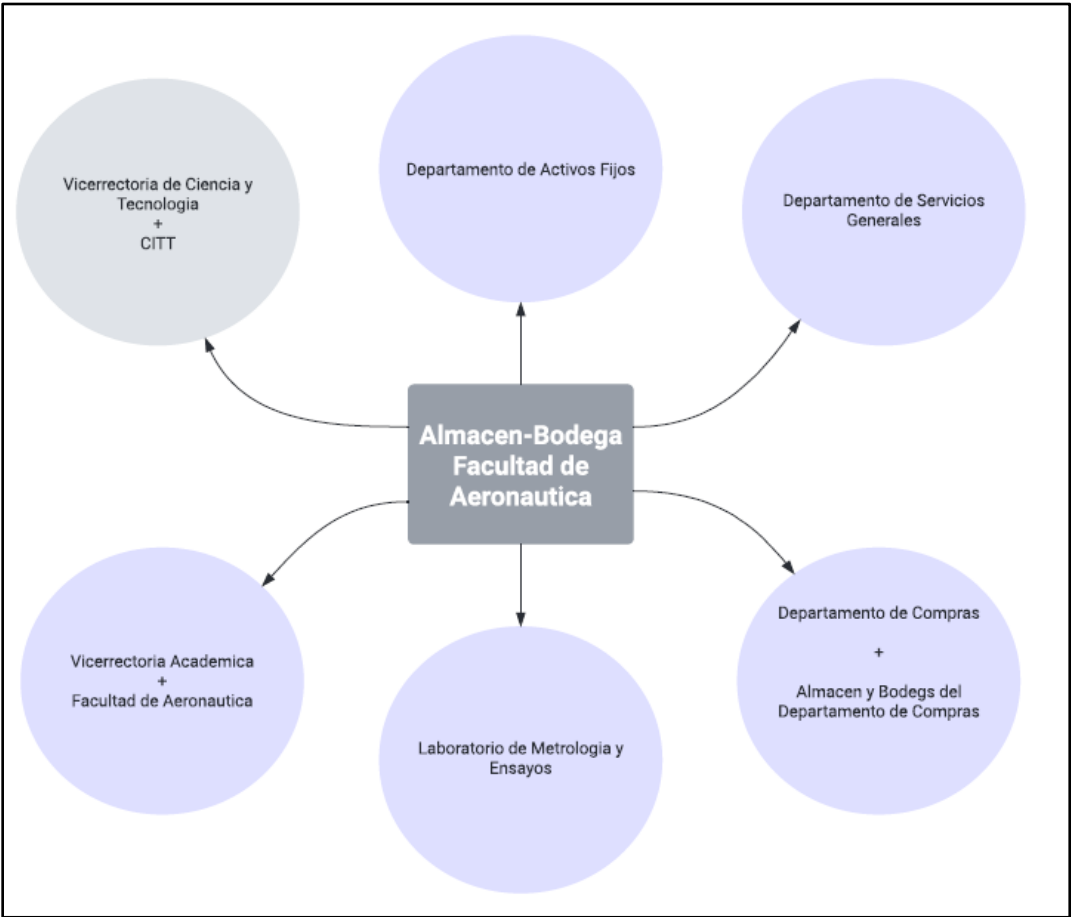



Figura 1.31. Cuadro relacional del “Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica con otras áreas dentro de la Universidad Don Bosco
Fuente: Creada por el autor

La Figura 1.32 muestra un ejemplo de Reporte de Requisición de suministros del departamento de compras después de haberse efectuado una Orden de Compras (O.C) relacionada y paralela la recepción de los activos solicitados.



Universidad Don Bosco
Departamento de Compras
Reporte de Requisición de Suministros

Fecha de Impresión: 8/9/2023 8:45:38 AM
Fecha de Registro: 10/07/2023
Fecha de Finalización: 09/08/2023

Datos Requisición:

Id Req. de Suministros: 20592	Id Movimiento Req.: 22133
Año: 2023	Centro:
Unidad: Depto. Aeronáutica	Tipo: General
Cuenta: N/A	Registrado por: alfredo.mejia
Estado: Parcialmente Entregada	

Descripción: Compra de disco duro y adaptador portátil para proyecto de Diseño/Análisis Preliminares y Detallados de un Túnel de Viento Lineal Subsónico Incompresible (LSWT) incluyendo un prototipo a escala. Se requiere a más tardar para 24 de Julio.

Monto total: \$ 162.99

Producto	Descripción	Cant. Aprob	Cant. Entreg.	Precio Unit.	Monto	Estado
Disco Duro / Memoria	Disco Duro SSD NVMe M.2. MP600 GS: 2 TB,Corsair Amazon.	1	1	\$109.99	\$109.99	Entregado
Enclosure/Encapsulado para disco duro	Adaptador portátil externo NVMe M.2. USB 3.2. ROG STRIX Arion, ASUS Amazon.	1	1	\$52.99	\$52.99	Entregado

Entregado por: _____

Compras

Recibido por: _____

Depto. Aeronáutica

Figura 1.32. Ejemplo de Reporte de Requisición de suministros
Fuente: Departamento de Compras, Universidad Don Bosco (UDB)

La Figura 1.33 muestra un ejemplo de Reporte de Recepción de activos Calibrables de parte del Laboratorio de Metrología UDB, el cual sirve como comprobante de cuándo, y a qué elementos se les ha brindado calibración interna; de esta forma ambas dependencias estén connotadoras y con evidencias de cuáles activos están con certificados vigentes.

(7)

LABORATORIO DE METROLOGÍA & FACULTAD DE AERONÁUTICA

UNIVERSIDAD DEL DISTRITO CAPITAL

Recepción de Equipos

EMPRESA: TMA_UDB

FECHA: 2021-11-29

ESTE DIA SE HAN RECIBIDO LOS SIGUIENTES EQUIPOS EN EL LABORATORIO:

EQUIPO	MARCA	MODELO	N° DE SERIE
Micrómetro	Mitutoyo	-	103-177
Micrómetro	Mitutoyo	-	103-177
Micrómetro	Mitutoyo	-	103-177
Micrómetro	SPI	-	103-177
Micrómetro	SOMET INOX	-	12-349-7
Micrómetro	Mitutoyo	-	25 1420
Micrómetro	Mitutoyo	-	102-301
Micrómetro	Mitutoyo	-	102-301
Micrómetro	Mitutoyo	-	102-301
Micrómetro	Mitutoyo	-	102-301
Micrómetro	/	/	/

ENTREGA: Jonathan Galdames F.

RECIBE: Cordelia Nuño F. S. S. S.

Anevisar

Figura 1.33. Ejemplo de Reporte de Recepción de activos Calibrables – Laboratorio de Metrología UDB
 Fuente: Laboratorio de Metrología UDB y Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción del Mantenimiento Industrial en General

El Mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas para mantener o restaurar el estado, funcionabilidad y operatividad productiva de un activo o de un componente de este activo. El objetivo general es que al efectuar mantenimiento, el activo cumpla con su funcionamiento normal sin alterar su rendimiento ni la calidad de sus procesos (Traction, 2023).

Una correcta gestión de mantenimiento puede ahorrar mucho tiempo y dinero a una empresa o institución educativa en este caso

La Figura 2.1 muestra algunos de los problemas o retos comunes de una gestión y ejecución del mantenimiento.

Problema



Figura 2.1. Retos de una Gestión y Ejecución del Mantenimiento
Fuente: Adaptada de (Matteo App, 2023b; Sol et al., 2023)

2.1.1 Asset Performance Management/ gestión del rendimiento de los activos (APM)

Según (ARC Advisory Group, 2023; Becolve digital, 2023), APM, en inglés Asset Performance Management, significa gestión del rendimiento de los activos y es un conjunto de soluciones tecnológicas para mantenimiento orientadas a la optimización de activos que ayudan a las industrias

modernas a tener la capacidad de alcanzar y mejorar los objetivos de confiabilidad, seguridad y rendimiento de sus equipos.

Para poder determinar la madurez de una organización dentro del contexto de mantenimiento industrial 4.0 existe una pirámide clasificatoria mostrada en la Figura 2.2, la cual proporciona una visualización rápida del estado en el que se encuentra una organización (ARC Advisory Group, 2023; Becolve digital, 2023).

El objetivo de APM 4.0 es aumentar la disponibilidad y “utilización” de los activos y reducir costos y así globalmente alcanzar el máximo rendimiento económico de una organización (ARC Advisory Group, 2023; Becolve digital, 2023).

Una vez que se implementan las soluciones apropiadas, y los equipos de operaciones, mantenimiento, ingeniería, supervisión y administración tengan la información necesaria para tomar decisiones apropiadas, colaborativas y oportunas, la ejecución y la rentabilidad de las operaciones comenzarán a mejorar significativamente. Pero esto solo debe verse como un primer paso en el proceso de optimizar la rentabilidad de los activos (ARC Advisory Group, 2023; Becolve digital, 2023).

La clave es unir las dos perspectivas: la de mantenimiento y la de operaciones. Una vez unidas, se pueden proporcionar una vista de rendimiento combinada. Cuando los KPI o métricas financieras y operativas logran visualizarse en tiempo real proporcionan el mecanismo de convergencia (ARC Advisory Group, 2023; Becolve digital, 2023; Fractal, 2023).



Figura 2.2. Estrategia Operativa Optimizada en base al APM

Fuente: Adaptada de (Becolve digital, 2023)

2.1.2 importancias del mantenimiento Industrial

Según un compendio entre (CRATOS, Instalaciones, Mantenimiento, Procesos, 2023; Marroquín et al., 2008; Melanie & ComparaSoftware, 2023) se detalla que las importancias del mantenimiento industrial incluyen:

- Incremento en la vida útil de los activos: El mantenimiento regular puede prolongar la vida útil de la maquinaria y del equipo industrial, lo que reduce los costos de reemplazo a largo plazo.
- Reducción de los costos de energía: Un equipo bien mantenido puede funcionar de manera más eficiente, lo que a su vez puede llevar a una reducción en el consumo de energía y, por ende, a una disminución en los costos de energía.
- Mejora de la seguridad en el lugar de trabajo: El mantenimiento regular de los equipos e instalaciones ayuda a garantizar que estos funcionen de manera segura, lo que puede reducir el riesgo de accidentes en el lugar de trabajo.
- Incremento en la disponibilidad de los activos: La realización del mantenimiento preventivo y correctivo reduce el tiempo de inactividad de los activos, lo que aumenta su disponibilidad para la producción.
- Cumplimiento de normas y regulaciones: El mantenimiento ayuda a las empresas a cumplir con los requisitos del sistema de administración de calidad, así como con las normas de seguridad y medioambientales.
- Optimización de la productividad y la eficiencia: El mantenimiento industrial es clave para garantizar el funcionamiento óptimo de las máquinas, lo que contribuye a una producción más eficiente.

- Prevención de costos adicionales y pérdidas de producción: El mantenimiento industrial previene la aparición de costos asociados a un mal funcionamiento de los equipos productivos y las pérdidas de producción por indisponibilidad.
- Adaptabilidad a los avances tecnológicos: El mantenimiento industrial se beneficia de las evoluciones tecnológicas, permitiendo la incorporación de nuevas soluciones de gestión del mantenimiento.

2.2 Tipos de Mantenimiento en General

2.2.1 Mantenimiento Preventivo (Planificado)

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo antes de que un activo o pieza de equipo se descomponga. Es lo opuesto al mantenimiento reactivo o al mantenimiento correctivo de fallas, que tienen lugar después de que se descompone un equipo ya sea en emergencia o después de un mantenimiento o inspección periódica. Las tareas de Mantenimiento Preventivo se pueden realizar a intervalos predeterminados, como un período de tiempo especificado o por conteo de medidores (horas, ciclos, cantidad de usos, etc.). Una estrategia de mantenimiento preventivo ayuda a minimizar el tiempo de inactividad no planificado y los costos de reparación (Fiix Inc., 2023b; FMX, 2023; Marroquín et al., 2008; Tavella, 2022; Tew, 2020; Woo, 2017).

Tipos de Mantenimiento Preventivo (Planificado)

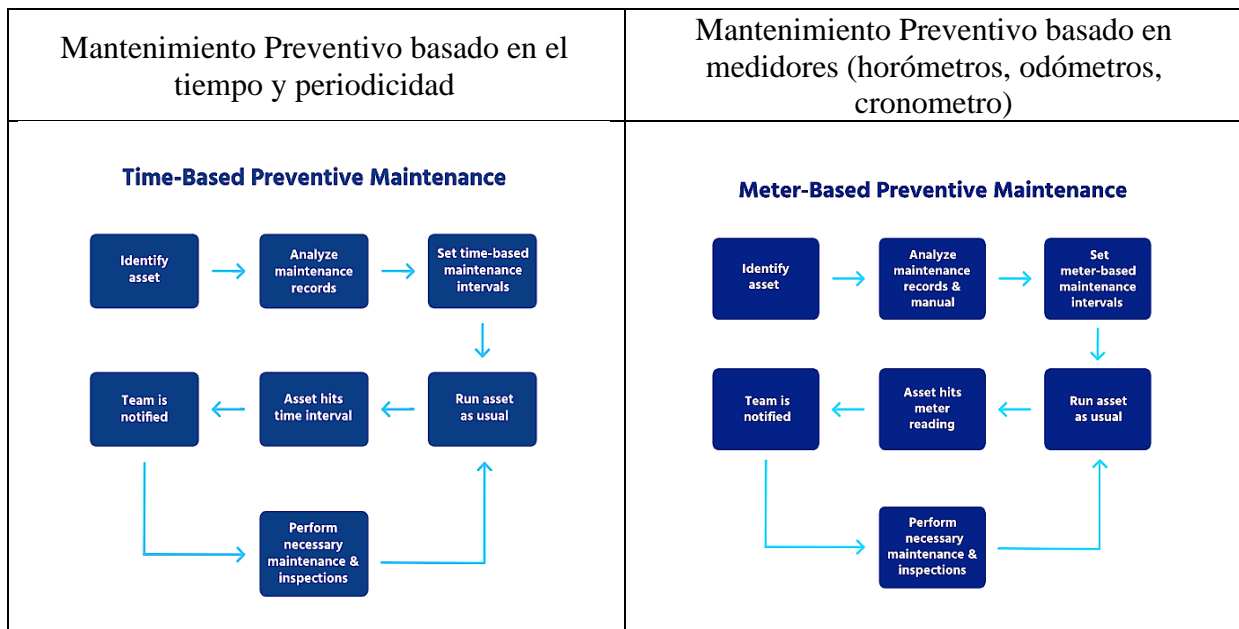


Figura 2.3. Procesos de los tipos de mantenimiento Preventivo
Fuente: Adaptada de (FMX, 2023)

Mantenimiento Preventivo basado en el tiempo y periodicidad (TBM en inglés)

Mantenimiento realizado en los activos en función de un cronograma y planificación de mantenimiento en un calendario típicamente anual. Esto significa que las "frecuencias previamente

establecidas basadas en tiempo de periodicidad" son las que indican cuando debe brindarse una gama/rutina/tarea de mantenimiento en base a cada activo. "Time-Based Maintenance" (TBM) es un tipo de mantenimiento planificado, ya que debe programarse con antelación. Esto significa que se puede utilizar tanto con el mantenimiento predictivo como con el mantenimiento preventivo (Fiix Inc., 2023a; FMX, 2023; Garrido, 2013).

Mantenimiento Preventivo basado en medidores (horómetros, odómetros, cronometro)

El mantenimiento basado en medidores es el mantenimiento realizado como resultado de un detonante de lectura de medidores como horómetros, odómetros, cronómetros, etc. El medidor puede medir, por ejemplo, el número de horas que el equipo ha estado en uso, los kilómetros que se han recorrido, el número de piezas que se han producido o una condición de funcionamiento como la presión o el caudal.(C. E. Ebeling, 2019; Fiix Inc., 2023b; FMX, 2023)

El mantenimiento basado en medidores es un mantenimiento planificado, por ende, se puede utilizar tanto con el mantenimiento predictivo como con el mantenimiento preventivo (C. E. Ebeling, 2019; Fiix Inc., 2023b; FMX, 2023).

El mantenimiento basado en contadores es un poco más complejo que el mantenimiento basado en el tiempo, ya que requiere una acción (un contador para ser leído e interpretado) antes de que se pueda activar el mantenimiento o mediante un sistema o módulo de alerta dentro del CMMS.

El mantenimiento basado en medidores se realiza cuando la lectura de un medidor está cerca o ha pasado su valor límite y por ende, el equipo debe ser reparado antes de que ocurra una falla catastrófica. Por lo tanto, es importante que el medidor se lea regularmente o en modo "en vivo" para que el mantenimiento, cuando corresponda, no se retrase. La lectura del contador debe basarse en un detonante de aviso basado en el tiempo. Cuando se alcanza el límite del detonante y alarma, se debe programar el mantenimiento (FMX, 2023).

2.2.2 Mantenimiento Correctivo/Reactivo (No Planificado)

El mantenimiento correctivo actúa una vez que se ha producido un error o falla. Este tipo de mantenimiento resuelve errores de código, fallas de seguridad, rendimiento y estabilidad de cualquier tipo.

Como se vio en las presentaciones de la materia titulada *Gestión del Mantenimiento Industrial* con Raúl Stegmaier Bravo y en la materia titulada *Dirección y planificación Estratégica* con Santiago García Garrido, una orden de trabajo (O.T.) de mantenimiento correctivo se genera cuando se descubre un problema mientras completa una orden de trabajo de mantenimiento preventivo, inspección, general o súbitamente de emergencia. El mantenimiento correctivo se realiza para identificar, aislar y rectificar una falla para que el equipo, la máquina o el sistema puedan restaurarse a su mejor condición de funcionamiento. A diferencia de una orden de trabajo de emergencia, una orden de trabajo (O.T.) de mantenimiento correctivo post preventivo se planifica y programa porque el problema o problemas se identificaron durante un mantenimiento. Una orden de trabajo de mantenimiento correctivo puede cubrir la reparación, restauración y/o reemplazo de equipos (Duffuaa & Raouf, 2015; Marroquín et al., 2008; Woo, 2017).

Idealmente, los técnicos de mantenimiento cerrarán las órdenes de trabajo antes de 24 horas después de haber completado un trabajo. Esto ayudará a garantizar que la información del sistema permanezca actualizada. Es esencial que los técnicos de mantenimiento utilicen el CMMS para registrar datos de cierre adecuados en las Órdenes de Trabajo (O.T.). La información sobre el trabajo realizado y las lecciones aprendidas deben formar parte de sus registros de mantenimiento (Duffuaa & Raouf, 2015; Marroquín et al., 2008; Woo, 2017).

2.2.3 Mantenimiento Planificado hasta la falla

También conocido como mantenimiento hasta fallas, el mantenimiento planificado pero no programado se produce en situaciones en las que el plan de mantenimiento de un activo es esperar a que se rompa o falle deliberadamente (Fiix Inc., 2023b).

Este enfoque suele reservarse para los activos que tienen poco o ningún impacto en la producción. Las herramientas, como los taladros eléctricos y los instrumentos de medición, son un buen ejemplo. Es un desperdicio brindar mantenimiento preventivo a estas herramientas si son económicas y no son críticas para la producción. En su lugar, las organizaciones tienen herramientas adicionales a mano para que estén disponibles cuando una falla, brindando redundancia (con sistemas paralelos), pero seguridad (Fiix Inc., 2023b).

Esta estrategia también se considera mantenimiento planificado (en lugar de reactivo) porque se realiza un seguimiento de los activos y se implementa una estrategia para repararlos cuando se desgastan, en lugar de ser tomados por sorpresa por fallas. Este tipo de mantenimiento es adecuado solamente para cierto tipo de empresas, aquellas que no pueden invertir en un programa periódico de mantenimiento o que tienen mucha redundancia en sus líneas de trabajo (Fiix Inc., 2023b).

Como las fallas se resuelven a medida que surgen, solo se debe invertir cuando esto sucede, con los riesgos que esto conlleva (Fiix Inc., 2023b).

2.2.4 Mantenimiento Predictivo

Como describen (Sicma21, 2021; Marroquín et al., 2008; Duffuaa & Raouf, 2015), el mantenimiento predictivo se basa en sensores para captar información sobre los equipos (por ejemplo, sensores de temperatura o sensores de vibración axial, radial, etc.), y generalmente es específico de la tecnología que puede activar órdenes de trabajo si una máquina o aparato necesita una inspección o actualización.

En resumidas cuentas, el mantenimiento predictivo consiste en supervisar el estado de la maquinaria esencial para hacer un seguimiento del rendimiento y detectar posibles defectos que

podrían provocar un fallo del sistema describen (Sicma21, 2021; Marroquín et al., 2008; Duffuaa & Raouf, 2015).

Este tipo de mantenimiento preventivo puede ser especialmente relevante para la industria manufacturera, las plantas de producción de alimentos y la industria energética, donde la información obtenida del mantenimiento predictivo permitirá a los responsables de mantenimiento predecir cuándo pueden producirse paradas del sistema basándose en patrones anteriores, y programar las tareas de mantenimiento para reducir las caídas de los equipos operativos. Su función es prever cuándo surgirá un problema o falla en específica que podría perjudicar el funcionamiento de la empresa. Métodos como monitoreo de temperatura y reacciones químicas se usan para predecir cuándo una máquina puede fallar describen (Sicma21, 2021; Marroquín et al., 2008; Duffuaa & Raouf, 2015).

Cuando se registran los datos de las Órdenes de Trabajo (O.T.), los Jefes o encargados de mantenimiento pueden predecir cuándo un activo llegará a la falla en función de los eventos históricos y de esta manera crear Gestiones de PM específicas para evitar que vuelvan a ocurrir.

Características:

- Es un mantenimiento proactivo
- Utiliza tecnología predictiva para abordar posibles problemas y programar el mantenimiento correctivo antes de que se produzca un fallo.
- Se centra en el rendimiento de los activos, el análisis predictivo y la recopilación de datos para los servicios de maquinaria.
- Mejora la eficiencia general del inventario, ya que las piezas de la máquina no fallan y no se reemplazan demasiado pronto.
- A menudo no requiere tiempo de inactividad de la máquina y, si lo hace, generalmente es corto.
- Utiliza herramientas avanzadas como análisis de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de aceite, combinadas con software de análisis de datos y, a veces, dispositivos de sensores (Sicma21, 2021; Marroquín et al., 2008; Duffuaa & Raouf, 2015).

Desventajas del Mantenimiento Predictivo

Para establecer la periodicidad del mantenimiento preventivo, es común que se utilicen analizadores de vibraciones y otros sensores / radares de funcionamiento. Estos equipos ameritan una inversión inicial elevada y, a su vez, se les debe dar mantenimiento para que la lectura de datos no falle. (Sicma21, 2021; Marroquín et al., 2008; Duffuaa & Raouf, 2015).

La empresa deberá contratar o capacitar personal para la lectura e interpretación de los datos suministrados por los equipos. Esto significa un conocimiento técnico avanzado.

2.2.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total (TPM) es una estrategia vanguardista y tan importante que el pensum de la maestría tuvo una materia completa para abordarla. Este tipo o estrategia de mantenimiento opera de acuerdo con la idea de que todos en una instalación/organización deben participar en el mantenimiento industrial sin importar su nivel; en contraste con las estrategias industriales anteriores en las cuales solo el equipo de mantenimiento era el encargado y responsable de las estrategias y la ejecución de los mantenimientos. Este enfoque utiliza las habilidades de todos los empleados y busca incorporar el mantenimiento en el rendimiento diario de una instalación (Nakajima & Bodek, 1988; Rockwell Automation Inc, 2023; Vorne Industries Inc., 2023).

El mantenimiento productivo total tradicional fue desarrollado por Seiichi Nakajima de Japón. Los resultados de su trabajo sobre el tema condujeron al proceso TPM a finales de la década de 1960 y principios de la de 1970. Nippon Denso (ahora Denso), una empresa que creó piezas para Toyota fue una de las primeras organizaciones en implementar un programa de TPM. Esto dio lugar a un punto de referencia aceptado internacionalmente sobre cómo implementarlo (Nakajima & Bodek, 1988).

El TPM está construido sobre una base la metodología Kaizen de "5S" (la cual será descrita en este documento subsiguientemente) con ocho pilares que lo sostienen. El comienzo de un programa de TPM se centra en el establecimiento de la base de las "5S" y en el desarrollo de un plan de mantenimiento autónomo que inicialmente involucra a los operarios o aquellos que utilizan los

activos y progresivamente a todos en la organización. Esto libera al personal de mantenimiento para comenzar proyectos más grandes y realizar un mantenimiento más planificado (Nakajima & Bodek, 1988).

Involucrados:

Según (Azid et al., 2019; Nakajima & Bodek, 1988; Vorne Industries Inc., 2023) los involucrados deberían de ser todos en la organización, incluyendo como se detallan a continuación:

• Ingenieros de alta gerencia y confiabilidad

La gerencia debe involucrarse en el TPM promoviéndolo como una política corporativa. Los ingenieros de confiabilidad (RCM) también deben participar, ya que pueden interpretar los datos de mantenimiento almacenados en el CMMS de una organización para encontrar métricas relevantes y generar información empresarial.

• Operadores/Operarios

Los operadores son los propietarios de los activos de una instalación, lo que significa que deben asumir la responsabilidad del mantenimiento diario de sus máquinas, con trazabilidad y reportes. Esto incluye la limpieza y la lubricación regular necesarias para la salud del activo. También se espera que los operadores/operarios encuentren los primeros signos de deterioro del equipo y los informen, así como que determinen formas de mejorar el funcionamiento del equipo mediante propuestas de mejora continua, propuestas de cambio de diseño e inspecciones de sintomatología.

• Gerentes, Jefes Responsables y técnicos de mantenimiento

Se espera que los gerentes, jefes y técnicos de mantenimiento capaciten y apoyen a los operadores para cumplir con sus objetivos y realizar actividades de mantenimiento preventivo más avanzadas. También se espera que asuman la responsabilidad de las actividades de mejora que afectarán a los indicadores clave de rendimiento (KPI) establecidos por los ingenieros de confiabilidad.

La Figura 2.4 Muestra los 8 pilares de la estrategia de mantenimiento Productivo Total (TPM). Estos incluyen:

- 1 Mantenimiento autónomo
- 2 Mantenimiento planificado
- 3 Mantenimiento de la calidad
- 4 Mejora enfocada
- 5 Gestión temprana de equipos
- 6 Capacitación y educación
- 7 Seguridad, Salud, Medio Ambiente
- 8 TPM en la administración

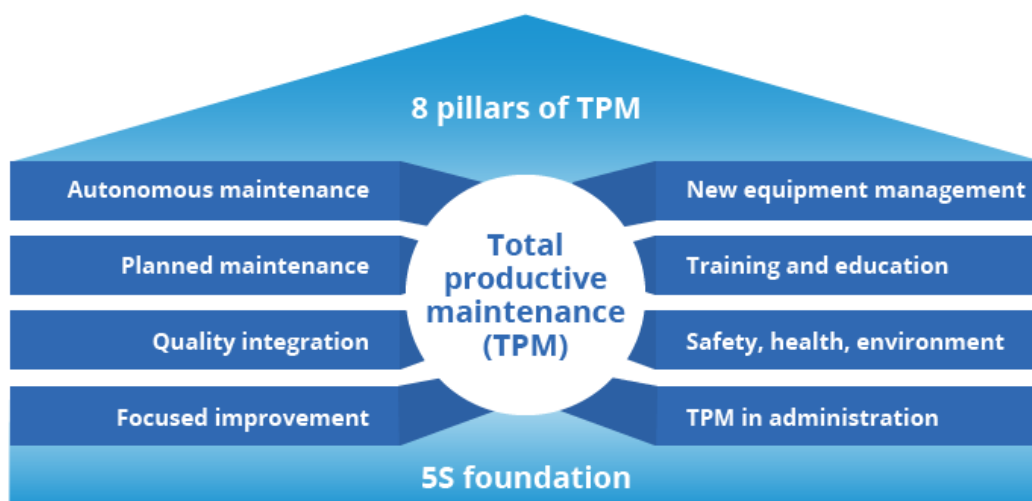


Figura 2.4. Los 8 pilares del TPM
 Fuente: Adaptada de (Rockwell Automation Inc, 2023)

Como se describió anteriormente las 5S se vuelven el fundamento de los pilares y para esta propuesta, aunque no ha seguido la estrategia de TPM, más que para ciertos activos, sí se pensó que la metodología “5S” era vital para el avance de los objetivos del proyecto, y es por ello que en el capítulo de resultados se han mencionado propuestas para cada una de las “S”, algunas ya establecidas y otras que se dejarán en las recomendaciones para implementación futura (Rockwell Automation Inc, 2023).

2.2.6 Enfoque en una estrategia de Mantenimiento Preventivo

Este proyecto de graduación de maestría busca enfocarse en una estrategia inicial de mantenimiento preventivo ya que anteriormente no existía ninguna estrategia concisa o establecida dentro de la Fac. de Aeronáutica. Debido a que todo es “nuevo”, se ha tomado el enfoque de la segunda fase/generación del Mantenimiento industrial, con planificación y programación por medio de una propuesta de diseño de CMMS siguiendo esta estrategia para iniciar a incurrir en Gestión de Mantenimiento en general y en un futuro poder realizar gestiones más avanzadas como lo son el Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento en base a condición o TPM discutidos anteriormente.

El **mantenimiento preventivo** es el mantenimiento que se realiza de forma regular y rutinaria en los activos para reducir las posibilidades de fallas en el equipo. El no realizar este tipo de mantenimientos podría llegar a ser muy costoso para los equipos de trabajo de gestión de mantenimiento de las empresas y los gerentes encargados. El mantenimiento preventivo efectivo se planifica y programa en función de información de datos en tiempo real, a menudo utilizando software como un CMMS. Se realiza una tarea de mantenimiento preventivo mientras el equipo aún está operativo (sin fallas) para evitar averías inesperadas y un posible mantenimiento correctivo/reactivo de emergencia. Una estrategia de mantenimiento preventivo es un enfoque utilizado comúnmente por empresas de diversos rubros y que se encuentra entre el mantenimiento correctivo/reactivo (o ejecución hasta la falla) y el mantenimiento predictivo. (Pintelon & Parodi-Herz, 2008)

El mantenimiento preventivo es importante porque sienta las bases para una gestión exitosa de las instalaciones. El mantenimiento preventivo mantiene el equipo y los activos funcionando de manera eficiente, mantiene un alto nivel de seguridad para sus empleados y ayuda a evitar en la manera de lo posible reparaciones grandes y costosas en el futuro. En general, un programa de mantenimiento preventivo que funcione correctamente garantiza que las interrupciones operativas se mantengan al mínimo(Lienig & Bruemmer, 2017; Woo, 2017).

Un aspecto principal separa el mantenimiento preventivo del mantenimiento correctivo/reactivo: el tiempo. El mantenimiento reactivo adopta una política de "ejecución hasta fallo" en la que el mantenimiento no se produce en absoluto hasta que un equipo deja de funcionar. Luego, la

reparación necesaria debe realizarse lo antes posible. Por otro lado, el mantenimiento preventivo trata de anticiparse a los fallos de los equipos y tomar medidas correctivas antes de que se produzca una avería mecánica (Duffuaa & Raouf, 2015; Garrido, 2013).

El método seleccionado, el mantenimiento preventivo o el mantenimiento reactivo, no importaría tanto, excepto por el hecho de que el mantenimiento reactivo puede llegar a ser mucho más costoso que el mantenimiento preventivo (Tavella, 2022).

Aunque la adopción de medidas de mantenimiento preventivo requiere presupuestar las actividades de servicio regulares y puede requerir la adopción de un sistema de gestión de mantenimiento (CMMS), en un entorno industrial suele merecer el costo y la implementación del mismo, sobre todo porque cuando una operación industrial está fuera de servicio por reparaciones no programadas, puede provocar rápidamente un estancamiento de la producción o incluso la pérdida de ingresos. El mantenimiento preventivo implica: reemplazar los componentes desgastados antes de que fallen, limpiar y restaurar los componentes antes de que el rendimiento se degrade, evitar las consecuencias de la falla del sistema de componentes, mejorar la confiabilidad y la productividad, capacitar a los expertos en los procedimientos y técnicas adecuados (Tew, 2020).

Rutinas Típicas: Limpieza, ajustes, reparaciones, lubricación y reemplazo de piezas.

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento proactivo que incluye, entre otros, principalmente rutinas de: inspección, limpieza, ajustes, reparaciones menores y mayores, lubricación/engrase, cambio y sustitución de piezas. El mantenimiento preventivo mantiene los activos en buena armonía funcional y de funcionamiento, y reduce el tiempo de inactividad no programado y las posibles fallas catastróficas o cambio completo del activo (Garrido, 2013).

El mantenimiento preventivo (PM) se lleva a cabo con el objetivo de aumentar la vida útil de los activos mediante la prevención del deterioro excesivo y la depreciación o la avería prematura.

Ventajas de un Mantenimiento Preventivo

Como describen (Fiix Inc., 2023a; Garrido, 2013; Sicma21, 2021), las ventajas de un mantenimiento Preventivo incluyen:

Se dejan a un lado los pagos sorpresivos por reparaciones imprevistas.

Se reducen los pagos por horas extra a los encargados de mantenimiento, ya que las tareas de revisión/reparación están programadas.

Disminuyen los desperdicios y las quejas de clientes por retrasos o problemas de calidad.

Como el mantenimiento preventivo se enfoca en extender la vida útil de los equipos y garantizar el máximo rendimiento, la empresa debe invertir menos en maquinaria, pudiendo redirigir el capital a otros asuntos de importancia.

Es posible calcular con antelación cuánto costará la reparación de los equipos.

Es muy flexible y puede adaptarse a las necesidades de empresas grandes y pequeñas, ya que hay distintos tipos de mantenimiento preventivo (Garrido, 2013; Sicma21, 2021).

Retos de la Gestión de Mantenimiento Preventivo:

Como describen (Fiix Inc., 2023a; Garrido, 2013; Sicma21, 2021), existen diversos retos para la aplicación inicial de una gestión de mantenimiento preventivo que hay que notar y estar avezado para poder amortiguar dichos retos con soluciones de bajo costo pero efectivas, estos incluyen:

1) **Costos Iniciales:** La implementación de un programa de mantenimiento preventivo puede ser costosa, ya que a menudo requiere una inversión inicial significativa. Esto puede incluir la compra de herramientas y equipos de mantenimiento, la inversión en un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS), la capacitación del personal y la configuración de la infraestructura necesaria. Las pequeñas empresas y las organizaciones con presupuestos limitados pueden encontrar desafiantes estos costos iniciales.

2) **Posible Sobre-Mantenimiento:** El “sobre-mantenimiento” puede ocurrir si las tareas de mantenimiento no se planifican cuidadosamente y se realizan con más frecuencia de lo necesario. Esto puede provocar un desgaste innecesario de los equipos, costos laborales adicionales y

posiblemente una reducción en la vida útil del equipo. Encontrar el equilibrio adecuado entre los costos de mantenimiento y operativos es crucial.

3) **Compromiso de Recursos:** El mantenimiento preventivo requiere personal dedicado para realizar inspecciones y tareas de mantenimiento de rutina. Esto puede tensionar la mano de obra disponible, especialmente en organizaciones más pequeñas donde los recursos humanos ya pueden ser limitados. En estos casos, las empresas pueden necesitar contratar personal adicional o subcontratar servicios de mantenimiento, lo que puede aumentar los costos generales.

4) **Tiempo de Inactividad del Equipo:** Aunque el objetivo principal del mantenimiento preventivo es prevenir el tiempo de inactividad no planificado, el mantenimiento programado todavía puede resultar en tiempos de inactividad del equipo. Es importante gestionar cuidadosamente este tiempo de inactividad para minimizar las interrupciones en las operaciones. Una planificación y programación adecuadas pueden ayudar a mitigar este problema, pero sigue siendo un desafío, especialmente para las empresas con operaciones críticas las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

5) **Programación Compleja:** A medida que aumenta el número de activos y equipos en una organización, la programación del mantenimiento preventivo para cada equipo puede volverse cada vez más compleja. Equilibrar las necesidades de mantenimiento de varios activos mientras se asegura una interrupción mínima de las operaciones puede ser un desafío logístico. Esta complejidad puede requerir el uso de software de gestión de mantenimiento y procesos de programación bien definidos.

Aclaración de propuesta personal de terminología y gestión del mantenimiento preventivo planificado

Como definición y conceptualización personal en base a experiencia personal se establece internamente en la facultad y según visto bueno de los encargados del almacén bodega, que para poder establecer una base de conceptos utilizados coloquialmente en las diferentes industrias, rubros y talleres de mantenimiento así como también en el área académica, es necesario entender

que la base del mantenimiento son los activos mantenibles, es decir que, sobre estos activos es que se realiza la planificación del mantenimiento preventivo para extender y sacar el máximo provecho de su vida útil. La Figura 1.6 busca mostrar de una manera gráfica el formato conceptual de términos que típicamente se utilizan en los ámbitos de mantenimiento pero tienen diferentes significados o se refieren a diferentes aspectos del mantenimiento preventivo planificado y por veces con el mismo nombre. La Figura 1.6 muestra esta relación establecida de esta terminología y la relación entre ellos para las gestiones propuestas (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022).

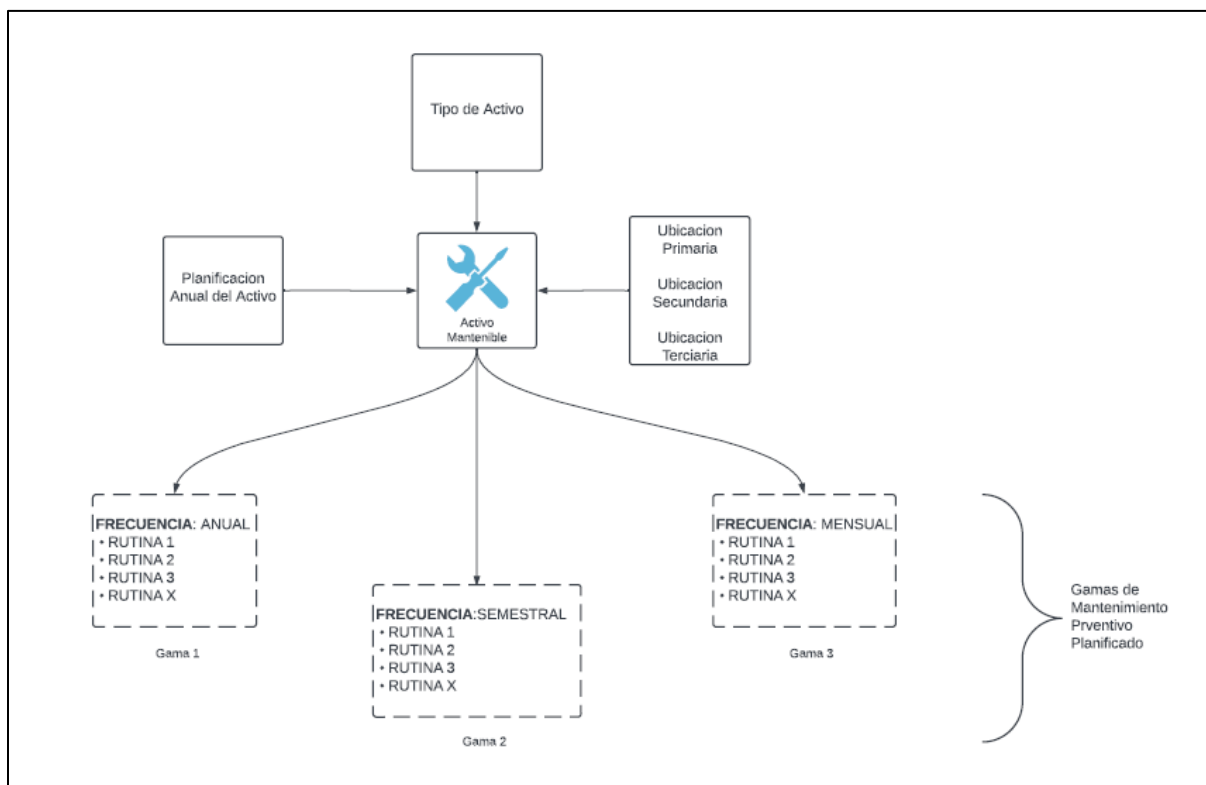


Figura 2.5. Diagrama de Gamas, Rutinas y Tareas de Mantenimiento Preventivo por activo
Fuente: Creada por el autor

Cada activo mantenible, tiene un tipo o familia asignada, asimismo, tiene una ubicación primaria, secundaria y terciaria definida para su geolocalización y según la propuesta de “5S” descrita en el Capítulo de Resultados. Finalmente, tiene una o varias frecuencias asignadas (que pueden “incorporarse” una encima de otra si es necesario) para su mantenimiento preventivo planificado.

En base a las frecuencias descritas anteriormente, se definen como muestra el diagrama anterior:

- **Gamas** – Las gamas son planificaciones previstas de ejecución de mantenimientos específicas para un activo en cuestión único. Están basadas en frecuencias (mantenimiento basado en el tiempo) asignadas a un activo y se componen de rutinas y tareas diversas y asociadas a dichas rutinas, específicas para el activo, según manual o experiencia (Garrido, 2013; Mancuzo & ComparaSoftware, 2020b).
- **Rutinas** – Las rutinas son partes de las gamas y definen las macro actividades que se realizarán en el mantenimiento planificado o programado y son detalladas en una O.T. de mantenimiento preventivo planificado, estas pueden ser iguales, similares o totalmente diferentes de un activo a otro y es hasta que se completan las rutinas de una O.T. y mediante la revisión del encargado, que se puede dar por cerrada una O.T. de mantenimiento preventivo planificado, tal y como se explica en el capítulo de resultados (Garrido, 2013).
- **Tareas** – Las tareas son parte de las rutinas y de las gamas y son los detalles de acciones de forma cronológica, precauciones, alertas, uso de herramienta o consumibles que se necesitan realizar para completar correctamente una rutina y por consiguiente una gama y cerrar progresivamente una orden de trabajo (O.T.) (Garrido, 2013).

Es aquí donde se empiezan a ver las ventajas de trasladar la gestión de mantenimiento de hojas de cálculo a un software CMMS dedicado que pueda asignar múltiples gamas dentro de la planificación de mantenimiento anual a un activo mantenible en cuestión. La propuesta de diseño de CMMS incluye las gamas, las rutinas y las tareas específicas a una orden de trabajo (O.T.) que luego será programada y asignada a un técnico o una cuadrilla de técnicos. Esta es una de las desventajas de llevar la gestión de mantenimiento en hojas de cálculo en MS Excel® al no poder realizar dicha gestión de gamas, rutinas y tareas de forma muy automatizada sin tener que recurrir a una posible programación por medio de Macroinstrucciones (Macros) en Microsoft VBA (Visual Basic para aplicaciones)

2.3 CMMS – Computerized Maintenance Management System

2.3.1 Definiciones de sistemas CMMS

El objetivo del CMMS es mejorar la gestión del mantenimiento de los equipos de su organización.

El principal objetivo del Software de mantenimiento es ganar productividad, al tener los equipos en estado óptimo, reduciendo los tiempos muertos. En definitiva, sus objetivos son:

- Disminuir costos de mantenimiento.
- Mejorar la productividad.
- Ahorrar en costos de reparación.
- Optimizar los recursos humanos, particularmente del equipo de mantenimiento.
- Prolongar la vida útil de los equipos.

(On Device Solutions, 2023)

Un CMMS no es más que un **tipo de software de gestión para sistematizar y centralizar toda la información sobre la gestión del mantenimiento** (Bagadia, 2006; Fiix Inc., 2023c; SPACEWELL international, 2021).

Su nombre hace referencia al acrónimo en inglés detallado:

- CMMS – Computerized Maintenance Management System/Software

Otros nombres utilizados en la industria según experiencia personal incluyen:

- Sistema de gestión de mantenimiento;
- Software de mantenimiento;
- Software de mantenimiento preventivo;
- Software de gestión de órdenes de servicio;
- Entre otros nombres y nomenclatura similar

Un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) es una herramienta de software diseñada para ayudar a las organizaciones a administrar y controlar sus operaciones de mantenimiento. La implementación de un CMMS puede ayudar a optimizar los procesos de

mantenimiento, mejorar la gestión de datos y proporcionar información en tiempo real (Bagadia, 2006).

El uso de un CMMS permite a las organizaciones gestionar el mantenimiento de sus activos de manera más eficiente al proporcionar una plataforma centralizada para la gestión de las actividades de mantenimiento. El CMMS permite la planificación, programación y seguimiento de las actividades de mantenimiento, lo que ayuda a mantener los activos en óptimas condiciones y a reducir los costos de mantenimiento (Dudley, 2020).

Además, un CMMS puede mejorar la gestión de datos al permitir la recopilación, almacenamiento y análisis de información relacionada con el mantenimiento. La información recopilada puede incluir datos sobre el tiempo de inactividad, el tiempo de reparación, los costos de mantenimiento y las piezas utilizadas. Estos datos pueden ser utilizados para optimizar el plan de mantenimiento y mejorar la toma de decisiones (Bagadia, 2006).

Otra ventaja del uso de un CMMS es la capacidad de proporcionar información en tiempo real. Los datos recopilados por el CMMS se pueden utilizar para generar informes y gráficos que muestran el desempeño del equipo y el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento. Estos informes pueden ser utilizados por los gerentes de mantenimiento para tomar decisiones informadas sobre la programación de actividades de mantenimiento y la asignación de recursos (Fractal, 2022).

Más recientemente, las Plataformas Inteligentes de Mantenimiento (PIM) han reemplazado los CMMS para muchas organizaciones de gran envergadura; estas nuevas plataformas representan una evolución significativa en la tecnología de gestión de mantenimiento, moviendo equipos de sistemas de registro simples a verdaderos sistemas de inteligencia. Estos sistemas no solo registran y centralizan la información, sino que también brindan alertas, sugerencias inteligentes y automatización de tareas a los equipos técnicos (Nexus Integra, 2022).

Su función es prever cuándo surgirá un problema o falla en específica que podría perjudicar el funcionamiento de la empresa. Métodos como monitoreo de temperatura y reacciones químicas se usan para predecir cuándo una máquina puede fallar.

En resumen, un CMMS puede ayudar a optimizar un PMS al permitir la gestión centralizada de las actividades de mantenimiento, mejorar la gestión de datos y proporcionar información en tiempo real. La implementación de un CMMS puede ayudar a las organizaciones a reducir los costos de mantenimiento, aumentar la eficiencia y mejorar el desempeño del equipo (Garrido, 2023).

2.3.2 Diferencias entre CMMS y EAM

Como describen (Dudley, 2020; Infraspak Team, 2023), un software CMMS ayuda a los equipos encargados del mantenimiento a optimizar sus tareas diarias de gestión del mantenimiento, incluida la asignación y finalización de solicitudes de trabajo, la realización de tareas de mantenimiento preventivo y rondas de inspección, la gestión del inventario de repuestos y los recursos laborales para maximizar la disponibilidad del equipo.

Un software de gestión de instalaciones abarca funciones CMMS y también automatiza aspectos adicionales de la gestión de instalaciones, incluido el seguimiento de presupuestos y gastos de capital y la gestión de contratos (Dudley, 2020; Infraspak Team, 2023).

EAM (Enterprise Asset Management) se centra en todo el ciclo de vida de un activo, desde el diseño y la instalación hasta el mantenimiento continuo, hasta el retiro o el reemplazo.

Un CMMS se centra únicamente en concentrar los datos críticos para facilitar y automatizar el mantenimiento durante la parte activa del ciclo de vida de un activo. Un EAM, por otro lado, también hace esto y también incluye (Dudley, 2020; Infraspak Team, 2023):

1. Un sistema de gestión de inventarios
2. Herramientas de gestión multi-sitio
3. Un sistema contable y/o de auditorías
4. Un sistema de gestión de compras y de proveedores

Una forma sencilla de pensarlo es que existe un CMMS dentro de cada EAM. Determinar cuál es el adecuado para la organización depende de las necesidades. Si se necesita un CMMS pero se gestiona un EAM, puede que se haya pagado por funciones que nunca se utilizarán. Por el contrario,

si se obtiene un CMMS pero se necesita un EAM, es posible que la organización tenga deficiencias estructurales, falta de datos, análisis y unificación (Dudley, 2020; Infraspak Team, 2023).

2.3.3 Características y funcionalidades comunes de un CMMS

Tabla 2.1 Características comunes de un CMMS

Característica	Descripción
Seguimiento de activos	Supervisar el ciclo de vida y el uso de los activos, como equipos, herramientas y hardware, desde la adquisición hasta la retirada.
Mantenimiento preventivo	Planificar y Realizar el mantenimiento de los equipos a intervalos de tiempo específicos para evitar las posibilidades de fallas inesperadas.
Gestión de Órdenes de Trabajo (O.T)	Gestionar el procesamiento oportuno y la finalización de las órdenes de trabajo (O.T.) de mantenimiento para evitar el tiempo muerto de los activos. La gestión de órdenes de trabajo incluye el procesamiento de solicitudes de trabajo, la comprobación de la disponibilidad de recursos, la asignación de tareas, el seguimiento de posibles garantías, el seguimiento del tiempo muerto y la gestión del inventario.
Facturación y cobro	Gestionar transacciones monetarias y facturas con clientes externos o departamentos internos. Esto implica generar cotizaciones por los servicios ofrecidos, crear facturas y recibir pagos.
Gestión de inventarios	Realizar un seguimiento de las piezas, herramientas y otros materiales necesarios para realizar el mantenimiento rutinario en su programa de mantenimiento. Esto ayuda a administrar la cantidad de recursos disponibles para mantener un suministro adecuado.
Gestión IoT	Acceder al software o información de los sensores de los activos de forma remota en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras portátiles a través de una aplicación o un navegador.
Calendarización y Programación	Planificar la disponibilidad de recursos y asignar tareas de mantenimiento específicas que se completarán durante un período.
Historial de servicio	Realizar un seguimiento del trabajo realizado, el historial de mantenimiento y los recursos utilizados para clientes, sitios o activos anteriores.
Gestión de técnicos	Realizar un seguimiento de las órdenes de trabajo (O.T) y los servicios programados asignados a los técnicos. El software ayuda a gestionar la disponibilidad de los técnicos y les asigna rutinas y tareas específicas.
Integración con otros Software	Integrar el código del CMMS con otras soluciones y aplicaciones para sincronizar los datos. Esto ayuda a evitar cualquier entrada de datos duplicada y garantiza una toma de decisiones informada.

Fuente: Adaptada de (Software Advice, Inc., 2023) con cambios personales

2.3.4 Ventajas y beneficios de un CMMS

DPSI explica que los CMMS's ofrecen las siguientes 10 ventajas (Madden, 2023):

1. Planifica y programa el mantenimiento preventivo.

El software de gestión de mantenimiento computarizado automatiza la programación de inspecciones y mantenimiento, evitando la aparición de problemas de mantenimiento y reparaciones costosas. El cambio de mantenimiento reactivo a proactivo también prolonga la vida útil del equipo al tiempo que reduce los costos operativos generales de la función de mantenimiento (Madden, 2023).

2. Administra las órdenes de trabajo (O.T.) de manera eficiente.

El software para el mantenimiento y la gestión de instalaciones mejora el flujo de trabajo y la eficiencia al permitir programar, asignar y cerrar órdenes de trabajo de forma rápida y sencilla. El software ofrece la posibilidad de configurar pantallas de órdenes de trabajo con los campos deseados, realiza un seguimiento automático de todas las órdenes de trabajo en el sistema y captura el historial asociado a cada equipo (Madden, 2023).

3. Gestiona el inventario de repuestos.

Cuando un departamento de mantenimiento está desorganizado, puede ser difícil para los gerentes de mantenimiento encontrar las piezas que necesitan, cuando las necesitan. Un sistema CMMS permite a los responsables de mantenimiento hacer un seguimiento de los activos que deben mantenerse y configurar el repedido automático de piezas, de modo que tengan a mano las piezas de repuesto adecuadas y puedan realizar reparaciones rápidamente. Un CMMS también indica exactamente dónde se almacenan las piezas que se necesita, para que no perder tiempo buscando en los almacenes (Madden, 2023).

4. Elimina el papeleo.

El uso de software para el mantenimiento y la gestión de instalaciones elimina la necesidad de papeleo y portapapeles, ya que el software se puede configurar para capturar información automáticamente. Además, el personal de mantenimiento puede ver toda la información

relacionada con las órdenes de trabajo en sus computadoras o dispositivos móviles. Por lo tanto, los técnicos de mantenimiento no tienen que buscar en carpetas y archivadores para encontrar la información que necesitan (Madden, 2023).

5. Mejora la productividad.

Un CMMS móvil puede utilizarse en los teléfonos inteligentes, lo que permite a los técnicos de mantenimiento acceder a información en tiempo real, comprobar el inventario e iniciar las órdenes de trabajo sin tener que volver a la oficina. Esto reduce su tiempo de viaje. El software de mantenimiento también proporciona a los técnicos de mantenimiento detalles sobre los procedimientos, las piezas y las herramientas necesarias para realizar un trabajo, para que puedan trabajar sin demoras ni interrupciones (Madden, 2023).

6. Reduce el tiempo de inactividad y los costos de reparación.

El tiempo de inactividad es costoso tanto en términos de pérdida de ingresos como de daño a la marca y la reputación de una organización. Cuando se centra en el mantenimiento preventivo planificado, se minimiza el tiempo de inactividad del equipo. Dado que un CMMS permite realizar un mantenimiento regular de las estructuras y los activos, estos son menos propensos a averiarse, lo que significa que también se reducen los costos de reparación (Madden, 2023).

7. Aumenta la seguridad.

El software de gestión de mantenimiento computarizado ayuda a las organizaciones a verificar y mantener regularmente los equipos y cumplir con los estándares de seguridad para evitar el mal funcionamiento y las fallas críticas. Esto minimiza la pérdida de tiempo de trabajo debido a accidentes y hace que su equipo sea más seguro tanto para los operadores como para el medio ambiente (Madden, 2023).

8. Provee visualización panorámica y reportes e históricos

Aumenta la comprensión de los activos y de la organización utilizando módulos para supervisar los indicadores clave de rendimiento (KPI), ver el panorama general y crear informes para los responsables de la toma de decisiones. Mediante el CMMS se puede analizar datos históricos y

tendencias, los responsables de mantenimiento pueden identificar áreas problemáticas, como el aumento de los costos, la baja productividad o las reparaciones constantes (Madden, 2023).

9. Asegura el cumplimiento de las normas regulatorias.

Los sistemas de mantenimiento y gestión de instalaciones a menudo deben cumplir con las normas reglamentarias nacionales e internacionales. Todos los gerentes de mantenimiento se enfrentan a auditorías periódicas o inspecciones aleatorias por parte de las agencias reguladoras. El software de mantenimiento permite demostrar el cumplimiento normativo y reducir la cantidad de preparación y papeleo que se requiere para una auditoría. Los gerentes de mantenimiento pueden simplemente generar informes que detallen el trabajo de mantenimiento realizado en maquinaria vital. Esto hace que el cumplimiento sea fácilmente rastreable y reduce el riesgo de sanciones por incumplimiento (Madden, 2023).

10. Reduce horas extras.

El CMMS puede reducir significativamente las horas extras al reducir la necesidad de mantenimiento y reparaciones de emergencia. Al programar el mantenimiento, el personal de mantenimiento puede trabajar de manera más eficiente y efectiva (Madden, 2023).

El ahorro de costos que las organizaciones consiguen con la implantación de un software de mantenimiento puede ser asombroso, pero es fundamental elegir un CMMS con la funcionalidad adecuada, así como trabajar con el proveedor adecuado para maximizar el retorno de la inversión (ROI) o mejor aún realizarlo dentro de la organización como esta propuesta de diseño sugiere. Un proveedor experimentado puede brindarle el soporte que necesita hoy y a medida que evoluciona su operación de mantenimiento (Madden, 2023).

2.3.5 Desventajas de un CMMS

Realmente no existen desventajas fuertes de tener una gestión de mantenimiento asistida por un CMMS, sin embargo al realizar un análisis más profundo se pudieran definir algunos desafíos o desventajas que deberán ser abordadas en su momento (Marroquín et al., 2008; Tavella, 2022; Wilke, 2021):

• **Implementación**

Es posible que la organización esté tan acostumbrada a la forma manual y al papel que es posible que nunca terminen de aceptar el software o de ingresar la información de manera correcta porque pueden pensar que es más tardado de esta manera (Marroquín et al., 2008; Tavella, 2022; Wilke, 2021).

• **Adaptación**

Todas las ventajas de un CMMS dependen del uso correcto del software. Por lo tanto, todos los empleados que lo usen deben participar en la fase de integración. Habrá una curva de comprensión diferente para cada empleado y diferente para la versión en PC, versión en la nube y versión móvil en la nube (Marroquín et al., 2008; Tavella, 2022; Wilke, 2021).

• **Seguridad de Datos**

Ya que un CMMS almacena información sensible puede sufrir ataques informáticos. Sin embargo, la mayoría de los SaaS (Software as a Service) utilizan centros de información con múltiples capas de protección – no un servidor de la empresa, que es un blanco mucho más vulnerable. Si este Diseño de propuesta de CMMS desea ser implementado deberá verificarse donde podrá alojarse para mayor seguridad de los datos (Marroquín et al., 2008; Tavella, 2022; Wilke, 2021).

2.3.6 Módulos típicos de un CMMS

Según (Bagadia, 2006; Zinetti & Tractian, 2023), estos son algunos de los módulos típicos que deben incorporarse en un CMMS y se describen a continuación:

- Gestión de activos – según catálogo general de activos
- Gestión de inventario por medio de un tipo Kardex
- Gestión de Planificación de Mantenimientos Preventivos – Calendarización anual según frecuencias o tiempos previamente establecidos
- Gestión de Programación de Mantenimiento por medio de asignaciones (cualquier tipo)
- Gestión de órdenes de trabajo (O.T) – según Planificación o según solicitudes y prioridades

- Automatización de las tareas de mantenimiento.
- Informes y análisis – Diferentes tipos de reportes y análisis de datos para obtener KPI's
- Módulo de monitoreo de activos.
- Cargado automatizado de bases de datos – ahorro de tiempo de digitación dentro del sistema si ya se tiene una base de datos u hoja de cálculo externa (como la mostrada en la sección de anexos)
- Módulo de Proveedores Externos – ya sea de materiales o servicios

La Figura 2.6 muestra los módulos propuestos por (Wireman, 1994).

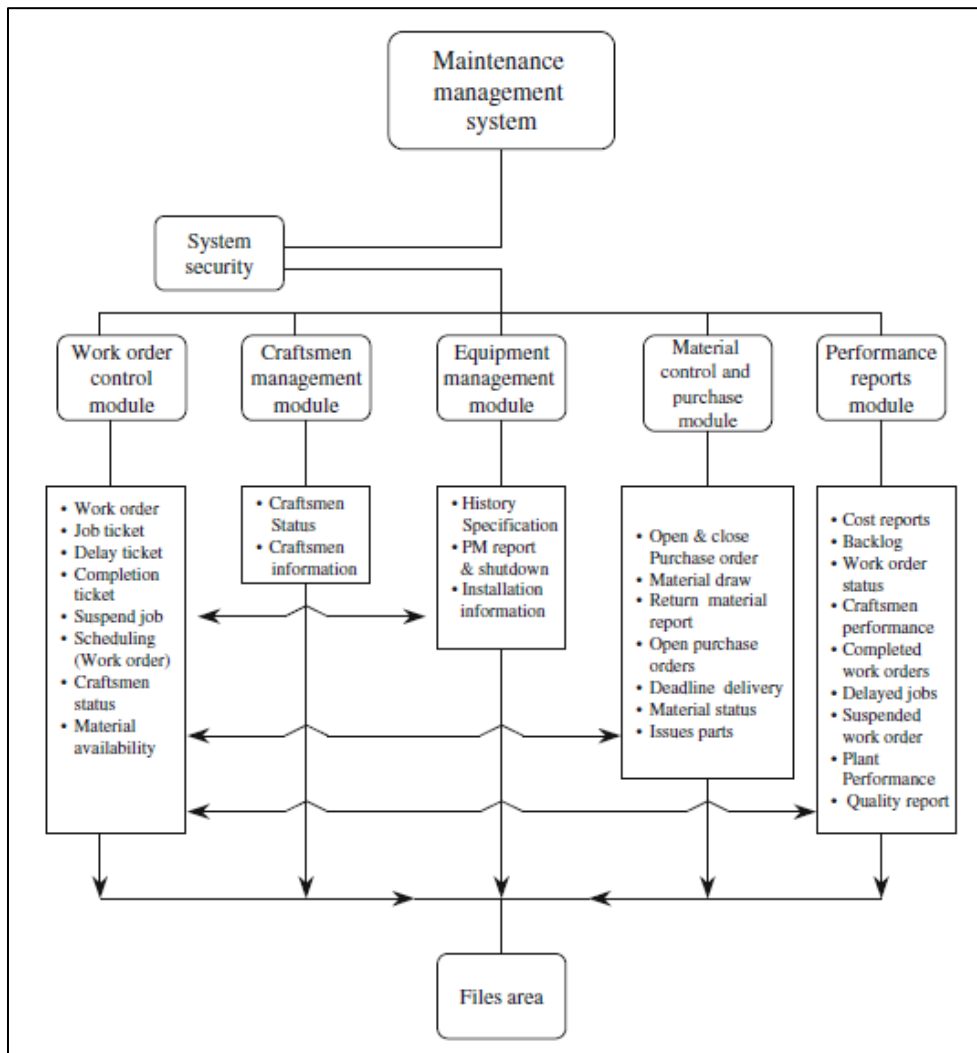














Figura 2.6. Visión de un autor de los módulos típicos que debe llevar un CMMS

Fuente Adaptada de:(Wireman, 1994)

2.3.7 Comparativas de CMMS's en el mercado

Tabla 2.2 Comparativa de CMMS's en el mercado

Logo del CMMS	Nombre	P/Tamaño de Empresa	App Móvil	Gestión de Activos/ Inventarios	Program. Técnicos	Gestión Mto. Prev.	Gestión Calib.	Modo de uso	Amigable	Costo
	Hoy: HxGN EAM Antes: Infor EAM	L/M	NO	SI	SI	SI	SI	SaaS Plataf. local	Medio	\$4,032/ 36 meses/usuario Se requieren un mínimo de 5 licencias
	Fiix	L/M/S	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Alto	Básico: \$45 por usuario, por mes Profesional: \$75 por usuario, por mes
	Fractal One	L/M/S	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Medio	Gratis limitado \$0/mes – 2 usuarios Starter \$229/mes – 5 usuarios Pro \$239/mes – 10 usuarios
	IBM Maximo	L/M	SI	SI	SI	SI	SI Prog. a parte	SaaS Plataf. local	Medio	\$93.75 por usuario, por mes (costo en base a 10 usuarios)
	Real Asset Management Asset4000	L/M	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Medio	3,275.00 / 1 vez
	SS - CMMS	M/S	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Medio	\$1,099.95 – 1 sola vez 109.95 por usuario, por año \$15.00 por usuario, por mes
	MaintainX	L/M/S	SI	SI	SI	SI	NO	SaaS	Alto	Esencial \$21.00 por usuario, por mes Premium \$59.00 por usuario, por mes Empresarial completo 120.00 por usuario, por mes
	Clear C2	L/M	NO	SI	SI	SI	SI	Plataf. local	Medio	\$37.00 por usuario, por mes
	Limble CMMS	L/M/S	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Alto	Standard - \$28.00 por usuario, por mes Premium \$69.00 por usuario, por mes Empresarial – cotización
	eMaint ANSYS	L/M	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS Plataf. local	Bajo	Team \$69.00 por usuario, por mes – paquete de 3 Profesional \$85.00 por usuario, por mes – paquete de 5 o mas Empresa – según cotización

	PMC	L/M	SI Prog. a parte	SI	SI	SI	NO	SaaS Plataf. local	Bajo	2,000 / 1 vez
	Matteo Contenu	L/M/S	SI	SI	SI	SI	NO	SaaS	Medio	Licencia Corporativa \$270/usuario/año – un solo pago alrededor de 30 usuarios
	CONSUMAN	L/M/S	SI	SI	SI	SI	SI	SaaS	Alto	N/D Medio

Fuente: Creada por el autor

Nota: Fuentes consultadas

Websites:

- <https://www.capterra.com/maintenance-management-software/>
- <https://fixsoftware.com/cmms/pricing/>
- <https://www.softwareadvice.com/cmms/>
- <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-fu2725kpfdwyi>
- <https://www.fracttal.com/en/pricing>
- <https://www.ibm.com/products/maximo/pricing#price-estimator>
- <https://www.cpapracticeadvisor.com/2005/11/29/real-asset-management-international-rami-asset4000/4731/#:~:text=of%20managing%20any%20number%20of,assets%2C%20entities%20and%20entity%20divisions.&text=situation%20and%20Orequirements.,user%20licenses%20start%20from%20%243%2C275.>
- <https://ss-cmms.com/pricing>
- <https://www.getmaintainx.com/pricing/>
- <https://limblecmms.com/pricing/>
- <https://www.trustradius.com/products/clear-c2-c2crm/pricing>
- <https://www.emaint.com/cmms-pricing/>

- *PMC – Cotización de DataPoint S.A. de C.V.*
- *Matteo – Cotización Matteo - Contenu*

La Tabla 2.2 fue creada para mostrar los CMMS más conocidos y calificados altamente en diversas websites relacionadas a CMMS por usuarios de los mismos. En la tabla se incluyeron los logos oficiales hasta el momento de este proyecto y nombres de cada uno y atributos que se estiman importantes para poderlos comparar entre sí incluyendo precio para los que se pudo encontrar y actualizados hasta noviembre 2023. Al final se incluyen los 3 Softwares que han sido previamente ofertados y uno de ellos brevemente utilizado en la UDB. Algunos de los sistemas son soluciones integrales como EAM. La mayoría son soluciones basadas en la nube (SaaS).

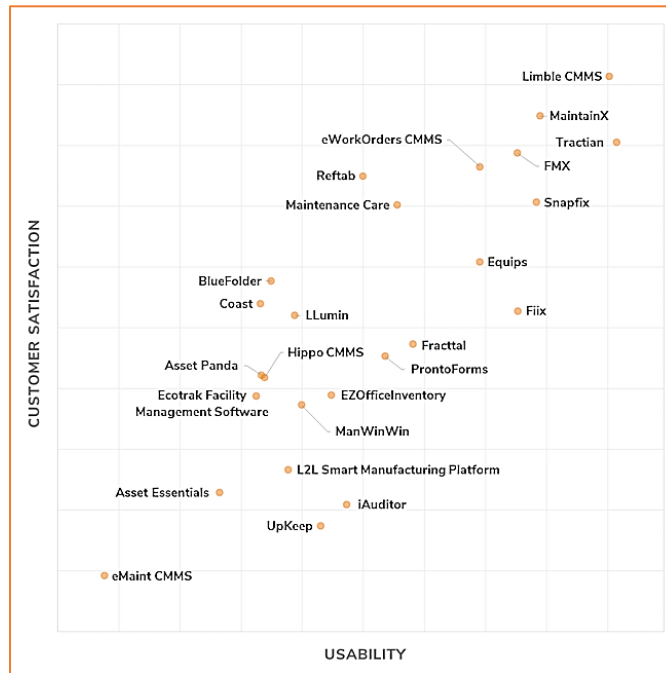


Figura 2.7. Gráfica comparativa de diferentes CMMS en el mercado

Fuente: Adaptada de (Software Advice, Inc., 2023)

Nota:

“Usability” includes user ratings for Functionality and Ease of Use.

“Customer Satisfaction” includes user ratings for Customer Support, Likelihood to Recommend and Value for Money.

Reviews analysis period: The reviews analysis period spans two years and ends the 15th of the month prior to publication.

Se incluye una explicación breve de LATAM Sostenible como un centro profesional de entrenamiento en El Salvador y su propuesta de Software CONSUMAN, el cual es pionero en la región de Centro y Sur América; se muestra en la Tabla 2.2 comparativa. Se han tomado como ejemplo algunos de los módulos y soluciones propuestos para determinar alguna necesidad adicional no prevista y comparar contra el mercado industrial actual.

LATAM Sostenible®

Actualmente según conocimiento personal de investigación del mercado y las propuestas hechas al CIDIM y al CITT, en general, solo se conoce de un Centro de Transferencia Tecnológico, consultor, definido como dentro del rubro de “Professional Training and Coaching” según su página de LinkedIn® que brinde el servicio de un CMMS aplicado a la industria y a la Academia: LATAM Sostenible (Consuman, 2019b).

En su página web explican que son un Centro de Transferencia Tecnológico enfocado en Energías Renovables, Gestión de Energía y Gestión del Agua. LATAM Sostenible® busca brindar formación profesional, gestión de proyectos y consultorías en diversas áreas, incluyendo el mantenimiento industrial donde se han hecho “partners” del CMMS llamado Consuman® para poder brindar una solución dentro del país a diferentes organizaciones que no tienen una adecuada gestión de activos, gestión de mantenimientos y gestión de calibraciones; principalmente enfocada a la industria 4.0 y Internet de las cosas (IdC/IoT) mediante dispositivos y software móviles (App) (Latam Sostenible, 2023).

CONSUMAN®

En base a su Presentación ejecutiva y su página web (Consuman, 2019a; Gómez & Pereyra, 2023), esta describe que el software Consuman® proviene de Córdoba, Argentina pero tiene como “partner” a LATAM Sostenible® en El Salvador.



Figura 2.8. Logo del Software Consuman® y sus módulos
Fuente: Adaptada de (Gómez & Pereyra, 2023)

La Figura 2.9 muestra las Soluciones propuestas descritas por Consuman entre las que incluye: Capacitación, implementación, soporte, interacciones a medida, desarrollo de funcionalidades a medida, y desarrollo de indicadores a medida.



Figura 2.9. Soluciones/Módulos propuestos descritos por Consuman®
 Fuente: Adaptada de (Consuman, 2023b)

La Figura 2.10 a continuación muestra las pantallas de las soluciones móviles propuestas y descritas por Consuman® entre las que incluye: Solicitudes de Trabajo, Órdenes de Trabajo (O.T), checklists, Novedades de productividad, Autorización de solicitudes, Autorización de Comprobantes, Recordatorio de Actividades, Indicadores, entre otros disponibles.

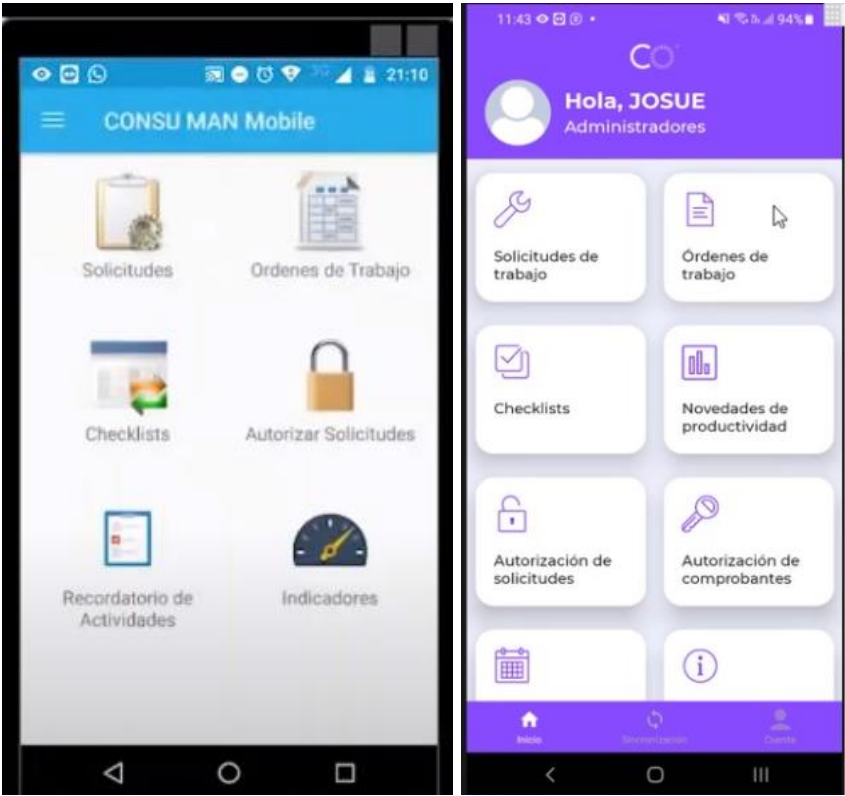


Figura 2.10. Pantallas del Software Consuman® en versión de escritorio y en versión Móvil
Fuente: Adaptada de (Consuman, 2023b; Gómez & Pereyra, 2023)

La Figura 2.11 muestra algunas de las pantallas y de los submenús del Software Consuman® en versión de escritorio y en versión Móvil conocida como Consuman X (Consuman, 2023a)

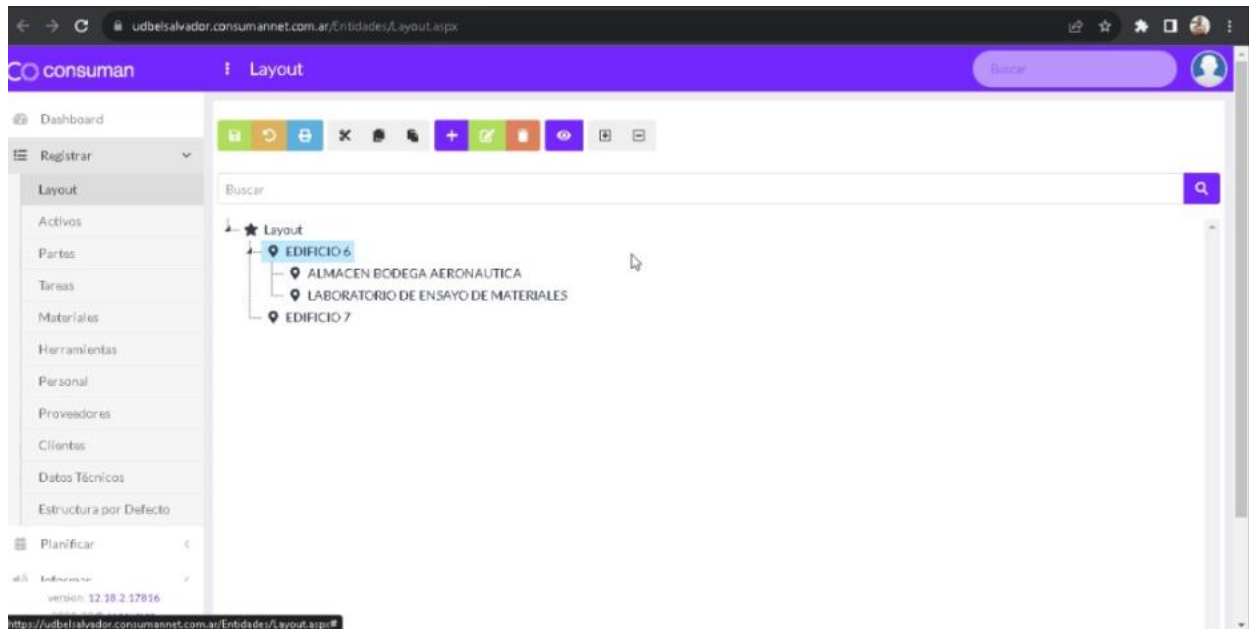


Figura 2.11. Pantallas del Software Consuman® en versión de escritorio y en versión Móvil

Fuente: Adaptada de (Consuman, 2023b; Gómez & Pereyra, 2023)

2.4 Descripción General de la Orden de Trabajo (O.T.) de Mantenimiento

El concepto básico para entender cómo funciona un CMMS es la orden de trabajo (O.T.) de mantenimiento. Todo gira en torno a estas órdenes y la programación, que pueden ser asignadas a un técnico específico o una cuadrilla, ser seguidas en tiempo real, procesadas, marcadas como resueltas, archivadas y utilizadas para crear informes detallados sobre su operación y ejecución en los activos determinados como mantenibles (Bagadia, 2006; Wireman, 1994; Woo, 2017).

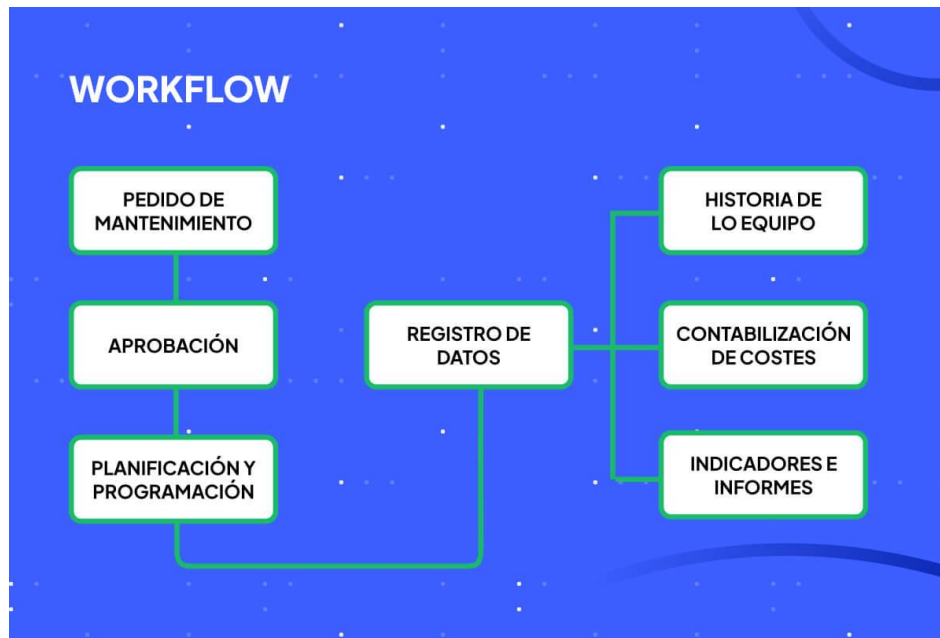


Figura 2.12. “Workflow” típica de una Orden de Trabajo (O.T)
 Fuente: Adaptada de (Infraspeak Team, 2023)

Por ejemplo, si el plan de mantenimiento preventivo incluye varias rutinas/tareas en los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, basta con crear una gama/rutina y sus tareas de mantenimiento para, por ejemplo, “cambiar el filtro”, fijar una fecha determinada y asignarla a un técnico. Cuando los técnicos asignados hayan finalizado, marcarán como “realizado” y así progresivamente las demás gamas de mantenimiento de un activo según la planificación por frecuencias predeterminadas (Bagadia, 2006; Wireman, 1994; Woo, 2017).

Las Órdenes de Trabajo (O.T) se deben poder programar y asignar a técnicos, acceder y rastrear automáticamente a través del CMMS; debe proporcionar tanto a los técnicos como al encargado y al director un registro completo del trabajo de mantenimiento completado según lo programado (Palmer, 2006).

2.5 Planificación y Programación del Mantenimiento Preventivo

2.5.1 Fundamentos de la Gerencia del Mantenimiento

Según (Bagadia, 2006) la administración del mantenimiento tiene los pasos mostrados a continuación en la Figura 2.13

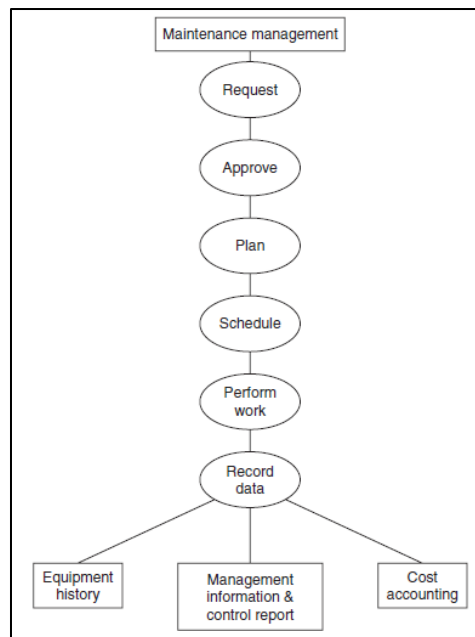


Figura 2.13. Fundamentos de la Gerencia del Mantenimiento
Fuente: Adaptada de (Bagadia, 2006)

2.5.2 Planificación de Mantenimiento Preventivo

La planificación es el proceso mediante el cual los elementos necesarios para realizar una tarea se determinan antes de la hora de inicio del trabajo. La programación se ocupa de asignar los trabajos que deben realizarse en un momento específico. Está claro que una buena planificación es un requisito previo para una programación sólida; sin embargo, para una planificación exitosa, es necesaria la retroalimentación de la programación (Duffuaa & Raouf, 2015; Tavella, 2022)

2.5.3 Programación de Mantenimiento Preventivo

A veces se ha confundido en los círculos empresariales o académicos, la terminología del mantenimiento, habiendo muchos problemas semánticos y de vocabulario.

2.5.4 Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo

Como describen (Duffuaa & Raouf, 2015; Garrido, 2013; Mancuzo & ComparaSoftware, 2020a; Marroquín et al., 2008) la 2.5.4 elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo lleva ciertos pasos, los cuales incluyen:

Definición del alcance. Se trata de establecer claramente el tipo de actividad de mantenimiento que debe realizarse: probar, reemplazar, reparar, etc.

Planificación. Comprende el diseño de una estrategia práctica para realizar el trabajo: qué pasos van a seguirse, quiénes estarán involucrados, qué herramientas se necesitarán, etc.

Programación. Se verá determinada por la prioridad del trabajo a realizar. Las acciones correctivas o de reparación, por ejemplo, pueden ejecutarse de inmediato o diferirse para más adelante cuando a) no son urgentes / b) no se cuenta con los insumos o conocimientos necesarios.

Ejecución. Es el momento en que los técnicos acuden para completar las tareas programadas.

Evaluación. Por último, se evalúa la jornada de mantenimiento revisando los KPI's o indicadores de rendimiento que la empresa maneja, los costos de reparación, el tiempo que debió estar inactiva la maquinaria, entre otros factores.



Figura 2.14. Pasos a seguir para iniciar a Elaborar una Gestión de Mantenimiento Preventivo

Fuente: Adaptada de (Sol et al., 2023)

La implementación de un Sistema de Mantenimiento Planificado (PMS) puede ser un proceso complejo que involucra varios pasos clave. A continuación, se describen algunos de estos pasos y se discute su importancia en base a (Matthew Wawrin & Click Maint, 2023):

1. Identificación de activos y generar un análisis de criticidad: El primer paso es identificar los activos en general, después realizar un análisis de criticidad por medio de criterios establecidos y poder generar una jerarquización de los activos más críticos, aquellos equipos o maquinarias cuya falla tiene un impacto significativo en la producción (en el caso de la UDB sería la actividad académica previamente planificada y la adquisición de las competencias previstas), seguridad y/o medio ambiente. La identificación de estos activos críticos es fundamental para priorizar las rutinas/tareas de mantenimiento y asegurar que los recursos se asignen adecuadamente.

2. Priorización de rutinas/tareas de mantenimiento: Una vez identificados los activos críticos, el siguiente paso es priorizar las rutinas/tareas de mantenimiento. Esto implica determinar cuáles son las más importantes, definir su frecuencia (para establecer las gamas) y establecer un orden de prioridad. La priorización de rutinas/tareas de mantenimiento se basará en diversos factores, como el impacto de la falla, la frecuencia de uso, la criticidad del activo y el costo de mantenimiento.

3. Creación de gamas de mantenimiento preventivo: Una vez que se han identificado los activos críticos y se han priorizado las rutinas/tareas de mantenimiento, es necesario crear gamas de mantenimiento preventivo para cada uno de los activos. Estas gamas deben incluir detalles sobre las rutinas de mantenimiento, la frecuencia de realización y los procedimientos o tareas de mantenimiento específicos.

4. Desarrollo de tareas de mantenimiento: Las tareas de mantenimiento son un conjunto de instrucciones detalladas que describen cómo realizar una rutina de mantenimiento específica. Es importante desarrollar estas tareas de manera clara y concisa para que los miembros del equipo de mantenimiento puedan seguirlas fácilmente.

5. Creación de una planificación de mantenimiento: Una vez que se han desarrollado las gamas de mantenimiento preventivo y las rutinas y tareas de mantenimiento, es necesario crear una

planificación de mantenimiento y siguiendo a esta una programación que incluya detalles sobre la asignación de las rutinas/tareas de mantenimiento, la asignación de recursos y la gestión de las actividades de mantenimiento.

6. Definición de métricas de mantenimiento: Es importante definir métricas de mantenimiento para medir el desempeño del programa de mantenimiento. Estas métricas pueden incluir la frecuencia de fallo de los equipos, el tiempo de inactividad, el costo de mantenimiento y el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento.

7. Involucrar a las partes interesadas y obtener la aceptación de la gerencia: La implementación de un PMS requiere la participación y el apoyo de todas las partes interesadas, incluidos los equipos de mantenimiento, los gerentes de producción y los líderes de la organización. Es importante involucrar a estas partes interesadas y obtener su aceptación y compromiso con el programa de mantenimiento.

2.6 Modelos de comportamiento de las fallas para activos dentro del alcance

La tasa de fallas es la frecuencia con la que falla un sistema o componente diseñado, expresada en fallas por unidad de tiempo. Por lo general, se denota con la letra griega λ (lambda) y se usa a menudo en ingeniería de confiabilidad. La tasa de fallas de un sistema generalmente depende del tiempo, y la tasa varía a lo largo del ciclo de vida del sistema. (Finkelstein, 2008).

Como se explica en (Lienig & Bruemmer, 2017; UpKeep Technologies, Inc., 2023), en el contexto del mantenimiento y la ingeniería de confiabilidad, la "**Curva de la Bañera**" (del inglés "**Bathtub Curve**"), como la mostrada en la Figura 2.15, es una representación gráfica de la tasa de fallos de un producto o sistema a lo largo del tiempo; en ingeniería de confiabilidad, la función de distribución acumulada correspondiente a una curva de forma de bañera se puede analizar utilizando una sumatoria de distribuciones de Weibull o en un mapa de contorno de confiabilidad. Esta curva muestra tres fases distintas en la vida útil de un activo:

1. **Fase de Fallos Iniciales (Infant Mortality - DFR):** En esta fase, la tasa de fallos es alta debido a defectos de fabricación iniciales o problemas de diseño. A medida que estos fallos son identificados y corregidos, la tasa de fallos disminuye.
2. **Fase de Operación Normal (Normal Life Period/Useful life - CFR):** En esta fase, la tasa de fallos es relativamente constante y predecible pero deben ser controlados y mitigados. Los fallos que ocurren en esta etapa son principalmente aleatorios y no relacionados con la edad del producto.
3. **Fase de Desgaste (Wear-Out - IFR):** Con el tiempo, los componentes del activo comienzan a sufrir desgaste y fatiga. Esto provoca un aumento gradual en la tasa de fallos, ya que los componentes se vuelven menos confiables y más propensos a fallar.

La Curva de la Bañera, antes descrita es una herramienta valiosa en la planificación del mantenimiento y la toma de decisiones sobre la vida útil de un activo mantenible. La curva permite a los ingenieros y expertos en confiabilidad comprender cómo se comporta un producto a lo largo del tiempo y tomar medidas proactivas para minimizar los fallos y maximizar la vida útil. La Tabla

2.3, detalla cada una de las fases de la curva, su caracterización, la causa de esta fase y la forma de reducir el riesgo de falla y por ende aumentar la confiabilidad de los activos según su etapa de utilización (Lienig & Bruemmer, 2017; UpKeep Technologies, Inc., 2023).

Tabla 2.3 Fases de la Curva de la Bañera

	Characterized by	Caused by	Reduced by
Burn-in	DFR	Manufacturing defects: welding flaws, cracks, defective parts, poor quality control, contamination, poor workmanship	Burn-in testing Screening Quality control Acceptance testing
Useful life	CFR	Environment Random loads Human error "Acts of God" Chance events	Redundancy Excess strength
Wear-out	IFR	Fatigue Corrosion Aging Friction Cyclical loading	Derating Preventive maintenance Parts replacement Technology

Fuente: Adaptada de (C. Ebeling, 1997)

Como describe (C. E. Ebeling, 2019), la función de razón de fallas es la función de tasa de riesgo instantánea graficada en el tiempo. Típicamente, esta es una función/ecuación definida por partes según las probabilidades acumuladas de que un activo llegase a fallar.

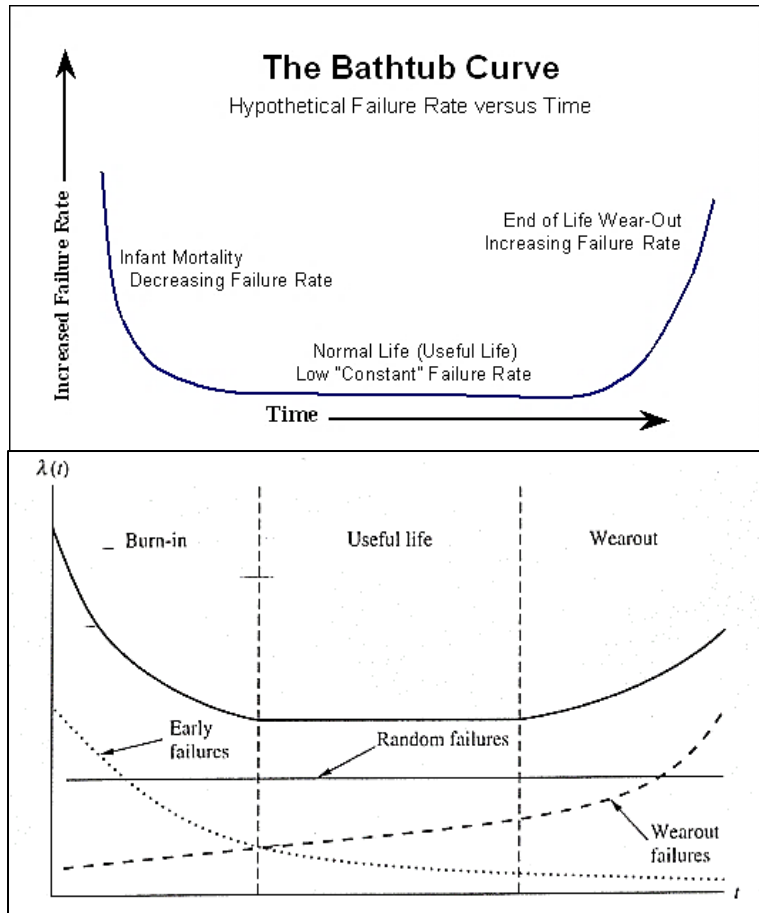


Figura 2.15. Curva de la Bañera típica en RCM
 Fuente: Adaptada de (UpKeep Technologies, Inc., 2023)

En el caso de la Fac. de Aeronáutica, la mayor parte de activos que no son relacionados con partes electrónicas siguen esta función de riesgo definida por partes ("piece-wise function", en inglés) reflejada en la en la Figura 2.15 y la razón de fallos anteriormente descrita. Los activos relacionados o que contienen equipos electrónicos por su naturaleza típicamente siguen la curva recta denominada fallos aleatorios o "random failures", en inglés (NIST/SEMATECH, 2012).

2.7 Métricas/KPI de Mantenimiento

Todo programa de mantenimiento debe poseer métricas que le permitan evaluar los resultados de su implementación. Las métricas más utilizadas para medir el desempeño de un programa de mantenimiento son las siguientes descritas en (Calixto, 2016; C. Ebeling, 1997; Finkelstein, 2008; Stephen, 2011; Wireman, 1994; Woo, 2017):

1. **Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF):** Duración media entre los fallos inherentes a un componente del sistema reparable. Es el tiempo transcurrido previsto entre fallas inherentes de un sistema mecánico o electrónico durante el funcionamiento normal del sistema. El MTBF se puede calcular como el tiempo medio aritmético (promedio) entre fallas de un sistema. El término se utiliza para sistemas reparables mientras que el tiempo medio hasta la falla (MTTF) para los no reparables.
2. **Tiempo promedio a la Falla (MTTF):** es una métrica que también se utiliza en el contexto de confiabilidad, pero tiene un enfoque ligeramente diferente al MTBF. El MTTF se refiere al tiempo promedio que un componente o sistema funcionará antes de experimentar su primera falla. El tiempo promedio a la falla se parece mucho al tiempo promedio entre fallas (MTBF), pero no son lo mismo; la diferencia clave es el tipo de activo utilizado en el cálculo. Donde MTTF utiliza activos no reparables, mientras que MTBF se ocupa de activos que son reparables—Cuando se descomponen, se pueden reparar fácilmente sin gastar demasiado.
3. **Tiempo medio de reparación (MTTR):** Por lo general, se refiere al tiempo promedio que se tarda en reparar o reemplazar un componente o equipo defectuoso; denota el tiempo esperado hasta la falla de un sistema no reparable.
4. **Tiempo medio de restauración (MTTR):** mide específicamente el tiempo medio que se tarda en restaurar un sistema o servicio a su estado operativo normal después de una interrupción o incidente. Abarca el tiempo necesario para solucionar el problema subyacente y validar y verificar que el sistema o servicio está completamente restaurado y funciona correctamente.
5. **Tiempo medio de recuperación (MTTR):** se refiere al tiempo medio que se tarda en recuperar un sistema o servicio después de que se produce un incidente o fallo. Mide el tiempo que transcurre desde que se detecta el incidente hasta que el sistema o servicio es plenamente funcional. El tiempo medio de recuperación ayuda a los equipos de mantenimiento a evaluar la velocidad y la eficiencia de sus procesos de respuesta y

resolución de incidentes (Calixto, 2016; C. Ebeling, 1997; Finkelstein, 2008; Stephen, 2011; Wireman, 1994; Woo, 2017).

2.8 Metodología para Mejora Continua y Orden y Limpieza

El presente proyecto implicará la aplicación de mejoras en las áreas de intervención, a través del uso de marcos de referencia aceptados en la industria y que requieren a la vez baja inversión pero que son de alto resultados en las mejoras buscadas. Estos marcos de referencias son las 5S y el ciclo PDCA (Hirano, 1995; LeanKaizen Consultant, 2022; Singh & Ahuja, 2015, p. 55).

2.8.1 Metodología 5S para Orden y Limpieza

La Figura 2.16 se refiere al enfoque 5S desarrollado en Japón, y que permitió a gran parte de su industria apoyar tanto los esfuerzos por incrementar la producción, como para la disminución de errores, mejoras de calidad, disminución de accidentes de trabajo y otro buen número de mejoras aplicadas en las instalaciones industriales.



Figura 2.16. Las 5S conglomeradas de Lean Manufacturing (en coreano y español)

Fuente: Adaptada de (Creative Commons Attribution-ShareAlike License, 2023)

- “Seiri”: Clasificar y Seleccionar
- “Seiton” Orden y Organizar
- “Seiso”: Limpieza y la supresión de la suciedad
- “Seiketsu”: La estandarización y la adecuada señalización de anomalías

- “Shitsuke”: Mantener la disciplina y aplicar la mejora continua

La Tabla 2.4 detalla un poco más los conceptos y objetivos que se tomaron en cuenta para elaborar las propuestas de 5S para las áreas clave de implementación del proyecto.

Tabla 2.4 Definición de concepto y objetivo de las 5S

#	Nombre	Concepto	Objetivo
S1	Seiri 整理, (Clasificar)	Separar repuestos, herramientas, etc. Innesarios, considerados así, por ser objetos que no se utilizan a corto ni largo plazo y solo ocupan un lugar físico en el almacén	Generar espacio físico para poder almacenar de manera ordenada los repuestos, herramientas etc. que serán utilizados en el proceso académico
S2	Seiton 整頓, (Ordenar)	Situar repuestos, herramientas, etc. Necesarios, en el espacio físico generado en la clasificación de objetos	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz, es aquí donde se disminuye el tiempo de búsqueda de las herramientas y repuestos, de igual manera se disminuye el tiempo de mantenimiento.
S3	Seisō 清掃, (Limpiar)	Identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que los puestos de trabajo se encuentren siempre en perfecto estado y cuando alguien necesite utilizar algo esté listo para su uso	Evitar que los repuestos y herramientas se deterioren a causa de suciedad así como mantener el recinto limpio minimizando el riesgo al momento de una búsqueda y posibles problemas de salud.
S4	Seiketsu 清潔, (Estandarización)	Señalizar anomalías, Difiere de las 3 primeras ya que son actividades la cuarta S es un estado que existe cuando se mantienen las 3 primeras (Clasificación, orden y limpieza)	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden, evita un retroceso de las primeras 3S's, en este caso particular se utilizan estándares visuales para mantener el orden tal como se empezó el proyecto y facilitar el trabajo
S5	Shitsuke 躰, (Disciplina)	Seguir mejorando, es diferente a las 4 primeras 5s en el sentido de que no es visible y no puede medirse	Fomentar los esfuerzos en sentido de las S anteriores. Impregnar la actitud e ideología de orden y LEAN en los colaboradores y gerencia.

Fuente: Adaptada de (Dahbura Ramos et al., 2017)

El objetivo de la metodología 5S es básicamente lograr una mayor eficiencia, uniformidad y formalidad. La importancia de metodología 5S radica en que permite lograr la eliminación de despilfarro en diferentes áreas e incrementar la mejora de condiciones de higiene, seguridad y salud ocupacional, también es la plataforma para desarrollar cualquier sistema de producción enfocado a la satisfacción del cliente, cuidado del medio ambiente y desarrollo integral del personal operacional (Dahbura Ramos et al., 2017).

Beneficios de metodología 5S

- Se adquiere la habilidad de trabajar en equipo.
- Los empleados adquieren un sentido de pertenencia, seguridad y se sienten motivados.
- Se genera una cultura organizacional de calidad, bajos desperdicios, limpieza y seguridad.
- Se potencia y se economiza el uso y la respuesta del tiempo.
- Se incrementa la vida útil de los equipos junto a la gestión de Mantenimiento.
- Se reducen las fallas y las pérdidas por producciones con defectos.
- Se lleva a cabo el ciclo de la mejora continua y la cultura general de mejora.
- Los empleados adquieren confianza de promover proyectos de 5S y mejora continua.

(Singh & Ahuja, 2015)

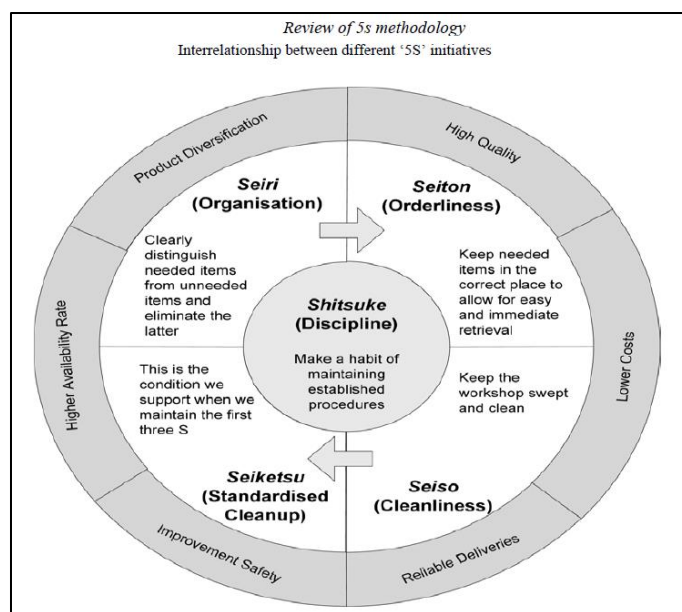


Figura 2.17. Las 5S de Lean Manufacturing (en coreano e inglés) + explicación y beneficios

Fuente Adaptada de: (Singh & Ahuja, 2015)

2.8.2 Ciclo PDCA

El ciclo PDCA por sus siglas en inglés (Plan, Do, Check and Act), también conocido como ciclo PHCA (Planificar, Hacer, Chequear/Verificar y Actuar) es otro marco de referencia a ser utilizado dentro del desarrollo de este trabajo. Se relaciona con el marco anterior, en la medida que este ciclo permite establecer un proceso cíclico de mejora continua que puede ser aplicado a un proceso, un proyecto o una locación específica de trabajo como el emplazamiento objetivo de este proyecto. El Ciclo PDCA es también llamado ciclo de Deming o ciclo de Shewhart, y básicamente es una metodología que puede aplicarse en cualquier proceso empresarial (o incluso en la vida personal) que necesite una mejora constante (American Society for Quality, 2023; SYDLE, 2023).

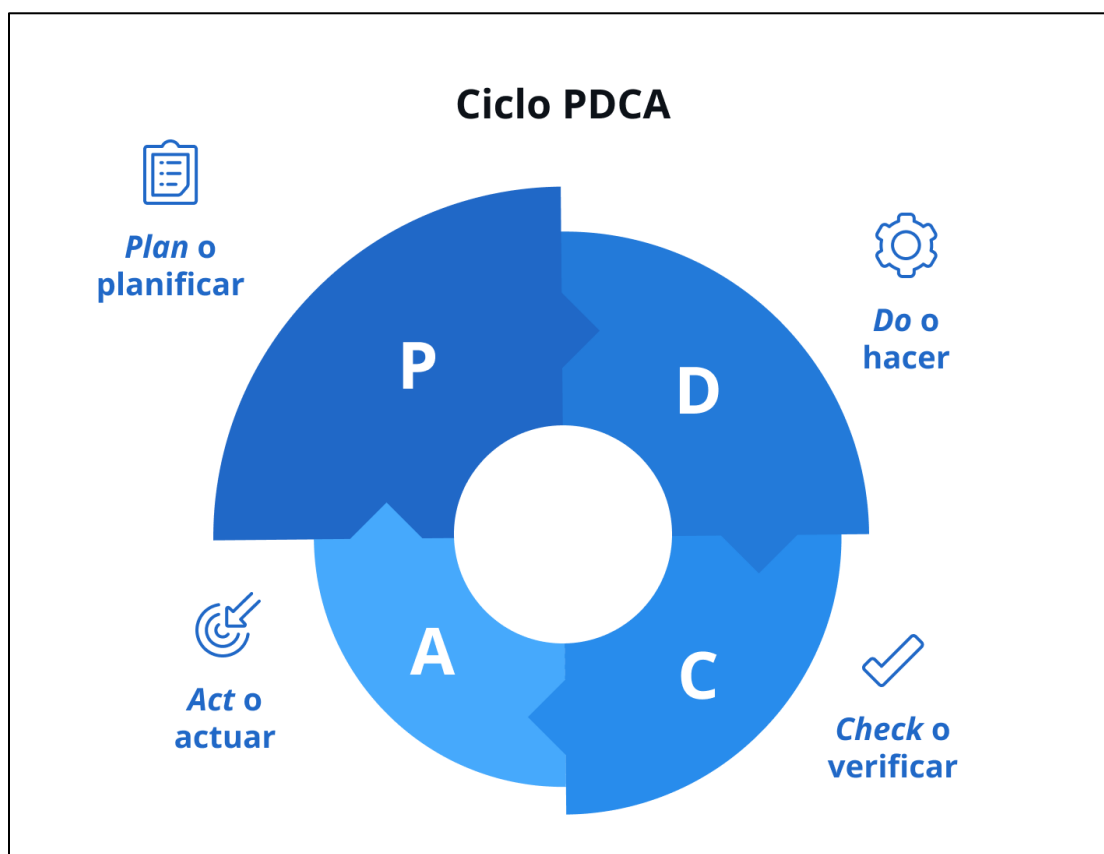


Figura 2.18. Pictograma del Ciclo PDCA de Deming en inglés y español
Fuente: Adaptada de:(SYDLE, 2023)

El método PDCA se desarrolló en la década de 1920 y adquirió mayor notoriedad en los años 50', cuando el padre de la gestión de la calidad, William Edwards Deming, puso en práctica la lógica

de **Planificar, hacer, verificar, actuar** en un proyecto de gran envergadura: la reconstrucción de la infraestructura industrial japonesa después de la Segunda Guerra Mundial.

Como muestra la Figura 2.18, el ciclo PDCA tiene cuatro etapas (American Society for Quality, 2023; SYDLE, 2023):

- 1 Planificar: determinar los objetivos de un proceso y los cambios necesarios para alcanzarlos.
- 2 Hacer: implementar los cambios.
- 3 Comprobar/Chequear/Verificar: evaluar los resultados en términos de rendimiento.
- 4 Actuar: estandarizar y estabilizar el cambio o comenzar el ciclo de nuevo, dependiendo de los resultados.

Para el caso de las 5S sería:

- Planificar/ Preparación: formación respecto a la metodología y planificación de actividades.
- Hacer/Acción: búsqueda e identificación, de elementos innecesarios, desordenados, verificar necesidades de identificación, búsqueda de suciedad y limpieza de diferentes zonas, generación de ubicaciones, y segregación de elementos según ubicaciones).
- Revisar los resultados de cada una de las “S” en las áreas propuestas.
- Análisis y decisión en equipo de las propuestas de mejora que a continuación se ejecutan.
- Documentación de conclusiones establecidas en los pasos anteriores (American Society for Quality, 2023; “Plan, Do, Check, Act (PDCA) — A Resource Guide”, 2023; Singh & Ahuja, 2015).

2.9 Diagramas Esenciales para el diseño de Bases de Datos y Sistemas

El presente trabajo requerirá finalmente el uso de un marco de referencia robusto para la construcción de su propuesta de diseño de CMMS. Para ello, se ha escogido el uso de diagramas esenciales de datos o diagrama entidad-relación (ERD) y el diagrama de flujo de datos (DFD), los cuales permitirán construir la propuesta con robustez, liberándola a la vez de la necesidad de depender de una tecnología concreta para su implementación. En otras palabras, los diagramas esenciales son independientes del software donde finalmente se realice la implementación de este.

2.9.1 Diagrama de Entidad-Relación (ERD) para diseño de Software

Como describen (Lucidchart, 2023; Yourdon, 1988) Los diagramas Entidad-Relación son un tipo de diagramas técnicos que permiten establecer las relaciones de los datos a través de la representación de los mismos, sus características y atributos y sus relaciones. Son la piedra angular para el diseño de bases de datos relacionales.

Un diagrama entidad-relación (ERD) normalmente consta de varios componentes o partes clave que ayudan a visualizar la estructura de una base de datos. Estos componentes incluyen:

1. **Entidades:** Las entidades representan los principales objetos o conceptos sobre los que se almacenan los datos en la base de datos. Por lo general, se representan como rectángulos en el diagrama. Cada entidad corresponde a una tabla en una base de datos relacional y tiene un nombre que describe el tipo de datos que contiene.
2. **Atributos:** Los atributos son las propiedades o características de las entidades. Proporcionan información más detallada sobre los datos dentro de una entidad. Cada uno se detalla con un nombre y un tipo de dato a registrar.
3. **Relaciones:** Las relaciones definen cómo las entidades se relacionan entre sí. Describen cómo los datos de una entidad están conectados a los datos de otra entidad. Las relaciones se representan como líneas que conectan entidades completas o atributos específicos de diferentes entidades; a veces tienen un nombre que describe la naturaleza de la relación, como "Tiene", "Pertenece a" o "Gestiona".

4. **Cardinalidad:** La cardinalidad define el número de instancias u ocurrencias de una entidad que pueden relacionarse con el número de instancias de otra entidad a través de una relación. Las cardinalidades comunes incluyen "uno a uno", "uno a muchos" y "muchos a muchos".

5. **Claves/Llaves primarias:** una clave/llave primaria es un atributo especial dentro de una entidad que identifica de forma exclusiva cada registro o fila de la tabla de base de datos. En el diseño de bases de datos relacionales, se llama clave primaria, llave primaria o clave principal a un campo o a una combinación de campos que identifica de forma única a cada fila de una tabla. Una clave primaria comprende de esta manera una columna o conjunto de columnas. No puede haber dos filas en una tabla que tengan la misma clave primaria
-En un ERD, las claves primarias a menudo se indican subrayando el nombre del atributo.
-Por ejemplo, un "ID de autor" podría ser la clave principal en una entidad de "Autor".

6. **Claves/Llaves Foráneas:** Una clave/llave foránea es un atributo en una entidad que hace referencia a la clave principal en otra entidad, estableciendo un vínculo entre ellas. Las claves externas se utilizan para crear relaciones entre tablas en una base de datos relacional.


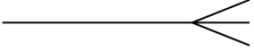

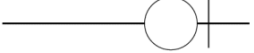

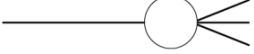
Estos son los componentes fundamentales de un ERD que ayudan a los diseñadores y desarrolladores de bases de datos a modelar la estructura y las relaciones de los datos en un sistema de base de datos. El ERD sirve como modelo para crear el esquema real de la base de datos y es una herramienta crucial en el diseño y la gestión de la base de datos.

En el caso de este proyecto de graduación se ha utilizado el diagrama ERD como herramienta fundamental para brindar una explicación y diagramación visual mediante una conceptualización gráfica de las bases de datos a ser utilizadas, sus atributos y las relaciones entre sí, que en conjunto, mostradas en el Capítulo de resultados permiten el funcionamiento del CMMS y la simbología y notación para representar las relaciones de datos se presenta en la siguiente tabla:

Estilo de notación: Pata de gallo/Martín/Estilo de ingeniería de la información

La notación de pata de gallo fue inventada por Gordon Everest, quien originalmente usó el término "flecha invertida", pero ahora simplemente lo llama "bifurcación/tenedor". Para la cardinalidad, un tenedor o pata de gallo indica intuitivamente "muchos", por sus muchos "dedos".(Everest, 1986).

Tabla 2.5 Notación de “pata de gallo” utilizada para Diagramas de Entidad-Relación

Symbol	Meaning	Number
	One	N/A
	Many	N/A
	Mandatory-One	Exactly one
	Optional-One	Zero or one
	Mandatory-Many	One or More
	Optional-Many	Zero or more

Fuente: Adaptada de (Kevin Steele, 2019)

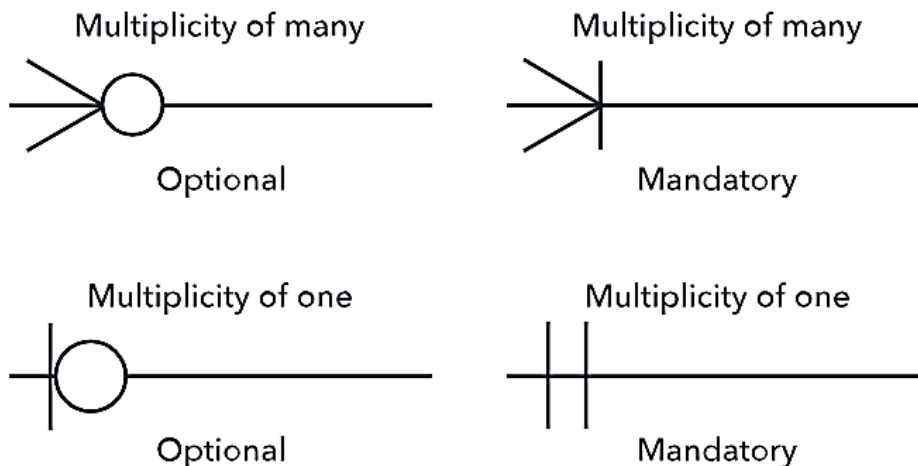


Figura 2.19. Simbología de Everest para Diagramas Entidad- Relación (ERD)

Fuente: Adaptada de (Lucidchart, 2023)

Como se muestra en la Figura 2.19, la cardinalidad y la modalidad son los indicadores de las reglas de estos diagramas en torno a una relación. La cardinalidad se refiere al número máximo de veces

que una instancia de una entidad puede asociarse con instancias de la entidad relacionada. La modalidad se refiere al número mínimo de veces que una instancia de una entidad puede asociarse a una instancia de la entidad relacionada (Kevin Steele, 2019; Lucidchart, 2023).

En este caso de mayor exactitud, la cardinalidad puede ser 1 o "Muchos" y el símbolo se coloca en los extremos exteriores de la línea de relación, más cerca de la entidad; La modalidad puede ser 1 o 0 y el símbolo se coloca en el interior, junto al símbolo de cardinalidad. Para una cardinalidad de 1 se dibuja una línea recta. Para una cardinalidad de "Muchos" se dibuja un pie con tres dedos. Para una modalidad de 1 se traza una línea recta. Para una modalidad de 0 se dibuja un círculo (Kevin Steele, 2019; Lucidchart, 2023).

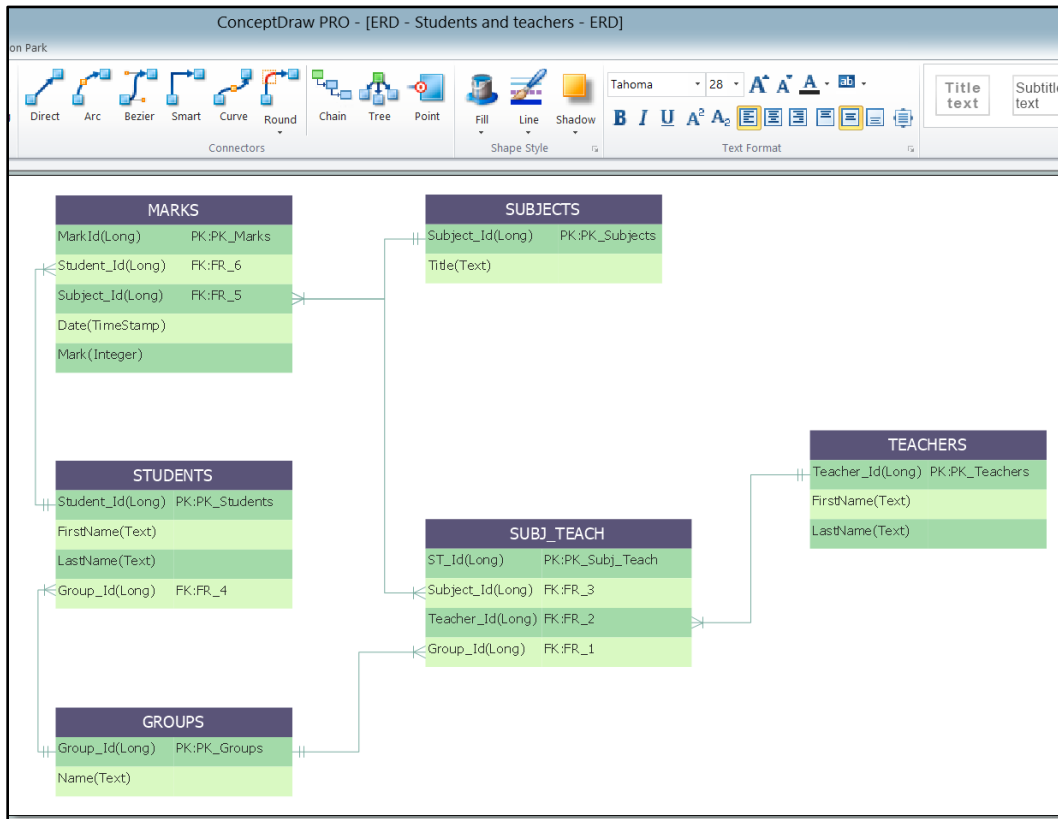


Figura 2.20. Ejemplo de un Diagrama Entidad-Relación (ERD)

Fuente: Adaptada de (CS Odessa Corp, 2023)


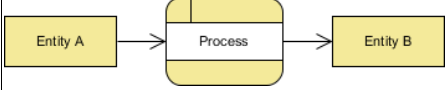
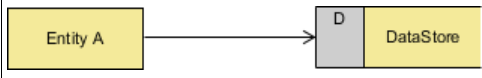
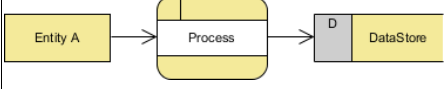

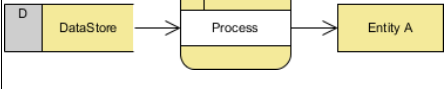
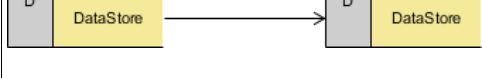

2.9.2 Diagrama de flujo de datos (DFD) para diseño de Software

Los diagramas de flujo de datos complementan las herramientas de diseño al permitir representar los procesos y las relaciones de flujo de los datos que se movilizan en un sistema de información (Lucid Software Inc, 2023; Yourdon, 1988).

Regla de flujo de datos

Una de las reglas para desarrollar DFD es que todo flujo debe comenzar y terminar en un proceso. Esto es bastante lógico, porque los datos no pueden transformarse por sí solos; deben pasar por un proceso. Al usar esta regla, es bastante fácil identificar la representación de flujo de datos ilegal / incorrecta y corregirla en un DFD (Visual Paradigm, 2023; Yourdon, 1988).

Tabla 2.6 Reglas básicas de un flujo de datos para Creación de DFD's

Incorrecto	Correcto	Descripción
		Una entidad no puede proporcionar datos a otra entidad sin que se haya producido algún procesamiento.
		Los datos no se pueden mover directamente de una entidad a un almacén de datos sin ser procesados.
		Los datos no se pueden mover directamente desde un almacén de datos sin ser procesados.
		Los datos no se pueden mover directamente de un almacén de datos a otro sin ser procesados.

Fuente: Adaptada de (Visual Paradigm, 2023)

Al ser lo suficientemente detallado el DFD generado, los desarrolladores y diseñadores de software pueden usarlo para escribir pseudocódigo, que es una combinación de inglés y el lenguaje de codificación. El pseudocódigo facilita el desarrollo del código real (Visual Paradigm, 2023).

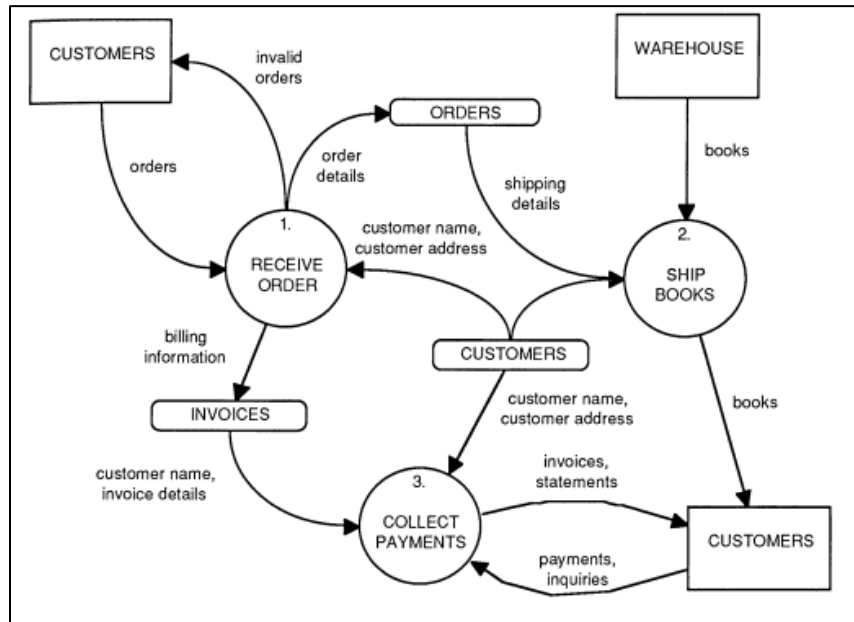


Figura 2.21. Modelo ejemplo de un Diagrama de flujo de datos (DFD)
 Fuente: Adaptada de (Yourdon, 1988, p. 67)

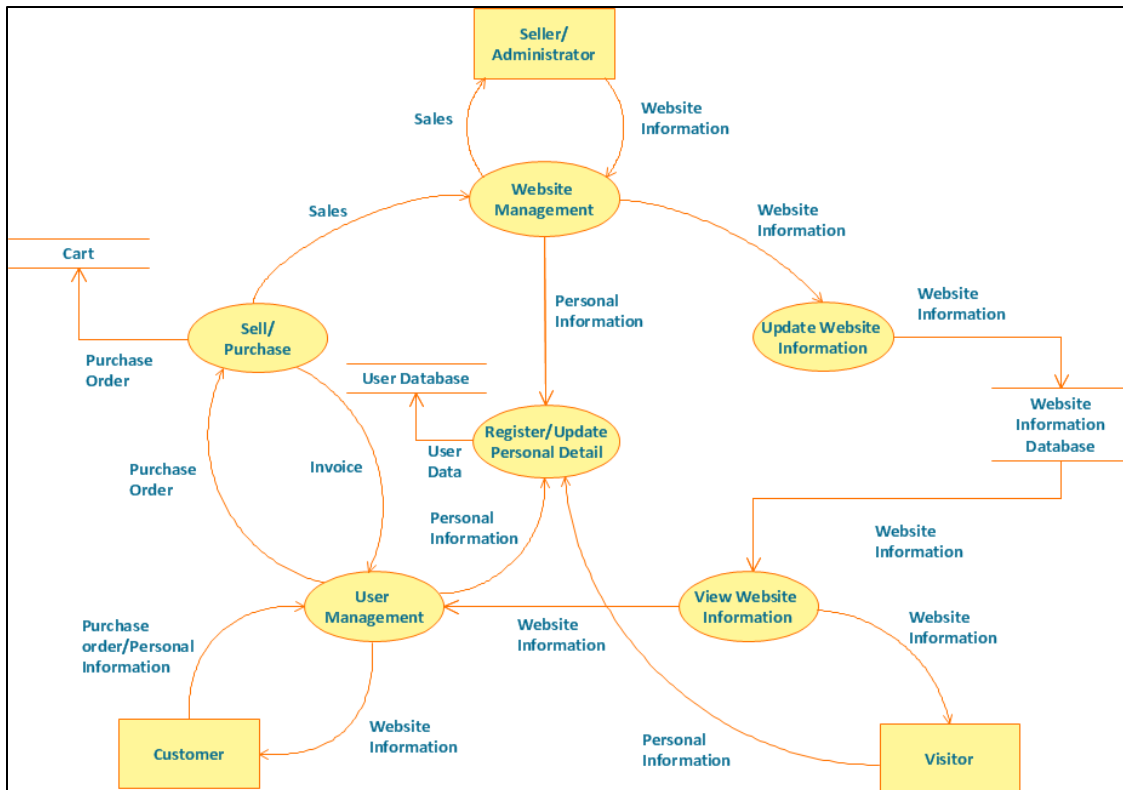


Figura 2.22. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para una tienda en línea
 Fuente: Adaptada de (CS Odessa Corp, 2023)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Se tomará la metodología de Prueba Piloto de menor escala en una sola facultad, en solo ciertas áreas de mayor activo fijo de la facultad con activos mantenibles, se tomarán solo ciertas materias donde se presume hay mayor uso de activos mantenibles y calibrables y así poder mostrar un ejemplo de cómo pudiera funcionar esta metodología en mayor escala. La Figura 3.1 muestra las 10 fases que fueron seguidas como metodología para la realización de este proyecto.

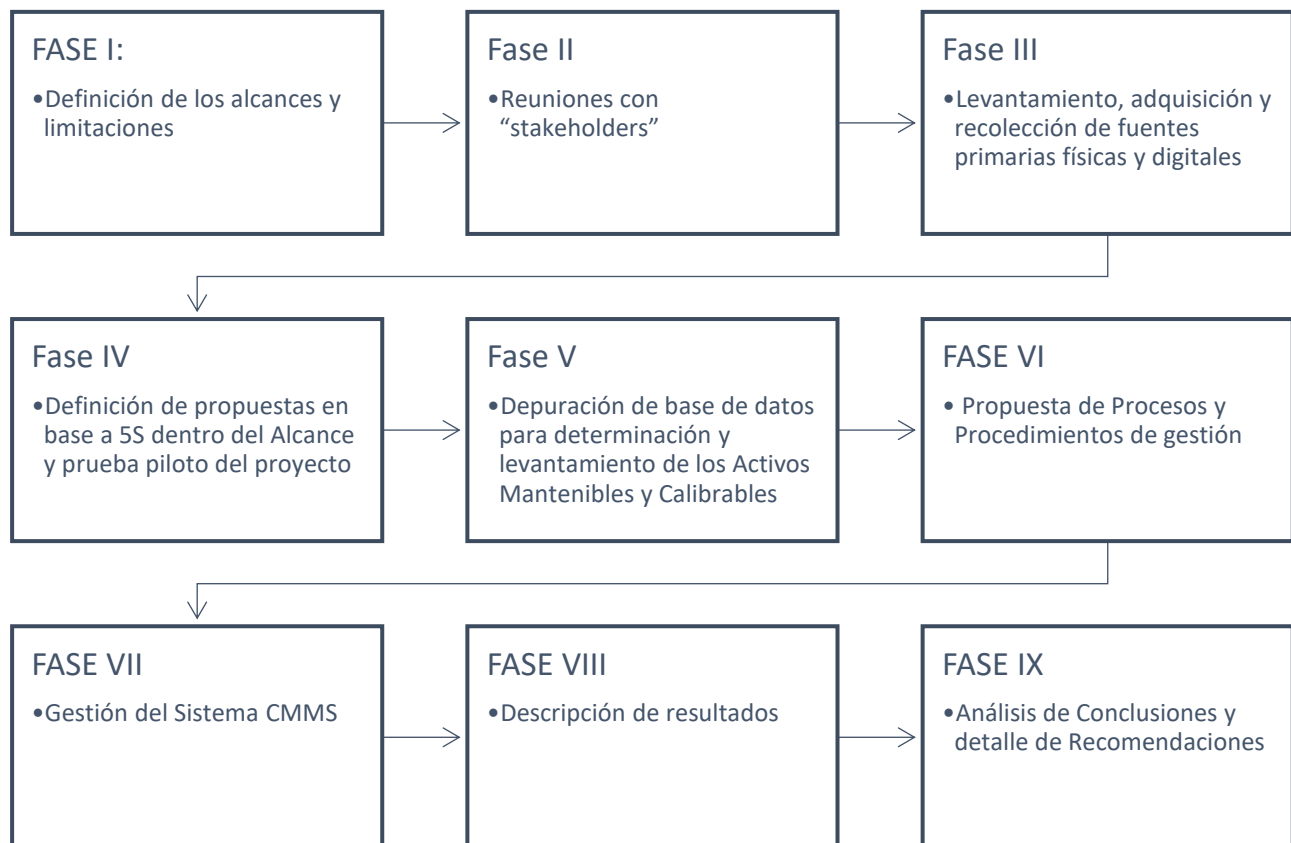


Figura 3.1. Diagrama Cronológico de fases de Metodología utilizada

Fuente: Creada por el autor

La Metodología utilizada inicia con la definición de alcances y limitaciones del proyecto en la Fase I, para establecer en qué áreas, materias, activos, planificaciones y gestiones se estará enfocando el proyecto y la aplicación inicial del mismo

3.1 FASE I: Definición de los alcances y limitaciones del proyecto

Se Inició por la definición de los alcances y las limitaciones del proyecto.

La definición de alcances del proyecto se detalla en la sección 1.3 Alcances página 8

La definición de limitaciones del proyecto se detalla en la sección 1.4 Limitaciones página 11

3.2 FASE II Reuniones con “stakeholders”

La fase II involucró reuniones con los diferentes “stakeholders” que de alguna forma tienen un interés en el proyecto o se ven afectados por el mismo. Se involucró inicialmente a los Encargados de Almacén-Bodega, Hangar y laboratorios que han estado anteriormente y actualmente, asimismo con los encargados de las materias de estructuras de ambas carreras para obtener una mayor visión de los activos considerados mantenibles y calibrables que se utilizan en estas materias y finalmente con un posible usuario futuro que utilizó CMMS anteriormente y el encargado de IT de la universidad ya que el conoce mejor la infraestructura de los servidores y portales de toda la universidad y sus conexiones internas

3.2.1 Entrevistas/Reuniones con Encargados de Almacén-Bodega, Hangar y laboratorios

Mediante estas entrevistas/reuniones, 1 mínimo y 3 máximo por semana, se pudo obtener información inicial para generar las bases de datos de los activos de la Fac. de Aeronáutica con sus atributos, incluyendo el catálogo general de activos, un inventario inicial, la segregación de estos para conocer cuáles son mantenibles, cuales son calibrables y cuáles son ambos. Asimismo, las reuniones fueron de utilidad para conocer todas las responsabilidades y brecha de necesidades de el/la Encargada del de Almacén-Bodega, Hangar y laboratorios. El ANEXO D detalla la mayoría de las responsabilidades de los encargados para así poder generar propuestas de pictogramas de gestión y diagramas acorde a sus responsabilidades y la carga laboral. Asimismo, la información brindada por los encargados sirvió para determinar los criterios de criticidad de los activos, las

frecuencias de mantenimiento propuestas, determinar calendarización, corroborar fechas de ejecución de mantenimiento y calibración previas (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022)

3.2.2 Reuniones con encargados de materias piloto e información de prácticas

Paralelamente en otras reuniones, se les solicitó a los docentes de las asignaturas de *EAV471 – Estructuras de Aviación* *ESA171 – Estructuras Aeronáuticas* / *EAM172 – Estructuras Aeronáuticas y su mantenimiento* y *RES171 – Reparaciones Estructurales* que proporcionaran información relacionada a las prácticas de laboratorio de sus materias, específicamente de los tipos de activos que utilizarían por práctica, la cantidad de estos, un promedio de grupos a impartir, preguntas sobre la frecuencia de uso de los activos que ellos consideraban más críticos por su uso y por su posibilidad de cancelar una práctica; esta información se utilizaría posteriormente para popular la matriz de criticidad y dialogar con los encargados la ponderación

Nota: la Materia ESA171 fue absorbida en sus competencias y laboratorios por la materia EAM172, según conversaciones con la encargada del Almacén-Bodega y docentes encargados, los activos utilizados por ambas materias se mantienen.

3.2.3 Reuniones con usuario común del Software CMSS Piloto (Director CIDIM-CITT)

Se tuvo reuniones diversas con el Director del CIDIM-CITT como un “stakeholder” posible a futuro dada la necesidad de su Departamento y Laboratorios de diversas estrategias de mantenimiento y la necesidad inherente de volver a reemplazar el CMMS que se tenía con anterioridad. Según las reuniones se obtuvieron varios puntos de vista, necesidades de los departamentos de la UDB en cuanto a mantenimiento, módulos necesarios, reportes necesarios, usuarios posibles, la necesidad de alertas y gestiones que deben ir en la propuesta de diseño de un CMMS. Las notas de estas reuniones se encuentran en el ANEXO C (G. Carrillo, comunicación personal, 2023).

3.2.4 Reuniones con Director Encargado de IT-CTIC de la UDB

Se tuvo diversas reuniones con el Director Encargado de IT-CTIC de la UDB, con él se conversó sobre la posibilidad de tener un software externo dedicado a la gestión de mantenimiento y calibraciones de los activos y los beneficios o adversidades de generarlo internamente en la Universidad. Se discutirá más a fondo en el capítulo de resultados.

3.3 FASE III: Levantamiento, adquisición y recolección de fuentes primarias físicas y digitales

3.3.1 Levantamiento de Base de datos del catálogo e inicio de inventario de elementos dentro de las ubicaciones de los alcances de la prueba piloto del proyecto

Al inicio de todo proceso de gestión de mantenimiento y/ o calibraciones se debe conocer los activos con los cuales se cuenta dentro del alcance previsto. En las ubicaciones de los alcances de la prueba piloto del proyecto lastimosamente no se tenía un detalle certero de todos los tipos de activos con los que se contaba y no estaban estandarizados, por lo cual se procedió a darle su nombre estándar y a determinar cuáles serían los atributos de cada uno de ellos. Asimismo, no se contaba con un dato certero de la cantidad de elementos a las que se tenía que dar una gestión de mantenimiento o calibraciones. Es por ello que lo primero es determinar los tipos de activos mediante un catálogo general con atributos definidos y así poder de esta lista segregar cuáles son mantenibles y cuáles son calibrables. Sin esta lista no se puede iniciar al proceso de gestión de mantenimiento o calibraciones.

3.3.2 Solicitar a los docentes la lista de activos utilizados en las asignaturas piloto.

Paralelamente, al levantamiento de la base de datos de catálogo se le solicitó a los docentes de las materias, dentro del alcance, brindar la lista de activos utilizados en las asignaturas piloto. De esta forma se tendría mayor visión de en qué laboratorios se utilizan los activos, qué tanta es la frecuencia de utilización, cuántos son los activos necesarios por una práctica. Lastimosamente cada materia tiene su propio formato pero cada una de ellas muestra los activos que se utilizarán para cada práctica en cuestión

3.4 FASE IV: Definición de propuestas en base a 5S dentro del Alcance y prueba piloto del proyecto

Como se instruyó en varias de las materias de la maestría incluyendo, dirección y planificación estratégica, gestión del mantenimiento industrial, dirección y planificación estratégica, mantenimiento productivo total, y seguridad e higiene ocupacional las 5S son una metodología

fundamental y base principalmente cuando nunca ha habido una gestión de mantenimiento o Kaizen en el alcance del proyecto. Realmente no es buena práctica sistematizar el desorden ni acoplarse sobre procesos ambiguos. La metodología 5 s se vuelve necesaria para poder iniciar el proceso de deshacerse de los innecesarios, ordenar y clasificar los activos, proponer nuevos procesos, estandarizar, y hacer revisiones periódicas para mantener el sistema y las propuestas hechas anteriormente.

Es mediante la metodología 5S que se pudo tener un dato mucho más certero del universo de activos dentro del alcance para así poder iniciar el proceso de segregación. Así mismo mediante la determinación de ubicaciones el orden y la limpieza es mucho más fácil acceder y conocer exactamente dónde se encuentran todos los activos.

Se definirán propuestas iniciales para cada una de las S en la parte de Resultados

- Propuesta en base a 5S (Paso #1) – Seiri– Clasificación del Almacén-Bodega y Hangar
- Propuesta en base a 5S (Paso #2) – Seiton – Orden del Almacén-Bodega
- Propuesta en base a 5S (Paso #3) – Seiso - Limpieza General en Almacén – Bodega
- Propuesta en base a 5S (Paso #4) – Seiketsu – Estandarización del Almacén-Bodega
- Propuesta en base a 5S (Paso #5) – Shitsuke - Mantener la disciplina dentro del Almacén-Bodega

3.5 FASE V: Depuración de base de datos para determinación y levantamiento de los Activos Mantenibles y Calibrables

En esta fase se retomó la base de datos e inventario generado en la Fase III y se filtró para determinar cuáles son los activos mantenibles y calibrables que habrían de considerarse para el proceso de la creación de la planificación de mantenimiento y seguidamente la propuesta de diseño de un CMMS para poder gestionar los mantenimientos y calibraciones de dichos activos filtrados y segregados.

3.5.1 Definición criterios para determinar activos como mantenibles

En esta etapa se planteó según experiencia personal que un "activo mantenible" es aquel utilizado en un entorno industrial que requiere ciertas gamas, rutinas y tareas planificadas para poder amortiguar la tasa de fallos de este de ser posible. La definición de la segregación tiene un aspecto hasta cierto grado empírico y en base a la experiencia personal de trabajo en empresas con activos similares y a través conversaciones y diversas reuniones con los encargados del Almacén Bodega como se comentó anteriormente debido a su experiencia como Técnicos en Mantenimiento Aeronáutico y su experiencia como encargados al ver de forma diaria los problemas de fallas o “wear-out” que puede ocurrir.

Según (Fiix Inc., 2023b) si un activo necesita limpieza regular, lubricación, reparación menor o mayor de partes o secciones, reemplazo de piezas, revisión por el operador, reparaciones detalladas por el fabricante o similar estos pueden ser tomados como criterios determinantes para que un activo sea considerado como mantenible y debe incluirse en la gestión de mantenimiento de la organización. Los requisitos de gestión (planificación y programación) del mantenimiento preventivo difieren según el equipo que se mantiene

En esta etapa se definió que los activos aptos para el mantenimiento preventivo incluyen aquellos que (Fiix Inc., 2023b):

- Cumplen una función crítica dentro de la empresa y su falla pudiera causar efectos grandes.
- Tienen modos de falla que se pueden prevenir (y no aumentar) con un mantenimiento regular

- Tienen una probabilidad de falla que aumenta con el tiempo o el uso.
- Son fundamentales para la producción, las operaciones o la salud y la seguridad

Los activos que no son adecuados para el mantenimiento preventivo incluyen aquellos que:

- Tienen fallas aleatorias que no están relacionadas con el mantenimiento (como placas de circuitos electrónicos)
- No cumplen una función crítica
- Requieren reparaciones costosas que son más costosas que ejecutarlo hasta la falla

3.5.2 Definición criterios para determinar activos como calibrables

En esta etapa se planteó que un "activo calibrable" es aquel utilizado en un entorno industrial que requiere calibración regular para garantizar su precisión y funcionamiento adecuado. La calibración en el contexto industrial implica ajustar y verificar un activo o instrumento de medición para que proporcione mediciones precisas y consistentes de una magnitud específica.

Algunos ejemplos de activos industriales calibrables pueden incluir:

Instrumentos de medición de temperatura: Termómetros, termopares y sondas de temperatura que se utilizan para controlar y garantizar temperaturas precisas en procesos industriales.

Equipos de medición de presión: Manómetros, transductores de presión y otros dispositivos utilizados para medir la presión en sistemas industriales.

Equipos de medición de caudal: Medidores de flujo que miden el flujo de líquidos o gases en sistemas industriales.

Balanzas y básculas: Utilizadas en aplicaciones de pesaje en la producción y el control de calidad de productos.

Instrumentos de medición eléctrica: Multímetros, osciloscopios y equipos de prueba que se utilizan para medir la corriente, la tensión y otros parámetros eléctricos.

3.5.3 Descripción de nomenclatura

Ya que no hay un inventario como tal de activos para que cada activo ya tuviera un número asignado (solamente un catálogo inicial), se pensó en generar una codificación estándar para cada uno de los diferentes activos mantenibles de esta forma puede haber completa trazabilidad a un activo en específico contra su número de código especificado. Este código serviría como llave primaria del activo en cualquiera de las entidades

Para determinar una nomenclatura nueva para cada activo calibrable y mantenible se inicia por el Código de familia mostrados en la Tabla 4.12, seguido por el nombre de la marca de forma reducida, después el número de parte del fabricante y finalizando por el número Serial o correlativo como muestra la Tabla 4.11.

3.6 FASE VI: Gestión de Propuesta de Proceso y Procedimientos de Gestión

3.6.1 Determinar los criterios de evaluación de importancia/criticidad de los Activos mantenibles y calibrables

Antes de determinar los criterios que se utilizaran para establecer jerarquías y determinar la criticidad de los activos, es necesario establecer una ponderación estándar, la cual fue creación personal nueva junto con la encargada del Almacén-Bodega al momento de escritura de este proyecto. Ya que solamente es una propuesta, esta pudiese ser cambiada en un futuro según se analice su vigencia y validez.

Por el momento, se ha definido una categorización y ponderación para criterios de jerarquización de criticidad de cuatro niveles, con una ponderación simple de 4 para MUY ALTO, 3 para ALTO, 2 para BAJO y 1 para MUY BAJO para ambos tipos de activos como detalla la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Categorización y Ponderación para Criterios de Jerarquización de Criticidad

Nivel de Importancia o impacto	Ponderación sugerida/propuesta
MUY ALTO	4
ALTO	3
BAJO	2
MUY BAJO	1

Fuente: Creada por el autor

Nota:

Los niveles y ponderaciones fueron discutidos y aceptados por la actual encargada del Almacén-Bodega así como su punto de vista en cuanto a los mismos. (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022)

3.7 FASE VII: Gestión del Sistema CMMS

3.7.1 Investigación de Campo de diferentes softwares

En el mercado existen diferentes softwares de mantenimiento y es por ello que se hizo un análisis de campo y comparativo de algunos de ellos para conocer la oferta de mercado. sus atributos, características y precio. La Tabla 2.2 muestra la comparativa de los diferentes Softwares disponibles.

Para los softwares internacionales se buscó información en cada una de las páginas oficiales de los mismos, para el software utilizado anteriormente por la Universidad Don Bosco, se utilizó la información brindada por el director del CIDIM y la página web del software

Para los softwares propuestos nacionalmente se tuvo reuniones virtuales con los encargados y fue provista una presentación ejecutiva por cada uno de ellos

Matteo: (Matteo App, 2023a, 2023b; Sol et al., 2023)

Consuman: (Consuman, 2019a, 2023a, 2023b; Gómez & Pereyra, 2023)

3.7.2 Toma de decisión de Software a utilizar y definir razones según comparativa

En base a la comparativa de softwares, a las conversaciones con el director del IT-CTIC, a los altos precios de muchos de los softwares vs. la población de activos de la UDB, la necesidad de un software de menor escala pero con la practicabilidad de ser utilizado por diversas áreas internas y la facilidad de integración con los demás portales internos de la universidad se propone el hecho de generar un nuevo CMMS para ser utilizado primeramente por la facultad aeronáutica y seguidamente por otras dependencias que así lo necesiten como el CIDIM-CITT

3.7.3 Determinación de los tipos de usuarios a ser considerados dentro del CMMS

Solamente se ha considerado cuatro usuarios para la propuesta de CMMS, estos son: “Director”, “Encargado”, “Técnico”, “Docente” – En orden jerárquico

3.7.4 Determinación de roles para cada tipo de usuario.

Director: Este tendría mayor orden jerárquico y asimismo un rol más de supervisión y solamente de ejecución cuando sea necesario, asimismo un rol de administrador, gestor de usuarios, asignador de roles, revisor de KPI's, bitácoras y reportes y verificador de funcionamiento general del CMMS de forma macro y no del día a día a menos que sea requerido por fuerza mayor.

Encargado (Jefe de Mantenimiento): La misión del Encargado como jefe de mantenimiento es mantener a los técnicos enfocados y comprometidos con las responsabilidades que competen a cada uno. Es un rol principalmente administrativo y sus roles se detallan en el capítulo de resultados:

Técnico / Técnico de Mantenimiento Industrial: Sus responsabilidades comprenden la reparación y revisión periódica de la maquinaria. Si desglosamos su trabajo, podríamos resumirlo en las siguientes actividades:

Asegurar la correcta operación de la maquinaria realizando actividades de mantenimiento planificado y no planificado.

Ocuparse del mantenimiento preventivo de todos los equipos.

Estar disponible en caso de reparaciones de emergencia o eventos con riesgo potencial de forzar un paro productivo.

Saber leer y analizar manuales de procedimiento técnico, al igual que órdenes de trabajo y esquemas eléctricos.

Docente: El rol del docente es detallado en el capítulo de resultados

3.7.5 Determinación de permisos posibles y asignación para cada tipo de usuario.

Estos permisos están definidos en el inciso 4.7. titulado: Determinación de Usuarios del CMMS ((Permisos según roles)

3.7.6 Elaboración de un Diagrama Entidad-Relación (ERD) para el CMMS Propuesto

Este Diagrama se encuentra en la Capítulo de resultados con su descripción

Este Diagrama y su explicación se encuentra en la Capítulo de resultados con su descripción

3.7.7 Elaboración de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para el CMMS Propuesto

3.8 FASE VIII: Descripción de resultados

Los resultados del siguiente trabajo de graduación están detallados en el Capítulo de RESULTADOS

3.9 FASE IX: Análisis de Conclusiones y detalle de Recomendaciones

Se hizo un análisis de las conclusiones a las cuales se llegó después de efectuar el presente proyecto de graduación y se detallan las recomendaciones en el CAPÍTULO 5: titulado CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 Listado de hallazgos relevantes de reuniones con stakeholders.

Reuniones con encargados de materias piloto

Con respecto al diseño de los elementos a configurar en los catálogos de activos y los programas de mantenimiento, las entrevistas y reuniones con los encargados de las materias piloto permitieron determinar:

- 1 Cuáles son los activos mantenibles y calibrables que se utilizan con mayor frecuencia que son los activos neumáticos y de medición.
- 2 Cuales tienen mayor tendencia a fallas al momento de este proyecto que en este caso son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.1 Activos con mayor cantidad de fallas según docentes

Código	Tipo	Nombre de Activo Mantenible	Marca	Ubicación	Cant.
SD90	SPEED DRILL 90°	SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER 90° - 25,000 RPM (COD: T-7759R)	TAYLOR	ESTANTE C	14
PBG	PRENSA DE BANCO GIRATORIA	PRENSA DE BANCO GIRATORIA DE 6" (COD: SN)	TACTIX	HANGAR UDB	12
FRE	FRENADORA	FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - (COD: 12-02829)	ECON / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE E	26
MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD: MM300)	KLEIN TOOLS	ESTANTE E	4
MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD: 111)	FLUKE	ESTANTE E	2
MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	TES	ESTANTE E	2
TPP	TENAZA PICO DE PATO	TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 7R)	WISE GRIP - IRWIN	ESTANTE C	7
TEN	TENSIOMETRO	TENSIOMETRO (COD: ACM-200)	TENSITRON	ESTANTE A	2
TPP	TENAZA PICO DE PATO	TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 84-398)	STANLEY	ESTANTE C	2

GPU	GROUND POWER UNIT	GROUND POWER UNIT + BATERIAS NZ0Z (COD: 34-78MF)	HOBART	F.A.S.	1
SDR22	SPEED DRILL RECTO 22K RPM	SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 22,000 RPM (COD: T-6757R)	TAYLOR	ESTANTE C	1
SDR25	SPEED DRILL RECTO 25K RPM	SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 25,000 RPM (COD: T-6758R)	TAYLOR	ESTANTE C	1
MYB	MODULO Y BASCULA	MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVION CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRONICA DE CAPACIDAD MAXIMA 2,000 KG	CAS	ESTANTE A / Cuarto Compresor	3
TORQ	TORQUIMETRO	TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134A)	PROTO	ESTANTE H	5
DRONE	DRONE	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1
DRONE	DRONE	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1
DRONE	DRONE	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1
TORQ	TORQUIMETRO	TORQUIMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	CDI TORQUE (SNAP-ON)	LABORATORIO DE PROPULSION	1
TORQ	TORQUIMETRO	TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134 TAQC0007)	PROTO	ESTANTE H	1
TORQ	TORQUIMETRO	TORQUIMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	STANLEY	LABORATORIO DE PROPULSION	1
PISTER	PISTOLA TERMICA	PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	SKILL	ESTANTE E	2

Fuente: Creada por el autor

En el ANEXO E se pueden revisar cuales activos fueron ponderados como 4 para mayor cantidad de fallas, y uso en los cuadros de Criticidad/Jerarquías.

- **Elementos solicitados por los docentes entrevistados para brindar la materia: EAV471 – Estructuras de Aviación – Técnico en Mantenimiento Aeronáutico (TMA)**

- **Elementos solicitados por los docentes entrevistados para brindar la materia: EAM172 – Estructuras Aeronáuticas y su mantenimiento– Ingeniería Aeronáutica (Plan Actual – absorción de ESA171 – Estructuras Aeronáuticas – Ingeniería Aeronáutica)**

- **Elementos solicitados por los docentes entrevistados para brindar la materia: RES171 – Reparaciones Estructurales – Ingeniería Aeronáutica**

Todos estos activos se muestran en los formatos de cada materia en el ANEXO B según lo conversado con los docentes encargados de la materia y los encargados del Almacén-Bodega.

Reuniones con el Director del CIDIM-CITT

Según las reuniones, se pudo determinar las necesidades de un departamento similar y con mayor cantidad de activos que la Facultad de aeronáutica, para poder efectuar un símil, conocer experiencias y puntos de vista de alguien dentro de la UDB que ya ha utilizado un CMMS. El director comentaba que era necesario definitivamente un módulo de usuarios y determinar cuáles serían los tipos y algunos de sus roles de los cuales se tomó nota para la propuesta, asimismo comentó que era importante conocer la disponibilidad específicamente de los usuarios con rol de técnico para que el usuario con rol de encargado pudiera hacer las programaciones de mantenimiento preventivo acordemente. Asimismo, comentó el hecho que debe existir una prioridad en los activos para establecer cuando estos se van a planificar y programar.

Algo muy importante y que actualmente no se realiza es la generación y programación de órdenes de trabajo(O.T) donde el director especificaba que debería llevar cierta información incluyendo el código del activo, las rutinas, las tareas, las herramientas utilizadas, las horas hombre que tomo el mantenimiento, observaciones y recomendaciones por parte de los técnicos, etc.

También se conversó sobre módulos de reportes módulo de avisos o alertas y módulo de ubicaciones de los activos los cuales fueron tomados en cuenta en el desarrollo de la presente propuesta de diseño de un CMMS hecho en casa

Reuniones con el Director del IT-CTIC

Entre los primeros resultados de la aplicación del recorrido metodológico fueron los hallazgos expresados directamente por los stakeholders. Los hallazgos incluyen la inclinación desde la Universidad para contar con un sistema desarrollado internamente y, en segundo lugar, los elementos de diseño para los catálogos de activos que no se habían desarrollado.

Respecto al primero, se puede mencionar como muestra la opinión del encargado de IT-CTIC respecto al manejo de software, donde comentaba que debido a la infraestructura interna de la universidad es más recomendable que todas las gestiones de software se hicieran internas desde su concepción y diseño, para que dicho software estuviera añadido al portal general de la universidad y así poderlo integrar con mayor facilidad y menor costo a los demás portales internos como RR.HH., Contabilidad, compras, y un futuro KARDEX de inventario o ERP. Asimismo, comentaba que dentro de la universidad tenían el conocimiento y las capacidades para poder generar este tipo de software solamente era necesario poder plantear una propuesta cómo está dónde utilizando pictogramas, diagrama de flujo y los diagramas esenciales de diseño de software como lo son el diagrama de entidad de relación (ERD), el diagrama de flujo de datos (DFD) y otros diagramas extra más el detalle de cada uno de los módulos su descripción y sus objetivos se pudiese llegar a una primera iteración de un software codificado en el lenguaje de su preferencia y de mayor utilidad dentro de la universidad. Es así donde esta propuesta inicial queda lista para ser implementada por este departamento.(C. Espinoza, comunicación personal, 2023)

4.2 Catálogos de activos

Se levantó un catálogo de activos completamente nuevo para así poder establecer una nomenclatura estándar, establecer nombres estándar, saber cuáles son, cuántos son, dónde están ubicados, conocer información como la marca, modelo, tipo, número serial, etc.

Este catálogo de activos corresponde a más de 1000 entradas y es por ello que no se muestra en la parte escrita, sin embargo será adjunto a este si se desea conocer más a detalle la base de datos

La

Tabla 4.2 muestra los atributos del Catálogo General de activos

Tabla 4.2 Atributos del Catálogo General de Activos

#	ATRIBUTOS DE CATÁLOGO GENERAL
1	CÓDIGO ÚNICO DE MANT. / CALIB [PK] (SI APLICA)
2	CÓDIGO DE FAM DE TIPO MANT.
3	FAMILIA DE TIPO MANT.
4	MANT. [SI/NO]
5	CALIB. [SI-INT/SI-EXT / NO]
6	TIPO DE ACTIVO
7	FREC. DE CONSUMO [ALTA / MEDIO/BAJA]
8	HAZMAT [SI/NO]
9	NOMBRE STANDARD DE ELEMENTO/ACTIVO EN INVENTARIO
10	MARCA
11	NÚMERO DE PARTE/ CÓDIGO FABRICANTE
12	ESTADO
13	UBICACIÓN PRIMARIA
14	UBICACIÓN SECUNDARIA
15	UBICACIÓN Terciaria
16	CANTIDAD EXISTENTE
17	UNIDAD DE MEDIDA

Fuente: Creada por el autor

La Tabla 4.3 muestra las Ubicaciones Principales del Catálogo General de Activos

Tabla 4.3 Ubicaciones Principales del Catálogo General de Activos

ALMACÉN - BODEGA - AFUERA
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE A
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE B
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE C
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE D
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE E
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE F
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE G
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE H
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE I
ALMACÉN - BODEGA - ESTANTE J
ESTANTE LLAVES Y CUBOS
AVIÓNICA - VITRINA I
AVIÓNICA - VITRINA III
ALMACÉN - BODEGA - REFRIGERADORA
OTROS

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.4 Ubicaciones dentro de “Otros” del Catálogo General de Activos

HANGAR UDB
CESSNA 210A
BODEGAS HANGAR
AERONAVE B737-200
F.A.S. – B 727-322
LABORATORIO DE PROPULSIÓN

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.5 Clave de colores y Cantidad de tipo de activos segregados del Catálogo General de Activos

Clave de Colores		Cantidad
Verde Oscuro	Activo Solo Mantenible	534
Celeste	Equipo - Medidor - Mtto. Parcial	5
Amarillo	Se debe Revisar	13
Magenta	Activo Consumible	321
Rojo	Perdido o Problema Serio	16
Gris	Activo Calibrable	133

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.6 Tipo y Cantidad Existente de Tipos de Activos según Catálogo General

TIPO DE ACTIVO	CANTIDAD EXISTENTE
BOLSA	1
BOLSA DE HERRAMIENTAS	20
CAJA DE HERRAMIENTAS	2
CONSUMIBLE	316
CONSUMIBLE - EPP	5
EPP	231
EQUIPO	97
EQUIPO - MODULO	3
EQUIPO - MEDIDOR	4
EQUIPO DE OFICINA	3
FERRETERIA	11
GAUGE	58
HERRAMIENTA	921
MANUAL	6
MODULO DE ENCENDIDO	1
MOTOR ELEC DE RC	7
MOTOR CI DE RC	1
OTRO	3

Fuente: Creada por el autor

4.3 Propuestas de Implementación de 5S en Almacén-Bodega

Para las propuestas de implementación de 5S en el almacén bodega de aeronáutica se ha pensado seguir el modelo de PDCA de Deming descrito anteriormente en el documento, asimismo como lo muestra la Figura 4.1

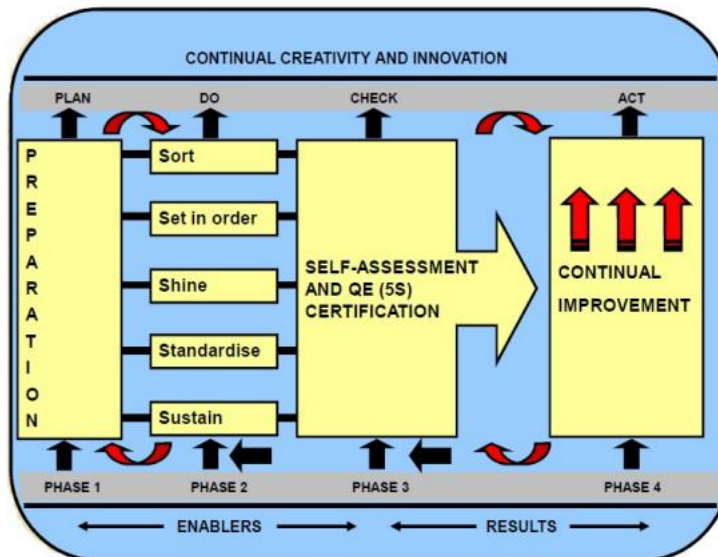


Figura 4.1. Proceso para establecer una mejora continua mediante 5S - PDCA

Fuente: Adaptada de (Singh & Ahuja, 2015)

Ya se inició la metodología en los primeros pasos del modelo PDCA y las 5S, Mediante este proceso se procedió a la fase de preparación inicial de Planificación y preparación. Siguiendo se hizo un inicio en las primeras S como era descrito subsiguientemente, se detallará las propuestas que ya fueron aplicadas hasta el momento de este trabajo de graduación y aquellas que se presentan en formato de propuestas a ser aplicadas.

Propuesta en base a 5S (Paso #1) – Seiri– Clasificación del Almacén-Bodega y Hangar

Como fue descrito en el Capítulo de Marco Teórico, Seiri consiste en identificar los elementos que son necesarios en el área de trabajo, separarlos de los innecesarios y desprenderse de estos últimos, evitando que vuelvan a aparecer. Asimismo, se comprueba que se dispone de todo lo necesario para la operación o en este caso mantener solamente los activos funcionales (Sarkar, 2006).

Mediante el procedimiento descrito en 1.7.4 Flujogramas pertinentes de nivel III de la Gestión Administrativa: y la Figura 1.13. Proced. 10.6.4 Gestión de Traslados, descartes y venta de equipos y mobiliarios, se ha iniciado el proceso de descarte de varios de los activos que ya no estaban en funcionamiento y que solamente estaban ocupando espacio dentro del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica. La Tabla 4.7 adjunta muestra algunos de estos activos incluyendo: aspiradora neumática manual, balanza, compresor de aire portátil, algunas frenadoras, algunos tensiómetros, una bomba de vacío, algunas dobladoras de tubo, un videoscopio, un calibrador, entre otros. En el hangar se determinaron como no funcionales (por su alto uso en prácticas, oxidación y exposición al sol y lluvia) dos prensas de banco giratorias que ya fueron reemplazadas y actualizadas en la gestión de activos y la gestión de mantenimiento.

Mediante esta tabla se ha iniciado el proceso de descarte de los activos no funcionales dentro del almacén bodega y asimismo el proceso de anotación de los diferentes descartes para mantener un histórico y conocer cuáles elementos son los que tienden a sufrir mayor cantidad de fallas catastróficas. De esta manera se busca generar criterios de descarte para todos los activos como recomendación para mejora continua de las gestiones de 5S de la Fac. de Aeronáutica.

Tabla 4.7 Descarte de Activos Mantenibles/ No - Operables (Recientes)

NOMBRE DE ACTIVO MANTENIBLE	MARCA	UBICACIÓN	CANT.	ESTADO	OBSERVACIONES
ASPIRADORA NEUMÁTICA MANUAL	SIN MARCA	Estante H	1	No - Operable	Funcionamiento revisado
BALANZA 5 LBS (200 GR)	DYMO / PELOUZE	Estante A	1	No - Operable	Revisar Estado
COMPRESOR DE AIRE PORTÁTIL 2HP (COD: 3779270094)	FINI	Estante H	2	No - Operable	2 en mal estado

DIAL TIRE GAUGE	SIN MARCA	Estante A	1	No - Operable	1 en mal estado - No - Calibrable
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") - MANGO NEGRO	GENERAL	Estante C	1	No - Operable	Funcionamiento revisado
FRENADORA (COD: 12-02829)	ECON	Estante E	4	No - Operable	Funcionamiento revisado
REMACHADORA NEUMATICA (COD: T-4X)	TAYLOR	Estante C	4	No - Operable	Funcionamiento revisado
SPEED DRILL 90° (DIE GRINDER) - 25,000 RPM	TAYLOR	Estante C	2	No - Operable	Funcionamiento revisado
TALADRO NEUMATICO (COD: T-7788N)	TAYLOR	Estante C	4	No - Operable	Funcionamiento revisado
TENSIOMETRO (COD: ACM-200) 23384 y (22947) (TEN005)	TENSITRON	Estante A	1	No - Operable	Funcionamiento revisado, ambos no funcionan descartados (3 DESCARTADOS)
TOOL SET ELECTRONIC DIGITAL (CALIPER - VERNIER Y MICROMETRO) DIGITALES (COD: 54-004-850-0)	FOWLER	Estante A	1	No - Operable	Falta Micrometro - No Calibrable (Incertezas)
BOMBA DE VACIO (COD: QVP-600)	QE-QUALITY	Estante H	1	No - Operable	No Funcional
AIRCRAFT ENGINE DIFFERENTIAL CYLINDER PRESSURE TESTER (12-01012 / MFR MODEL E2A)	EASTERN TECHNOLOGY	Lab. De Prop. Arm 1	1	No - Operable	No Funcional
TERMOMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIROMETRO	BERRCOM	Estante A	1	No - Operable	No Funcional
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") - MANGO NEGRO	GENERAL	Estante C	1	No - Operable	No Funcional
COMPRESOR 10HP (COD: MSV40MAX)	SCHULZ	Cuarto de Comp.	1	No - Operable	No Funcional
TRANSPORTADOR DE HELICE DIGITAL (COD: 12-02640)	I GAGING	Lab. De Prop. Arm 1	1	No - Operable	No Funcional
PRENSA DE BANCO GIRATORIA DE 6" (COD: SN)	TACTIX	Hangar	2	No - Operable	Se Eliminaron 2 en mal estado y se reemplazaron

CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	STANLEY	ESTANTE A	1	No - Operable	No Funcional
VIDEOSCOPIO	SNAP-ON	Lab. De Prop. Arm 1	1	No - Operable	No Funcional

Fuente: Creada por el autor

- **Propuesta en base a 5S (Paso #2) – Seiton – Orden del Almacén-Bodega**

Para el orden general de la Facultad se ha tomado una propuesta de Ubicaciones Primarias Secundarias y Terciarias como lo detalla el siguiente Árbol de Jerarquías de Ubicaciones en la Tabla 4.8. Asimismo se determinaron un total de 212 ubicaciones únicas mostradas en la Tabla 4.9

Tabla 4.8 Árbol de Jerarquías de Ubicaciones de la Fac. de Aeronáutica. Fuente: Creada por el autor

UBICACIÓN PRIMARIA	UBICACIÓN SECUNDARIA	UBICACIÓN Terciaria
AFUERA	EN ESCRITORIO	LADO IZQUIERDO
	EN PISO	LADO DERECHO BODEGA
		LADO IZQUIERDO BODEGA
B727	CARGO BAY	IZQUIERDA
B737-200	RIGHT CARGO COMPARTMENT	IZQUIERDA
ESTANTE A	ARRIBA	AFUERA
		AFUERA
	ATRÁS	AFUERA
	NIVEL 1	DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 2	CENTRO
		DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 3	CENTRO
		DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 4	CENTRO
		DERECHA
IZQUIERDA		
NIVEL 5	DERECHA	
	IZQUIERDA	
ESTANTE A / Cuarto Compresor	NIVEL 1	IZQUIERDA
ESTANTE B	ESTANTE B1	GAVETA 1
		GAVETA 2
		GAVETA 3
		GAVETA 4
		GAVETA 5
	ESTANTE B2	GAVETA 1
		GAVETA 2

ESTANTE C		GAVETA 3
		GAVETA 4
		GAVETA 5
		GAVETA 5 y GAVETA 6
		GAVETA 6
	NIVEL 1	CAJA CEPILLOS
		CAJA LIMAS
		CAJA PUNZONES
		DERECHA
		ESTUCHE SIERRAS
		IZQUIERDA
	NIVEL 2	CAJA 1
		CAJA 2
		CAJA 3
		CAJA 4
		CAJA 5
	NIVEL 3	AFUERA
		BANDEJA 1
	CAJA 1	
	CAJA 2	
	CAJA 3	
	CAJA 4	
	CAJA 5	
	DERECHA	
NIVEL 4	AFUERA	
	BANDEJA 1	
	BANDEJA 2	
	BANDEJA 3	
	CAJA 1	
	CAJA 2	
	CAJA 3	
	CAJA LLAVES	
	CAJAS BLANCAS	
NIVEL 5	AFUERA E IZQUIERDA	
	AFUERA Y DERECHA	
	BOLSA ACE	
	CAJA 1	
	CAJA 2	
	CAJA NEGRA NIVEL 1 DERECHA	

		CAJA NEGRA NIVEL 1 IZQUIERDA
		CAJA NEGRA NIVEL 2 CENTRO
		CAJA NEGRA NIVEL 2 DERECHA
		CAJA NEGRA NIVEL 3 CENTRO
		CAJA NEGRA NIVEL 3 DERECHA
		CAJA NEGRA NIVEL 3 IZQUIERDA
		CAJA NEGRA NIVEL 4 CENTRO
		CAJA NEGRA NIVEL 5 CENTRO
		CAJA NEGRA NIVEL 5 DERECHA
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 1
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 2
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 3
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 4
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 5
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 6
		CAJA ROJA/GRIS NIVEL 7
		CAJAS TACTIX
ESTANTE D	NIVEL 1	DERECHA IZQUIERDA
	NIVEL 2	CAJA 1 DERECHA IZQUIERDA
	NIVEL 3	DERECHA IZQUIERDA
	NIVEL 4	ATRÁS DERECHA IZQUIERDA
	NIVEL 4	IZQUIERDA
	NIVEL 5	DERECHA IZQUIERDA
	NIVEL 6	DERECHA IZQUIERDA
ESTANTE E	NIVEL 1 - DERECHA	CAJA RODAMIENTOS

	NIVEL 1 - IZQUIERDA	CAJA 1
	NIVEL 2 - DERECHA	AFUERA
		CAJA AVIÓNICA
		CAJA BRAZALETE ANTI-ESTÁTICO
		CAJA CINTAS MÉTRICAS
		CAJA DE INSPECCIÓN VISUAL
		CAJAS AMAZON
	NIVEL 2 - IZQUIERDA	AFUERA
		CAJA PROBETAS
	NIVEL 3 - CENTRO	AFUERA
	NIVEL 3 - DERECHA	AFUERA
		AFUERA Y CAJA 3 - 0.032
		CAJA 1 - 0.041 / AFUERA
		CAJA 2
		CAJA 4 - 0.021
	NIVEL 3 - IZQUIERDA	AFUERA
		CAJA DE PERNOS
	NIVEL 4	AFUERA
	NIVEL 4 - DERECHA	AFUERA
		AFUERA EN CAJA TES
CAJA 3		
CAJA 4		
	CAJA 5	
NIVEL 4 - IZQUIERDA	BOLSA ACE	
	CAJA 6	
	CAJA 7	
	CAJA PHILLIPS / AMARILLO-NEGRO	
	CAJA PLANOS / AMARILLO-NEGRO	
NIVEL 5 - CENTRO	AFUERA	
NIVEL 5 - DERECHA	AFUERA	
	CAJA NEGRO/NARANJA	
NIVEL 5 - IZQUIERDA	AFUERA	
ESTANTE F	ARRIBA	IZQUIERDA
	NIVEL 1	DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 2	DERECHA
IZQUIERDA		

	NIVEL 3	DERECHA
	NIVEL 4	DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 5	DERECHA
		IZQUIERDA
ESTANTE G	AFUERA	IZQUIERDA EN CAJA
	NIVEL 1	DERECHA
		IZQUIERDA
		MEDIO
	NIVEL 2	DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 3	DERECHA
IZQUIERDA		
NIVEL 4	CENTRO	
	IZQUIERDA	
NIVEL 4 Y AFUERA	IZQUIERDA Y CAJAS	
ESTANTE H	NIVEL 1	CENTRO
		DERECHA
		IZQUIERDA
	NIVEL 2	BOLSA - DERECHA
		CENTRO
		CENTRO - CAJA
		DERECHA
		DERECHA - CAJA
		FIBRE GAST
		IZQUIERDA
	MEDIO	
	NIVEL 3	ATRÁS
		CAJA 1
		CAJA 2
		CAJA 3
CAJA 4		
CAJA 5		
CAJA 6		
CAJA 7 Y CAJA 8		
CAJA 8		
CAJA FEL		
DERECHA		
ESTANTE I	AFUERA	IZQUIERDA
	ARRIBA	CAJA MEV
		CAJA MEV - CAJA RC
		CAJA MEV - KIT

	DERECHA	N/A
	IZQUIERDA	N/A
		TODA LA LONGITUD
ESTANTE J	MEDIO	N/A
	NIVEL 1 Y NIVEL 2	ATRÁS
	NIVEL 2	CENTRO
	NIVEL 3	ADELANTE
ESTANTE LLAVES Y CUBOS	NIVEL 4	ATRÁS
		FRENTE
	NIVEL CUBOS	DERECHA
		IZQUIERDA
ESTANTE LLAVES Y CUBOS	NIVEL LLAVES	DERECHA
		DERECHA E IZQUIERDA
		IZQUIERDA
F.A.S.	TECHO DE LAMINA	BAJO TECHO
HANGAR UDB	LADO DERECHO A NOSE B737	MESA 4
		MESA 5
		MESA 6
	CUARTO COMPRESOR	DERECHA
	LADO DERECHO A NOSE B737 - 200	REVISAR PINTURA AMARILLA EN PISO
	LADO IZQUIERDO A NOSE B737	MESA 1
	MESA 2	
	MESA 3	
LABORATORIO DE PROPULSIÓN	ARMARIO 1	NIVEL 1
		NIVEL 3
REFRIGERADORA	NIVEL 1	IZQUIERDA
	NIVEL 2	DERECHA

Fuente: Creada por el autor

Nota: La nomenclatura de ubicación terciaria: Derecha, Izquierda y Centro es momentánea, se refiere a la vista frontal del elemento principal anterior y fue marcada físicamente temporalmente; en un futuro se piensa modificar por código numérico o código QR, pero se ha utilizado momentáneamente como propuesta inicial de 5S y para simplificar la colocación de los activos a los encargados de Almacén-Bodega y con su visto bueno.

Tabla 4.9 Ubicaciones Únicas mediante 3 niveles de jerarquía

#	Cantidad de ubicaciones únicas: 212
1	AFUERA EN ESCRITORIO LADO IZQUIERDO
2	AFUERA EN PISO LADO DERECHO BODEGA
3	AFUERA EN PISO LADO IZQUIERDO BODEGA
4	B727 CARGO BAY IZQUIERDA
5	B737-200 RIGHT CARGO COMPARTMENT IZQUIERDA
6	ESTANTE A ARRIBA AFUERA
7	ESTANTE A ARRIBA AFUERA
8	ESTANTE A ATRÁS AFUERA
9	ESTANTE A NIVEL 1 DERECHA
10	ESTANTE A NIVEL 1 IZQUIERDA
11	ESTANTE A NIVEL 2 CENTRO
12	ESTANTE A NIVEL 2 DERECHA
13	ESTANTE A NIVEL 2 IZQUIERDA
14	ESTANTE A NIVEL 3 CENTRO
15	ESTANTE A NIVEL 3 DERECHA
16	ESTANTE A NIVEL 3 IZQUIERDA
17	ESTANTE A NIVEL 4 CENTRO
18	ESTANTE A NIVEL 4 DERECHA
19	ESTANTE A NIVEL 4 IZQUIERDA
20	ESTANTE A NIVEL 5 DERECHA
21	ESTANTE A NIVEL 5 IZQUIERDA
22	ESTANTE A / Cuarto Compresor NIVEL 1 IZQUIERDA
23	ESTANTE B ESTANTE B1 GAVETA 1
24	ESTANTE B ESTANTE B1 GAVETA 2
25	ESTANTE B ESTANTE B1 GAVETA 3
26	ESTANTE B ESTANTE B1 GAVETA 4
27	ESTANTE B ESTANTE B1 GAVETA 5
28	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 1
29	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 2
30	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 3
31	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 4
32	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 5
33	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 5 y GAVETA 6
34	ESTANTE B ESTANTE B2 GAVETA 6
35	ESTANTE C NIVEL 1 CAJA CEPILLOS
36	ESTANTE C NIVEL 1 CAJA LIMAS
37	ESTANTE C NIVEL 1 CAJA PUNZONES
38	ESTANTE C NIVEL 1 DERECHA
39	ESTANTE C NIVEL 1 ESTUCHE SIERRAS

40	ESTANTE C NIVEL 1 IZQUIERDA
41	ESTANTE C NIVEL 2 CAJA 1
42	ESTANTE C NIVEL 2 CAJA 2
43	ESTANTE C NIVEL 2 CAJA 3
44	ESTANTE C NIVEL 2 CAJA 4
45	ESTANTE C NIVEL 2 CAJA 5
46	ESTANTE C NIVEL 3 AFUERA
47	ESTANTE C NIVEL 3 BANDEJA 1
48	ESTANTE C NIVEL 3 CAJA 1
49	ESTANTE C NIVEL 3 CAJA 2
50	ESTANTE C NIVEL 3 CAJA 3
51	ESTANTE C NIVEL 3 CAJA 4
52	ESTANTE C NIVEL 3 CAJA 5
53	ESTANTE C NIVEL 3 DERECHA
54	ESTANTE C NIVEL 4 AFUERA
55	ESTANTE C NIVEL 4 BANDEJA 1
56	ESTANTE C NIVEL 4 BANDEJA 2
57	ESTANTE C NIVEL 4 BANDEJA 3
58	ESTANTE C NIVEL 4 CAJA 1
59	ESTANTE C NIVEL 4 CAJA 2
60	ESTANTE C NIVEL 4 CAJA 3
61	ESTANTE C NIVEL 4 CAJA LLAVES
62	ESTANTE C NIVEL 4 CAJAS BLANCAS
63	ESTANTE C NIVEL 5 AFUERA E IZQUIERDA
64	ESTANTE C NIVEL 5 AFUERA Y DERECHA
65	ESTANTE C NIVEL 5 BOLSA ACE
66	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA 1
67	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA 2
68	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 1 DERECHA
69	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 1 IZQUIERDA
70	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 2 CENTRO
71	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 2 DERECHA
72	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 3 CENTRO
73	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 3 DERECHA
74	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 3 IZQUIERDA
75	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 4 CENTRO
76	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 5 CENTRO
77	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA NEGRA NIVEL 5 DERECHA
78	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 1
79	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 2
80	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 3

81	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 4
82	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 5
83	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 6
84	ESTANTE C NIVEL 5 CAJA ROJA/GRIS NIVEL 7
85	ESTANTE C NIVEL 5 CAJAS TACTIX
86	ESTANTE C - SALIDA AFUERA AFUERA
87	ESTANTE D NIVEL 1 DERECHA
88	ESTANTE D NIVEL 1 IZQUIERDA
89	ESTANTE D NIVEL 2 CAJA 1
90	ESTANTE D NIVEL 2 DERECHA
91	ESTANTE D NIVEL 2 IZQUIERDA
92	ESTANTE D NIVEL 3 DERECHA
93	ESTANTE D NIVEL 3 IZQUIERDA
94	ESTANTE D NIVEL 4 IZQUIERDA
95	ESTANTE D NIVEL 4 ATRÁS
96	ESTANTE D NIVEL 4 DERECHA
97	ESTANTE D NIVEL 4 IZQUIERDA
98	ESTANTE D NIVEL 5 DERECHA
99	ESTANTE D NIVEL 5 IZQUIERDA
100	ESTANTE D NIVEL 6 DERECHA
101	ESTANTE D NIVEL 6 IZQUIERDA
102	ESTANTE E NIVEL 1 - DERECHA CAJA RODAMIENTOS
103	ESTANTE E NIVEL 1 - IZQUIERDA CAJA 1
104	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA AFUERA
105	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA CAJA AVIÓNICA
106	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA CAJA BRAZALETE ANTI-ESTÁTICO
107	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA CAJA CINTAS MÉTRICAS
108	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA CAJA DE INSPECCIÓN VISUAL
109	ESTANTE E NIVEL 2 - DERECHA CAJAS AMAZON
110	ESTANTE E NIVEL 2 - IZQUIERDA AFUERA
111	ESTANTE E NIVEL 2 - IZQUIERDA CAJA PROBETAS
112	ESTANTE E NIVEL 3 - CENTRO AFUERA
113	ESTANTE E NIVEL 3 - DERECHA AFUERA
114	ESTANTE E NIVEL 3 - DERECHA AFUERA Y CAJA 3 - 0.032
115	ESTANTE E NIVEL 3 - DERECHA CAJA 1 - 0.041 / AFUERA
116	ESTANTE E NIVEL 3 - DERECHA CAJA 2
117	ESTANTE E NIVEL 3 - DERECHA CAJA 4 - 0.021
118	ESTANTE E NIVEL 3 - IZQUIERDA AFUERA
119	ESTANTE E NIVEL 3 - IZQUIERDA CAJA DE PERNOS
120	ESTANTE E NIVEL 4 AFUERA
121	ESTANTE E NIVEL 4 - DERECHA AFUERA

122	ESTANTE E NIVEL 4 - DERECHA AFUERA EN CAJA TES
123	ESTANTE E NIVEL 4 - DERECHA CAJA 3
124	ESTANTE E NIVEL 4 - DERECHA CAJA 4
125	ESTANTE E NIVEL 4 - DERECHA CAJA 5
126	ESTANTE E NIVEL 4 - IZQUIERDA BOLSA ACE
127	ESTANTE E NIVEL 4 - IZQUIERDA CAJA 6
128	ESTANTE E NIVEL 4 - IZQUIERDA CAJA 7
129	ESTANTE E NIVEL 4 - IZQUIERDA CAJA PHILLIPS / AMARILLO-NEGRO
130	ESTANTE E NIVEL 4 - IZQUIERDA CAJA PLANOS / AMARILLO-NEGRO
131	ESTANTE E NIVEL 5 - CENTRO AFUERA
132	ESTANTE E NIVEL 5 - DERECHA AFUERA
133	ESTANTE E NIVEL 5 - DERECHA CAJA NEGRO/NARANJA
134	ESTANTE E NIVEL 5 - IZQUIERDA AFUERA
135	ESTANTE E - SALIDA AFUERA AFUERA
136	ESTANTE F ARRIBA IZQUIERDA
137	ESTANTE F NIVEL 1 DERECHA
138	ESTANTE F NIVEL 1 IZQUIERDA
139	ESTANTE F NIVEL 2 DERECHA
140	ESTANTE F NIVEL 2 IZQUIERDA
141	ESTANTE F NIVEL 3 DERECHA
142	ESTANTE F NIVEL 4 DERECHA
143	ESTANTE F NIVEL 4 IZQUIERDA
144	ESTANTE F NIVEL 5 DERECHA
145	ESTANTE F NIVEL 5 IZQUIERDA
146	ESTANTE G AFUERA IZQUIERDA EN CAJA
147	ESTANTE G NIVEL 1 DERECHA
148	ESTANTE G NIVEL 1 IZQUIERDA
149	ESTANTE G NIVEL 1 MEDIO
150	ESTANTE G NIVEL 2 DERECHA
151	ESTANTE G NIVEL 2 IZQUIERDA
152	ESTANTE G NIVEL 3 DERECHA
153	ESTANTE G NIVEL 3 IZQUIERDA
154	ESTANTE G NIVEL 4 CENTRO
155	ESTANTE G NIVEL 4 IZQUIERDA
156	ESTANTE G NIVEL 4 Y AFUERA IZQUIERDA Y CAJAS
157	ESTANTE H NIVEL 1 CENTRO
158	ESTANTE H NIVEL 1 DERECHA
159	ESTANTE H NIVEL 1 IZQUIERDA
160	ESTANTE H NIVEL 2 BOLSA - DERECHA
161	ESTANTE H NIVEL 2 CENTRO
162	ESTANTE H NIVEL 2 CENTRO - CAJA

163	ESTANTE H NIVEL 2 DERECHA
164	ESTANTE H NIVEL 2 DERECHA - CAJA FIBRE GAST
165	ESTANTE H NIVEL 2 IZQUIERDA
166	ESTANTE H NIVEL 2 MEDIO
167	ESTANTE H NIVEL 3 ATRÁS
168	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 1
169	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 2
170	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 3
171	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 4
172	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 5
173	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 6
174	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 7 Y CAJA 8
175	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA 8
176	ESTANTE H NIVEL 3 CAJA FEL
177	ESTANTE H NIVEL 3 DERECHA
178	ESTANTE I AFUERA IZQUIERDA
179	ESTANTE I ARRIBA CAJA MEV
180	ESTANTE I ARRIBA CAJA MEV - CAJA RC
181	ESTANTE I ARRIBA CAJA MEV - KIT
182	ESTANTE I DERECHA N/A
183	ESTANTE I IZQUIERDA N/A
184	ESTANTE I IZQUIERDA TODA LA LONGITUD
185	ESTANTE I MEDIO N/A
186	ESTANTE J NIVEL 1 Y NIVEL 2 ATRÁS
187	ESTANTE J NIVEL 2 CENTRO
188	ESTANTE J NIVEL 3 ADELANTE
189	ESTANTE J NIVEL 3 ATRÁS
190	ESTANTE J NIVEL 4 FRENTE
191	ESTANTE LLAVES Y CUBOS NIVEL CUBOS DERECHA
192	ESTANTE LLAVES Y CUBOS NIVEL CUBOS IZQUIERDA
193	ESTANTE LLAVES Y CUBOS NIVEL LLAVES DERECHA
194	ESTANTE LLAVES Y CUBOS NIVEL LLAVES DERECHA E IZQUIERDA
195	ESTANTE LLAVES Y CUBOS NIVEL LLAVES IZQUIERDA
196	F.A.S. TECHO DE LAMINA BAJO TECHO
197	HANGAR UDB LADO DERECHO A NOSE B737 MESA 4
198	HANGAR UDB LADO DERECHO A NOSE B737 MESA 5
199	HANGAR UDB LADO DERECHO A NOSE B737 MESA 6
200	HANGAR UDB CUARTO COMPRESOR DERECHA
201	HANGAR UDB LADO DERECHO A NOSE B737 - 200 REVISAR PINTURA AMARILLA EN PISO
202	HANGAR UDB LADO IZQUIERDO A NOSE B737 MESA 1
203	HANGAR UDB LADO IZQUIERDO A NOSE B737 MESA 2

204	HANGAR UDB LADO IZQUIERDO A NOSE B737 MESA 3
205	LAB AVIÓNICA - VITRINA I NIVEL 2 CENTRO
206	LAB AVIÓNICA - VITRINA III NIVEL 3 CAJA PLANCHA
207	LAB AVIÓNICA - VITRINA III NIVEL 3 CAJA STARTER
208	LAB AVIÓNICA - VITRINA III NIVEL 4 DERECHA
209	LABORATORIO DE PROPULSIÓN ARMARIO 1 NIVEL 1
210	LABORATORIO DE PROPULSIÓN ARMARIO 1 NIVEL 3
211	REFRIGERADORA NIVEL 1 IZQUIERDA
212	REFRIGERADORA NIVEL 2 DERECHA

Fuente: Creada por el autor

Nota: La nomenclatura de ubicación terciaria: Derecha, Izquierda y Centro es momentánea, se refiere a la vista frontal del elemento principal anterior y fue marcada físicamente temporalmente; en un futuro se piensa modificar por código numérico o código QR, pero se ha utilizado momentáneamente como propuesta inicial de 5S y para simplificar la colocación de los activos a los encargados de Almacén-Bodega y con su visto bueno.

Adicionalmente se ha establecido una segregación en base al tipo de activo y su uso en estantes dentro del Almacén Bodega, nombrados desde Estante A al Estante H

La Tabla 4.10 define la Clasificación de Estantería en Almacén-Bodega según el inicio de la implementación de 5S y segregación de activos según su uso.

Tabla 4.10 Clasificación de Estantería en Almacén-Bodega

Nombre del Estante	Clasificación
Estante A	Metrología
Estante B	Llaves
Estante C	Estructuras
Estante D	Ingeniería y Proyectos
Estante E	Sistemas y Aviónica
Estante F	Material inflamable (Tabla de Segregación)
Estante G	Material Consumible
Estante H	Equipos de mayor envergadura y EPP
Estante I	Manuales y Cajas de MEV
Estante J	Material Consumible II Manuales y Mascarillas
Estante Llaves y Cubos	Cubos Hexagonales y Estrellas Llaves ordenadas por tamaño

Fuente: Creada por el autor junto con apoyo de los encargados (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022)

Propuesta en base a 5S (Paso #3) – Seiso - Limpieza General en Almacén – Bodega

Lo que está bien: Actualmente una persona del departamento de Servicios Generales llega semanalmente a efectuar cierta limpieza dentro del almacén bodega de aeronáutica. Sin embargo, al ver ciertas áreas del techo, del piso y detrás de los estantes con suciedad y polvo.

La propuesta: clasificar todas las áreas del almacén bodega en diferentes zonas para que la persona que llegue a hacer la limpieza conozca específicamente cuáles son las áreas y las tareas que debe realizar en cada una de ellas. Asimismo se propone una bitácora simple donde se pueda anotar quién llegó a hacer limpieza, cuales tareas realizó, el tiempo de entrada y de salida, y los materiales utilizados.

Finalmente, se recomienda establecer un perímetro de seguridad de al menos 1 pulgada para poder tener acceso a las áreas traseras de los estantes y de mucha suciedad.



Figura 4.2. Fotografía de zonas con suciedad dentro del Almacén Bodega – Techo y Canaletas
Fuente: Fotografía tomadas por el autor



Figura 4.3. Fotografías de zonas con suciedad dentro del Almacén Bodega
Fuente: Fotografías tomadas por el autor

Propuesta en base a 5S (Paso #4) – Seiketsu – Estandarización del Almacén-Bodega y Hangar

Ya que esta S consiste en detectar situaciones irregulares o anómalas, mediante normas sencillas y visibles para todos, se han puesto identificaciones a los estantes que contienen materiales peligrosos y su clasificación dentro de la normativa de la IATA. Asimismo se ha puesto un cartel con todos los activos mantenibles y calibrables y su ubicación para mantener su estandarización.



Figura 4.4. Utilización del Paso #4 Seiketsu de 5S para división de cubos y llaves
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.5. Tabla #9.3a de la IATA – Segregación de Materiales Peligrosas + Rombos de Seguridad
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.6. Poster de Gestión de Mantenimiento en Estante C
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.7. Poster de Planificación Anual de Mantenimientos en estante I
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.8. Muestra de falta de “shadowgraph” de herramientas en estante B
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.9. Ejemplo de Ordenamiento de Herramientas en una empresa Panificadora del país
Fuente: Adaptada de (Dahbura Ramos et al., 2017)



Figura 4.10. Señalización según OSHA, AAC y 5S del Hangar
Fuente: Fotografía tomada por el autor



Figura 4.11. Señalización de posicionamiento correcto de escaleras metálicas en Hangar
Fuente: Fotografía tomada por el autor

Propuesta en base a 5S (Paso #5) – Shitsuke - Mantener la disciplina dentro del Almacén-Bodega

Shitsuke significa sostenimiento, son los procesos desarrollados por la autodisciplina de los trabajadores. También se traduce como "hacer sin que te lo digan".

Su objetivo es: Asegurarse de que se sigue el enfoque de las S anteriores y todas las propuestas.

Propuestas:

1. Organizar sesiones de formación para todo el personal, incluyendo docentes y estudiantes de la implementación general de la metodología, los beneficios y las pautas que se seguirán.
2. Realizar auditorías periódicas para garantizar que se implementen y sigan todos los estándares definidos, no solo las auditorías del departamento de calidad, sino auditorías internas de cada una de las S en específico.
3. Buscar la mejora continua como sea posible. Las aportaciones de las personas involucradas con los procesos de bodega mediante entrevistas, reuniones y grupos focales cortos.

4.4 Base de datos y atributos propuestos para activos físicos

4.4.1 Propuesta de Nomenclatura.

Generación de Nomenclatura nueva para código único de cada activo mantenible y calibrable como clave principal

Se muestra en la siguiente tabla un ejemplo de la nomenclatura nueva para cada activo calibrable y mantenible. Iniciando por el Código de familia mostrados en la Tabla 4.12, seguido por el nombre de la marca de forma reducida, después el número de parte del fabricante y finalizando por el número Serial o correlativo como muestra la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 Ejemplos de códigos únicos de activos mantenibles y calibrables

	CÓDIGO DE FAM	-	NOMBRE DE MARCA DISMINUIDO	-	NÚMERO DE PARTE/ CÓDIGO FABRICANTE	-	SERIAL # / CORRELATIVO
Ej.	XXXX	-	XXX	-	#####	-	#####
Ej. 1	GON	-	MIT		102-301	-	37161165 - 661
Ej. 2	CVM	-	MIT	-	530-312	-	11188305
Ej. 3	ME	-	MIT	-	103-177	-	87005993 - 111
Ej. 4	CDT	-	STA	-	93-021	-	3
Ej. 5	COMP	-	KAES	-	AIRCENTER SX 7.5	-	1

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.12 Tabla de tipos de familia de activos

CODIGO DE FAM DE TIPO	DESCRIPCIÓN FAMILIA DE TIPO .
ABEX	ABOCINADOR (EXPANDIDOR)
ABO	ABOCINADOR
AER	AEROGRAFO
ASPNM	ASPIRADORA NEUMATICA MANUAL
ATW	ADJUSTABLE TAP WRENCH / GIRAMACHOS
BALA5	BALANZA DE 5LB
BALA33	BALANZA DE 33LB
BAT	BATERIA
BDH	BALANCEADOR DINAMICO DE HELICE
CAD	CADENA
CALZ	CALZO

CARB	CARGADOR DE BATERIAS
CARETS	CARETA PARA SOLDAR
CARR	CARRETILLA
CC	C CLAMP
CDR	CORTADORA DE REMACHES
CDT	CORTADORA DE TUBOS
CL	CORTADORA DE LAMINA
CLEFWB	CLECO FASTENER WING NUT - BRONCE/BRASS
CLEFWC	CLECO FASTENER WING NUT -COPPER
COMP	COMPRESOR DE AIRE
COMPD	COMPAS DIVISOR
CORALG	CORTADORA DE ALAMBRE GRANDE
CORALP	CORTADORA DE ALAMBRE PEQUEÑA
CUCH	CUCHILLA
CVD	CALIPER - VERNIER - DIGITAL
CVM	CALIPER - VERNIER - MILS
CVP	CALIPER - VERNIER - PULGADAS
DATLOG	DATA LOGGER
DDT	DOBLADORA DE TUBO
DI	DIAL INDICATOR
DMC	DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON
DRE	DREMEL + ACCESORIOS
DREENG	DREMEL ENGRAVER
DRONE	DRONE
DRONEK	DRONE KIT
DTG	DIAL TIRE GAUGE
ENG	ENGRANAJE
ESC8	ESCUADRA DE 8"
ESCM	ESCUADRA METALICA
EXTT	EXTRACTOR DE TORNILLO
FILTC	FILTRO COALESCENTE DE COMPRESOR
FRE	FRENADORA
FYR	FILTRO Y REGULADOR PARA COMPRESOR DE AIRE
GBS	GAUGE BLOCK SET
GON	GONIOMETRO
GPU	GROUND POWER UNIT
GRADAND	GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL - ANDAMIO

GRADG	GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL GRANDE
GRADP	GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL PEQUEÑA
GV	GENERADOR DE VACIO
HID	HIDROMETRO
HIDL	HIDROLAVADORA
JACK	JACK
JGT	JUEGO DE GALGA TELESCOPICA
KARISCK2PVV	KIT DE ACOPLER RAPIDO + 2 PIECE VACUUM VALVE
KRCESC30	KIT RC - ESC 30A
KRCESC40	KIT RC - ESC 40A
LIJON	LIJADORA ORBITAL NEUMATICA
LLC	LLAVE CANGREJA
LSM	LAMPARA DE SINCRONIZACION PARA MAGNETOS
MC	MICRO CHECKER
MDP	MEDIDOR DE PROFUNDIDAD
ME	MICROMETRO PARA EXTERIORES
MED	MEDIDOR ATMOSFERICO
MEGAS	MODULO DE ENCENDIDO ELECTRONICO
MF	MINI FILTER
MOR	MORDAZA
MOTB10T	MOTOR BRUSSHELESS 10T
MOTB13T	MOTOR BRUSSHELESS 13T
MOTB6T	MOTOR BRUSSHELESS 6T
MOTG	MOTOR DE GASOLINA DE COMBUSTION INTERNA
MP	MEDIDOR DE PROFUNDIDAD
MPLB	MAQUINA PARA LIMPIAR BUJIAS
MRS	MINI RECIPROCATING SAW
MSC	MARCO CON SIERRA COMPLETO
MULT	MULTIMETRO
MYB	MODULO Y BASCULA
PBG	PRENSA DE BANCO GIRATORIA
PINZLONG	PINZA -LONG NOSE PLIERS - 6"
PISTENG	PISTOLA ENGRASADORA
PISTER	#N/A
PLANM	PLANCHA PARA MONOKOTE
PLO	PLOMADA
POL	POLEA

PPPR	PISTOLA PARA PINTURA Y RESERVORIO
PREP	PRENSA PORTATIL
REMM	REMACHADORA MANUAL
REMN	REMACHADORA NEUMATICA
REPOP	REMACHADORA POP
REPOPA	REMACHADORA POP ACORDEON
RODAG	RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING
RODBOL	RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING
RODBOLCA	RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR
RODBOLRP	RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA
RODRC	RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS
RODRP	RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA
ROSEP	ROSCA PARA EXTRACTOR DE POLEAS
SD90	SPEED DRILL 90°
SDR22	SPEED DRILL RECTO 22K RPM
SDR25	SPEED DRILL RECTO 25K RPM
TACOM	TACOMETRO
TC	TENAZA PARA CLECOS
TEN	TENSIOMETRO
TENCOR	TENAZA CORRIENTE
TENPEQ	TENAZA PEQUEÑA
TENPER	TENAZA PERICA
TENPRES	TENAZA DE PRESION
TENT	TENSION TESTER
TERINF	TERMOMETRO INFRARROJO - PIROMETRO
TN	TALADRO NEUMATICO
TORQ	TORQUIMETRO
TPP	TENAZA PICO DE PATO
TRANS	TRANSPORTADOR
TRARC	TRANSMISOR - RC
TRG	TENSOR DE ROSCA GRANDE
TRP	TENSOR DE ROSCA PEQUEÑO
VIDDIG	VIDEOSCOPIO DIGITAL

Fuente: Creada por el autor

4.4.2 Base de datos depurada

Se muestra un extracto de la de la depuración de Activos Mantenibles y activos calibrables según sus criterios. El resto de la tabla puede verse en el ANEXO E

Tabla 4.13 extracto de la de la depuración de Activos Mantenibles y activos calibrables

NOMBRE DE TIPO DE ACTIVO MANTENIBLE/CALIBRABLE	MARCA	UBICACIÓN PRIMARIA	CANTIDAD	FREC. MTTTO. PREV. PLANIF.
ABOCINADOR (COD: 5N)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	4	Semestral
ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 437-FB)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	6	Semestral
ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 93-040)	STANLEY	ESTANTE C	4	Semestral
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M4-M12 (3/16"-1/2") (COD: NO. 5)	SKC	ESTANTE C	5	Semestral
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M6-M20 (1/4" - 3/4") (COD: NO. 6)	SKC	ESTANTE C	5	Semestral
AEROGRAFO (COD: 66350 / PAP)	BYP	ESTANTE C	1	Semestral
ASPIRADORA NEUMATICA MANUAL (COD: 5N)	SIN MARCA	ESTANTE H	1	Semestral
BALANCEADOR DINAMICO DE HELICE (COD: VERSION 1-09)	RPX TECHNOLOGIES	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	CAMRY	ESTANTE A	3	Semestral
BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	CAMRY	ESTANTE A	1	Semestral
BAROMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	EXTECH	ESTANTE E	1	Semestral
BATERIA 12V ACIDO PLOMO (COD: 9070Z)	AUTOCRAFT	B727	2	Bimestral
C CLAMP (COD: 65P)	WISE GRIP	ESTANTE C	25	Semestral
C CLAMP (COD: 84-399)	STANLEY	ESTANTE C	2	Semestral
CADENA (COD: 5N)	SIN MARCA	ESTANTE E	9	Semestral
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	MITUTOYO	ESTANTE A	9	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	Mensual

Fuente: Creada por el autor

En las siguientes tablas se muestra un extracto de la de la depuración de activos calibrables según sus criterios. El resto de la tabla puede verse en el ANEXO E

Tabla 4.14 Cantidades de activos calibrables

	Tipos	Cant
Internos	32	104
Externos	14	21
	46	

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.15 Extracto de la de la depuración de activos calibrables

	ACTIVOS CALIBRABLES (CALIBRACIÓN INTERNA Y CALIBRACIÓN EXTERNA)	CANTIDAD	FRECUENCIA	INT/EXT
1	BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	3	BIENAL	SI - INT
2	BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	1	BIENAL	SI - INT
3	BAROMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	1	BIENAL	SI - EXT
4	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	9	BIENAL	SI - INT

5	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	1	BIENAL	SI - INT
6	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	12	BIENAL	SI - INT
7	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	1	BIENAL	SI - INT
8	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	6	BIENAL	SI - INT
9	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	2	BIENAL	SI - INT
10	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	6	BIENAL	SI - INT
11	DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRÓN 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	5	BIENAL	SI - INT
12	DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNETICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	4	BIENAL	SI - INT
13	DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	5	BIENAL	SI - INT
14	DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	1	BIENAL	SI - INT
15	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	1	ANUAL	SI - EXT
16	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	1	ANUAL	SI - EXT
17	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	1	ANUAL	SI - EXT
18	DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERIA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	1	ANUAL	SI - EXT

Fuente: Creada por el autor

4.5 Procesos y Procedimientos de gestión

4.5.1 Propuesta de Cambios a Mapas de Procesos para relacionarlos al Mantenimiento de Activos Mantenibles y Calibrables de la Fac. de Aeronáutica

Propuesta de Mapa de Procesos -Macroproceso (Nivel 1)

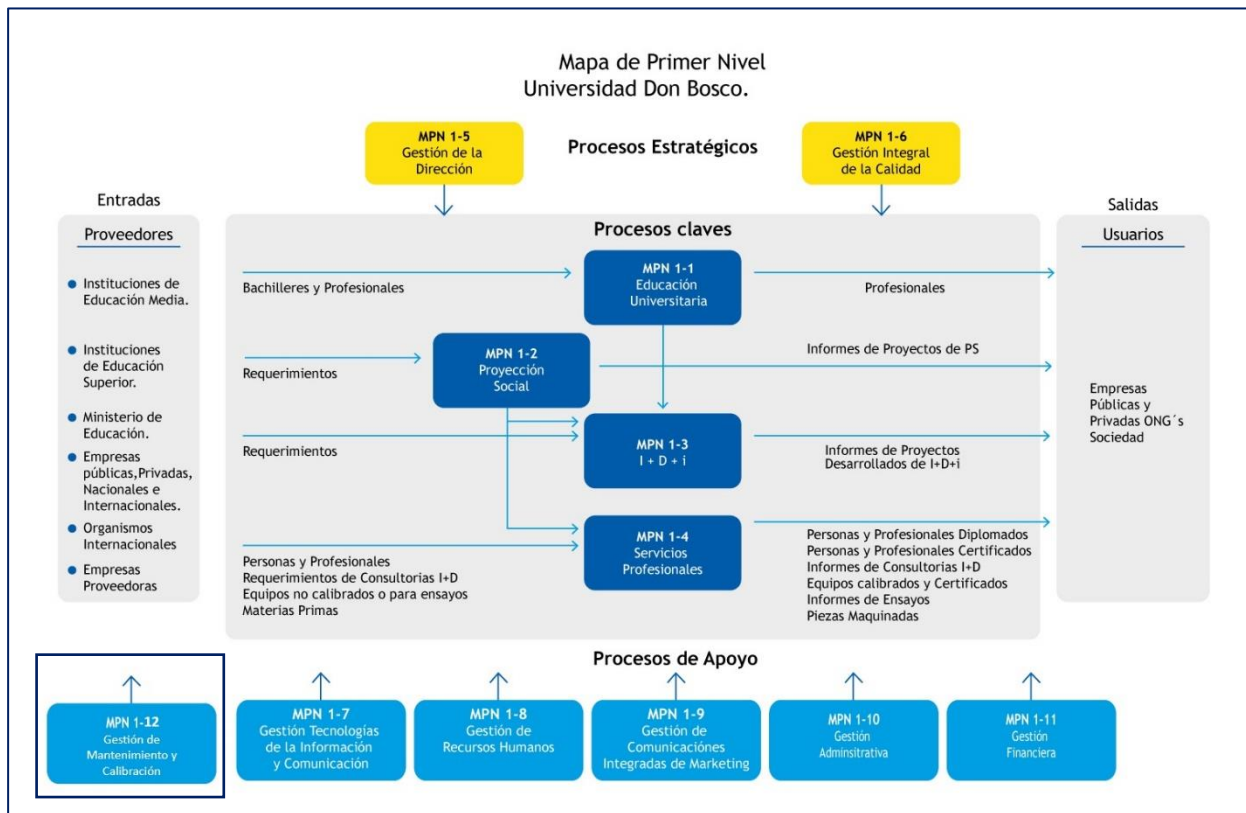


Figura 4.12. Ejemplo de un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para una tienda en línea
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2018) y cambios personales

La Figura 4.12 define una posible primera propuesta donde se agrega un proceso de apoyo extra, número MPN 1-12 el cual está titulado como gestión de mantenimiento y calibración. Dentro de este nuevo proceso de apoyo, entrarían todos los tipos de mantenimiento que se gestionen dentro del campus Soyapango o el otro campus en Antigua Guatemala. Hoy a diferencia de tener un departamento de mantenimiento que sólo se enfoca en las instalaciones este proceso se enfocaría también en los activos como herramientas equipos kits y módulos que tienen las diferentes dependencias de la vicerrectoría académica y la vicerrectoría de ciencia y tecnología

Propuesta de Mapa de Procesos -Subprocesos (Nivel 2)

La Figura 4.13 define una posible segunda propuesta donde dentro de la gestión administrativa, se hacen cambios a quienes estarían involucrados con el Mantenimiento. Anteriormente, en este subproceso, solamente el Departamento de Mantenimiento de la UDB estaba velando por los mantenimientos a las instalaciones, por medio de la gestión 10.3 titulada Gestión de infraestructura Física. Mediante la Figura 1.12 se puede observar el Procedimiento 10.3.2 Mantenimiento Preventivo de Infraestructura física y el Procedimiento 10.3.3 Mantenimiento Correctivo de Infraestructura física descritos anteriormente. Dentro de la nueva gestión 10.7 nombrada como propuesta: “Gestión de Mantenimiento de Activos” irían los mantenimientos (preventivos y de otros tipos) y calibraciones a todos los activos de las facultades dentro de la Vicerrectoría Académica y los Centros de Investigación de la Vicerrectoría de Ciencia y Tecnología, que debido a la gran cantidad de laboratorios es posible que tenga mayor cantidad de activos mantenibles y calibrables. Esto se denota en la Figura 4.13 a continuación.

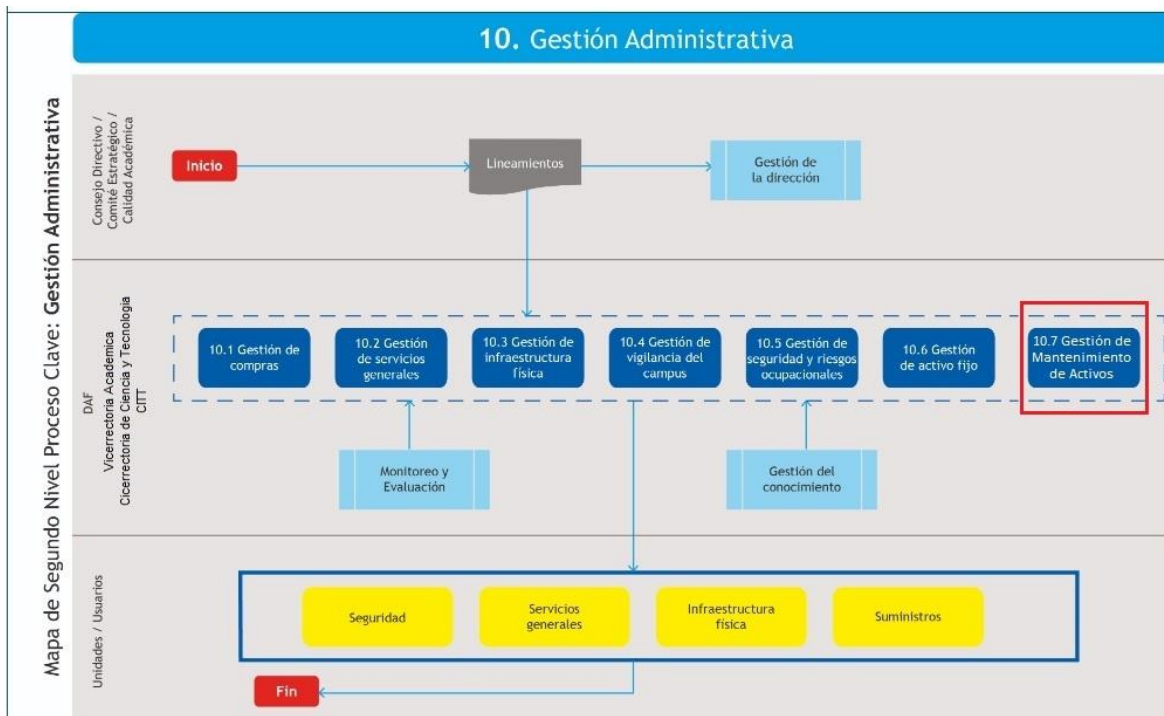


Figura 4.13. Gestiones dentro del Subproceso MPN1-10 Gestión Administrativa
Fuente: Adaptada de (Departamento de Calidad Académica - UDB, 2018) y cambios personales

4.5.2 Propuestas de gestión de activos mantenibles

Criterios de evaluación de importancia/criticidad de los Activos mantenibles

La Tabla 4.16 define los 9 criterios de criticidad que se decidieron según conversaciones con la encargada del Almacén-Bodega, experiencia personal y conocimientos adquiridos en la maestría para determinar la jerarquización y conocer a cuáles activos brindarle mayor prioridad a la hora de programar los mantenimientos de estos.

Tabla 4.16 Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Mantenibles

Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Mantenibles	
1	1. Efectos/Impacto probabilísticos de no tener elemento en práctica – Riesgo de no realizar la práctica o actividad académica de no tener el equipo funcional
2	2. Según el promedio de hrs. estimado de trabajo del activo mantenible a la semana
3	3. Frecuencia promedio de uso en del activo mantenible en prácticas/laboratorios de las materias en general
4	4. Cantidad de mantenimientos Correctivos de fallas o salidas de Activo Fijo según histórico actual manual y conocimiento de encargados
5	5. Según KPI's de Mantenimiento propuestos – en base a Histórico de fallas (OEE, MTBF,MTTR, etc.)
6	6. Kardex – Frecuencia de carga y descarga del elemento mantenible en el inventario (según cuadros/bitácoras en físico llevadas a mano)
7	7. Cantidad del Tipo de elemento mantenible en Almacén-Bodega (Duplicidad, alterno) >=10 -- 4 , >=5 -- 3, >1 -- 2, =1 -- 1
8	8. Tipo de frecuencia de mantenimiento que se ha pensado para el elemento mantenible
9	9. Por el tipo de familia del elemento mantenible – decisión en base a experiencia de encargad/a de bodega

Fuente: Elaboración conjunta con encargada de Almacén Bodega, (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022)

Nota: Estos criterios fueron discutidos con la actual encargada del Almacén-Bodega, así como su punto de vista en cuanto la ponderación y cuantificación para poder tener la retroalimentación del día a día en cada uno de los activo

Tabla 4.17 Extracto de los Activos críticos en rojo según criterios

Item	Código	Tipo	Nombre de Activo Mantenible	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Ponder.
100	SDRD	SPEED DRILL 90	SPEED DRILL PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER 90° - 25,000 RPM (COD. T-7759R)	4	4	4	3	4	4	4	35
111	PBG	PRESNA DE BANCO GIRATORIA	PRESNA DE BANCO GIRATORIA DE 6" (COD. SN)	4	4	4	4	4	3	3	34
531	FRE	FRENADORA	FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - (COD. 12-02829)	4	2	4	4	4	3	3	32
101	MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD. MM300)	3	4	4	4	2	2	4	31
102	MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD. T1)	3	4	4	4	2	2	4	31
103	MULT	MULTIMETRO	MULTIMETRO DIGITAL (COD. T23-2700)	3	4	4	4	2	2	4	31
12	BAT	BATERIA	BATERIA 12V ACIDO PLOMO (COD. 30702)	3	3	3	4	2	4	4	30
20	CVN	CALIBER-VERNIER-MILS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD. 530-372) - ESTUCHE AZUL	4	3	3	4	3	3	2	30
22	CVN	CALIBER-VERNIER-MILS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD. SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	4	3	3	4	3	3	2	30
195	TN	TALADRO NEUMATICO	TALADRO NEUMATICO (COD. T-7788)	4	3	3	4	4	3	2	30
10	CVN	CALIBER-VERNIER-PULGADAS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (1/2") (COD. SN) - CAJA NEGRA	3	3	3	4	4	3	2	29
21	CVN	CALIBER-VERNIER-MILS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD. SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	4	3	3	4	2	3	2	29
25	CARB	CARGADOR DE BATERIAS	CARGADOR DE BATERIAS (COD. 3902SE-3000)	3	3	3	4	1	4	4	29
101	TC	TENAZA PARA CLECOS	TENAZA PARA CLECOS - "ELERRERA" (COD. SN)	4	3	3	4	4	2	2	29
103	TPP	TENAZA PICO DE PATO	TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD. TR)	4	3	4	4	3	3	2	29
105	TEN	TENSIOMETRO	TENSIOMETRO (COD. ACM-200)	4	4	4	2	2	3	3	29
16	CVN	CALIBER-VERNIER-PULGADAS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (1/2") (COD. 530-394)	3	3	3	4	3	3	2	29
96	FLTC	FILTRO COALESCENTE DE COMPRESOR	FILTRO COALESCENTE DE COMPRESOR (COD. T-1864)	4	2	3	4	1	2	4	28
104	REMN	REMACHADORA NEUMATICA	REMACHADORA NEUMATICA (COD. T-4X)	4	3	2	3	3	3	3	28
104	TPP	TENAZA PICO DE PATO	TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD. 84-398)	4	3	4	4	2	3	3	28
86	GPU	GROUND POWER UNIT	GRUPO (POWER UNIT) - BATERIAS 60/2 (COD. 34-709F)	3	4	4	2	1	2	4	27
85	MP	MEJORADOR DE PROFUNDIDAD	MEJORADOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD. 128-101 / DMS60-25)	4	3	1	4	3	3	2	27
131	SDR22	SPEED DRILL RECTO 22K RPM	SPEED DRILL PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 22,000 RPM (COD. T-6757R)	2	4	4	3	1	3	3	27
132	SDR25	SPEED DRILL RECTO 25K RPM	SPEED DRILL PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 25,000 RPM (COD. T-6758R)	2	4	4	3	1	3	3	27
171	CVN	CALIBER-VERNIER-PULGADAS	CALIBER-VERNIER - PIE DE REY (1/2") (COD. CSN 25 1238 / 5900140)	3	3	3	4	1	3	2	26
85	PKB	MODELO Y BASCULA	MODELO Y BASCULA PARA PESAR ANILIN (CESMA (COD. CE-200A) + BASCULA ELECTRONICA DE CAPACIDAD MAXIMA 2,000 KG.	2	2	4	2	2	2	4	26
83	TORQ	TORQUEMETRO	TORQUEMETRO 3/4" (COD. 6734)	2	2	4	3	3	2	4	26

Fuente: Creada por el autor

La Tabla 4.17 muestra que, según los resultados en base a los criterios establecidos, se ha determinado que los Die-Grinder a 90 psi especialmente los de 90 grados, los calibradores y todo lo que tenga que ver con elementos neumáticos son de alta criticidad debido a su alto uso y desgaste en las prácticas de ambas carreras. Cabe notar que la tabla muestra los diferentes colores de jerarquización y aquellos que están en color rojo son de alta criticidad, lo que están en colores medios de color amarillo son de media criticidad y los que están en color verde son de baja criticidad. Es de determinar si se requiere continuar con una gestión de mantenimiento preventivo con los elementos en el área verde, Determinar Frecuencias de Mantenimiento

Determinar Frecuencias de Mantenimiento propuestas

Tabla 4.18 Diferentes Tipos de Frec. de Mto. Prev. y su Simbología Propuesta

Tipo Frec.	Símbolo/Color
SEMANAL	S
QUINCENAL	Q
MENSUAL	M
BIMESTRAL	B
TRIMESTRAL	T
SEMESTRAL	R
ANUAL	A
BIENAL	BN

Fuente: Creada por el autor

Nota:

Los tipos de frecuencia disponibles fueron discutidos y aceptados por la actual encargada del Almacén-Bodega así como su punto de vista en cuanto a los mismos.

Determinar Rutinas de Mantenimiento propuestas

Tabla 4.19 Rutinas de Mantenimiento

RUTINAS DE MANTENIMIENTO	
1	Calibración
2	Calibración Externa de GPS, Gyros y Autopiloto, Inspección de estructura en general, luces LED, tapas protectoras y funcionamiento de motores, Limpieza general y limpieza de posible óxido en motores, Lubricación interna de piezas rotativas
3	Calibración Externa, Estado de carga, revisión de continuidad de cables eléctricos
4	Calibración Externa, Limpieza
5	Calibración, Estado de carga de Batería, Cambio de fusibles y Continuidad de terminales
6	Calibración, Inspección, Limpieza
7	Calibración, Inspección, Limpieza, Revisión de estanqueidad
8	Calibración, Limpieza
9	Calibración, Limpieza, Lubricación
10	Calibración, Limpieza, Revisión del Estado de carga de baterías, Verificación de estado de pantalla, Prueba de Funcionamiento
11	Calibración, Limpieza, Verificación de Funcionamiento
12	Cambio de aceite (6Qt 15W40), Cambio de filtro de aceite, Cambio de filtro de aire, Cambio de filtro de aire secundario, Cambio de filtro de Combustible, Cambio de refrigerante, Cambio de separador de Agua/Combustible -Accionamiento de Engine Heater 5 veces antes de encender, Prueba de encendido, Verificación de nivel de aceite y refrigerante, Inspección de fugas de aceite en motor o sumidero/cartera, Inspección de Panel Electrónico, Revisión de posición de Switch de "Emergency Stop", Revisión de posición de Master Switch en "ON", Revisión de posición y colocación en paralelo de baterías, Revisión de Presión de llantas
13	Inspección visual general y de soldaduras, Engrasado de tornillo sin fin en 4 patas, Prueba de movimiento, prueba de carga y balance
14	Inspección visual, Verificación de estado de pantalla, Verificación del estado de la carga, Prueba de encendido
15	Inspección visual, Verificación de estado de pantalla, Verificación del estado de la carga, Prueba de encendido, Verificación del estado de la cámara
16	Inspección Visual, Verificar el encendido de los LED izquierdo y derecho color rojo, Realizar prueba de la alarma audible, Verificación del voltaje de batería de 9 voltios.
17	Inspección, Limpieza, Lubricación
18	Inspección, Limpieza, Lubricación (Engrase)
19	Inspección, limpieza, prueba de funcionamiento
20	Limpieza
21	Limpieza de Borneras, Revisión de Estado de Carga
22	Limpieza de ventilador
23	Limpieza, Descarbono de Culatas, Cambio de aceite, cambio de filtro de aire. Limpieza y revisión de platos de válvulas de alta presión. Cambio de empaques de platos de válvulas. Cambio de kit de válvula check de tanque, revisión y ajustar tensión de faja

	(Se hace una requisición semestral y anual para su mantenimiento) (Mant Semestral y Anual)
24	Limpieza, Lubricación
25	Limpieza, Lubricación, Revisión de Manecilla, Ajuste de Mordazas
26	Limpieza, Lubricación, Verificación de Niveles de Fluidos, Verificación de Funcionamiento
27	Limpieza, Prueba de Funcionamiento
28	Limpieza, Revisión de filo, Revisión de ferretería
29	Verificación de longitud en Metrología, Limpieza

Fuente: Creada por el autor

Nota:

Los tipos de rutinas disponibles fueron discutidos y aceptados por los encargados Almacén-Bodega, así como su punto de vista en cuanto a los mismos.

Pictograma de Gestión de Mant. Preventivos

El siguiente pictograma, en la Figura 4.14, se utiliza para describir el proceso de la Gestión de Mantenimiento Preventivo Planificado y/o el Mantenimiento Correctivo mediante O.T.'s.

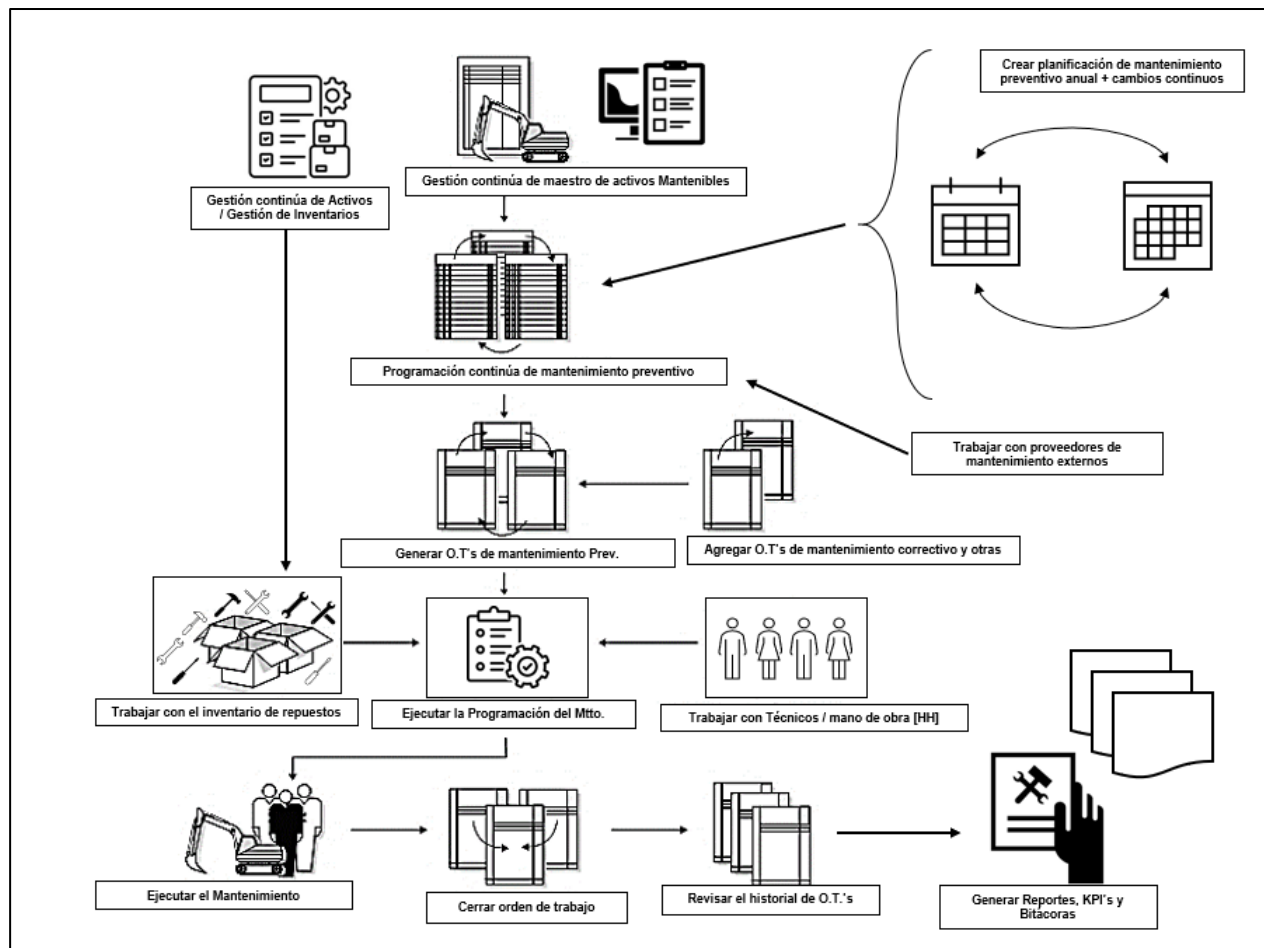


Figura 4.14. Propuesta de Procesos de Mantenimiento de forma simbólica

Fuente: Creada por el autor

Descripción de Proceso:

Anualmente se crea una planificación de mantenimiento preventivo la cual es iterada constantemente, paralelamente se tiene una gestión de activos y gestión de inventarios para conocer todos los activos mantenibles de la facultad. Por ende, se debe gestionar el maestro de activos mantenibles según ingresos nuevos, o descartes. En base a la planificación determinada anteriormente, se crea una programación de mantenimiento preventivo que no es más que la generación de órdenes de trabajo de mantenimiento (O.T's), la asignación de esta orden de trabajo a algún técnico o una cuadrilla de técnicos o trabajar con proveedores externos de mantenimiento para los cuales también se realizará una orden de trabajo. Una vez se haya realizado la asignación de la orden de trabajo (O.T) y por ende las rutinas y las tareas que esta conlleva, es responsabilidad del técnico o la cuadrilla terminar con ella; asimismo por su defecto si está fue dada a un proveedor externo.

En el caso de los mantenimientos internos la orden de trabajo(O.T) debe de llevar los repuestos necesarios para ejecutar dicho mantenimiento, es la responsabilidad del técnico o la cuadrilla de conseguir dichos repuestos en el almacén-bodega. Es responsabilidad del encargado detallarlos en la Orden de Trabajo y conocer sus costos unitarios para proveer al CMMS con esta información.

La orden de trabajo es interna es responsabilidad del técnico o la cuadrilla y deben avisar por medio del CMMS (u otro medio) al encargado del estatus del mantenimiento y por ende de la orden de trabajo. En el caso de los mantenimientos ejecutados por proveedores externos es responsabilidad del encargado de llevar dichas gestiones.

Cuando ya se han realizado todas las rutinas de mantenimiento, es responsabilidad del encargado dar el cierre a la orden de trabajo.

Mediante la información generada en una o varias órdenes de trabajo se puede conocer el historial de los diferentes tipos de mantenimientos que se le han ejecutado a un activo en cuestión.

Mediante la acumulación de todos estos datos se pueden generar reportes, bitácoras y KPI's para que el director de la facultad y el decano como stakeholders pueden revisar el estatus actual de la gestión de mantenimiento y tomar decisiones en cuanto a las estrategias futuras.

Adicionalmente, si un mantenimiento no es planificado, este se vuelve correctivo/reactivo o de emergencia. En este caso si se encuentra la falla durante un mantenimiento preventivo serán los técnicos o el encargado los responsables de generar un ticket y un reporte de fallo del activo en cuestión y se deberá generar una orden de trabajo de mantenimiento correctivo. En el caso que la falla ocurra fuera de un mantenimiento son los docentes los responsables de generar el ticket y el reporte de fallo para la generación de una orden de trabajo de mantenimiento correctivo.

4.5.3 Propuestas de gestión de activos calibrables. (Interna-Int. y Externa – Ext.)

Determinar los criterios de evaluación de importancia/criticidad de los Activos calibrables

La Tabla 4.20 define los 8 criterios de criticidad que se decidieron según conversaciones con la encargada del Almacén-Bodega, experiencia personal y conocimientos adquiridos en la maestría para determinar la jerarquización y conocer a cuáles activos brindarle mayor prioridad a la hora de programar las calibraciones de estos.

Tabla 4.20 Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Calibrables

Criterios de Jerarquización de Criticidad de Equipos Calibrables	
1	Efectos/Impacto probabilísticos de no tener elemento en práctica – Riesgo de no realizar la práctica o actividad académica de no tener el equipo funcional
2	Según el promedio de hrs. estimado de trabajo del activo calibrable a la semana
3	Frecuencia promedio de uso en del activo calibrable en prácticas/laboratorios de las materias en general
4	Cantidad de tiempo. para realizar calibración <ul style="list-style-type: none">• Muy alto -- 4 ,• Alto -- 3,• Medio -- 2,• Bajo -- 1
5	Kardex – Frecuencia de carga y descarga del elemento calibrable en el inventario (según cuadros/bitácoras en físico llevadas a mano)
6	Cantidad del Tipo de elemento calibrable en almacén bodega <ul style="list-style-type: none">• ≥ 10 -- 4 ,• ≥ 5 -- 3,• > 1 -- 2,• $= 1$ -- 1
7	Tipo de frecuencia de calibración que se ha pensado para el activo calibrable
8	Por el tipo de familia del elemento calibrable – decisión en base a experiencia de Directora del Laboratorio de Metrología

Fuente: Elaboración conjunta con encargada de Almacén Bodega, (K. González et al., comunicación personal, 2023 de 2022)

Nota: Estos criterios fueron discutidos con la actual encargada del Almacén-Bodega, así como su punto de vista en cuanto la ponderación y cuantificación para poder tener la retroalimentación del día a día en cada uno de los activos

4.5.4 Determinar la jerarquización de los Activos calibrables según un matriz de jerarquización y los criterios previamente establecidos

Esta Jerarquización puede verse en el ANEXO E, donde los Caliper/Vernier y los Multímetros toman la más a la criticidad por medio del análisis de los criterios anteriormente descritos.

4.5.5 Determinar Frecuencias de calibración para cada activo calibrable

Tabla 4.21 Diferentes Tipos de Frec. de Calibración y su Simbología Propuesta

Tipo Frec.	Símbolo/Color
ANUAL	A
BIENAL	BN

Fuente: Creada por el autor

Pictogramas de proceso de gestión de calibración

El siguiente pictograma, en la Figura 4.15, se utiliza para describir el proceso de la Gestión de calibraciones internas o externas mediante Certificados de calibración.

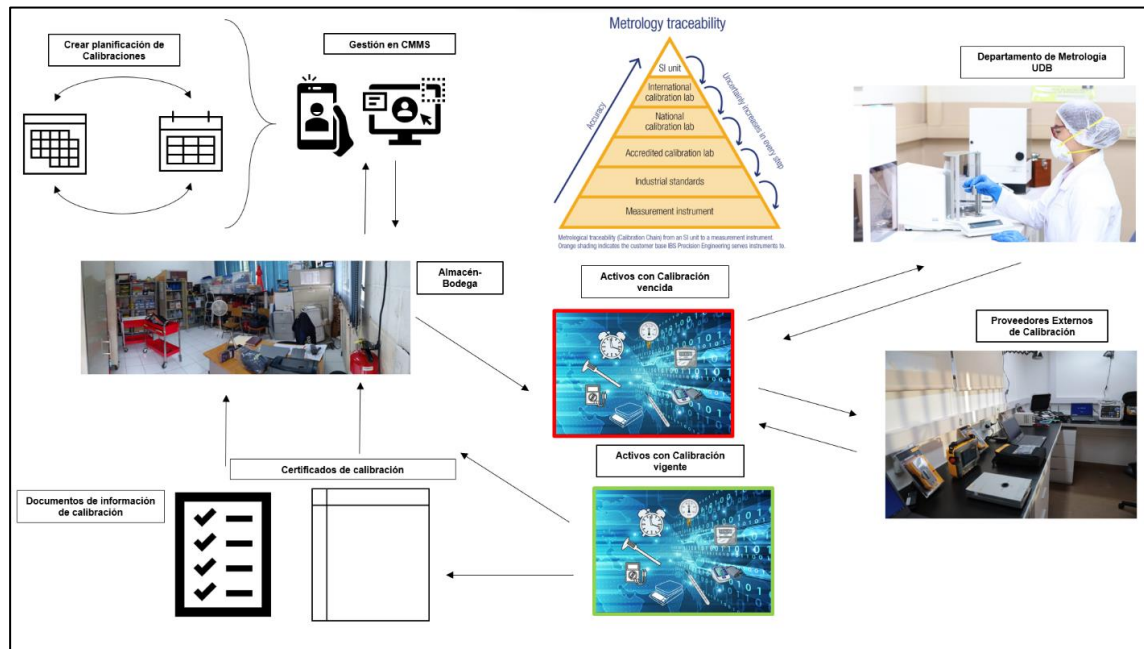


Figura 4.15. Propuesta de Procesos de Gestión de Calibración de forma simbólica

Fuente: Creada por el autor

Descripción de Proceso:

Este proceso es relativamente sencillo ya que la mayoría de los activos son calibrados en el Laboratorio de Metrología y Ensayos de la UDB Campus Soyapango. Sin embargo, anteriormente nunca se había efectuado de la forma correcta y varios de los activos que requieren una calibración fuera de la UDB nunca se ha gestionado su calibración. La Figura 1.4 detalle del proceso de gestión de envío de activos hacia el departamento de meteorología de la universidad don Bosco o a proveedores externos de calibración según la planificación bienal de calibraciones anteriormente

efectuado y mostrada en el ANEXO F, asimismo mediante la calendarización mostrada en el CMMS. El proceso detalla que una vez que un activo ha cumplido su fecha límite en el certificado de calibración este debe ser enviado de nuevo a ser calibrado. Después de la calibración, se espera un documento con la información de la calibración y un certificado actualizado de dicha calibración y el retorno del activo a su posición original ya establecida. Diagramas de diseño de datos y proceso para Diseño de un CMMS

Como un aporte adicional para la propuesta piloto del CMMS desarrollada en el presente trabajo, se presentan en esta sección los diagramas técnicos de modelos de datos y procesos que permitirán automatizar las propuestas de gestión planteadas en este trabajo. Estos diagramas técnicos se construyeron luego de un proceso de investigación y aprendizaje de los principales formatos y sus reglas de construcción, algo que si bien no formó parte directa del programa de MGMI, si formó parte de la investigación de marcos teóricos y referenciales para preparar una propuesta más robusta y que pudiera ser implementada como piloto dentro de la Facultad de Aeronáutica de la UDB. Los elementos teóricos considerados para su construcción están más desarrollados en la sección 1.17 Diagramas esenciales para el diseño de Bases de Datos y Sistemas.

4.6 Propuesta de Diseño de un CMMS + Diagramas esenciales

Como un aporte adicional para la propuesta piloto del CMMS desarrollada en el presente trabajo, se presentan en esta sección los diagramas técnicos de modelos de datos y procesos que permitirán automatizar las propuestas de gestión planteadas en este trabajo. Estos diagramas técnicos se construyeron luego de un proceso de investigación y aprendizaje de los principales formatos y sus reglas de construcción, algo que, si bien no formó parte directa del programa de MGMI, si formó parte de la investigación de marcos teóricos y referenciales para preparar una propuesta más robusta y que pudiera ser implementada como piloto dentro de la Facultad de Aeronáutica de la UDB. Los elementos teóricos considerados para su construcción están más desarrollados en la sección 1.17 Diagramas esenciales para el diseño de Bases de Datos y Sistemas.

Considerando que:

- La UDB ya utilizó en el pasado un CMMS, corroborando sus beneficios y ventajas
- Los costos de los CMMS Comerciales son elevados y/o vinculados a licencias de uso por usuario o por consulta en línea, que pueden no ser justificables para los presupuestos de las unidades de la Facultad de Aeronáutica.
- La UDB tiene a la vez una oferta de carreras en ingeniería y otras áreas técnicas con capacidad suficiente para desarrollar de forma personalizada y compatible con otros sistemas actuales cualquier propuesta de CMMS.
- Los conceptos técnicos y teóricos aprendidos y desarrollados durante el curso de formación de la MGMI son completamente aplicables en este proyecto desarrollado dentro de la UDB, pero que, para efectos de reforzar y reafirmar su aplicabilidad, se podrían beneficiar con una propuesta de diseño para piloto de implementación.
- El presente proyecto no tiene dentro de sus alcances la capacidad de desarrollar en toda su capacidad un CMMS funcional, pero si la capacidad de desarrollar una propuesta técnica para un piloto a pequeña escala que sirva a la vez de demostración y validación, se presenta a continuación los resultados finales del desarrollo interno de los modelos esenciales para una futura expansión y desarrollo de CMMS dentro de la UDB.

El CMMS propuesto se explicará a partir de los diagramas esenciales ERD y DFD. La razón de ello es que ambos diagramas esenciales permitirán una libre implementación física posterior.

4.6.1 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS - Gestión de Mantenimientos Preventivo (MS Excel)

La Gestión de Mantenimientos Preventivos mediante MS Excel® (por el momento) puede verse en el ANEXO G. La Tabla 4.22 muestra los atributos de la gestión de mantenimientos preventivos y su descripción. En el caso del Semáforo (Status) este puede estar: “Atrasado” o “en tiempo” según la fecha que se realizó el último mantenimiento y la fecha máxima según la frecuencia propuesta.

Tabla 4.22 Atributos de la Gestión de Mantenimiento Preventivo

Atributo	Descripción
CÓDIGO ÚNICO DE MANT. / CALIB (PRELIM)	Código único preliminar de Mantenimiento
CÓDIGO DE FAM. DE TIPO MANT.	Código de Familia de Activo
TIPO	Tipo de Activo según Código de familia
NOMBRE DE ACTIVO MANTENIBLE	Nombre estándar del activo
MARCA	Marca del activo
UBICACIÓN	Ubicación Primaria del activo
CANTIDAD	Cantidad del activo
MANT.	Definición si el activo es Mantenible [SI/NO]
CALIB.	Definición si el activo es Calibrable [SI-INT/SI-EXT/NO]
RUTINAS DE MANTENIMIENTO	Rutinas De Mantenimiento del activo
ESTADO	Estado del activo
OBSERVACIONES	Observaciones del activo
Frecuencia Mantenimiento	Frecuencia Mantenimiento del activo
Fecha que se realizó último Mantenimiento(*O punto cero donde inicia Mantenimiento)	Fecha Que Se Realizó último Mantenimiento (*O Punto Cero Donde Inicia Mantenimiento) del activo
Fecha Máxima de Próximo Mantenimiento	Fecha Máxima De Próximo Mantenimiento del activo
Semáforo (Status)	Semáforo (Status) del Mantenimiento Preventivo
Fecha de Próximo Mantenimiento (Propuesta)	Fecha propuesta para próximo mantenimiento
Semáforo (Fecha Propuesta)	Semáforo para la Fecha Propuesta para próximo mantenimiento

Fuente: Creada por el autor

4.6.2 Determinación de roles para cada tipo de usuario.

Los diferentes tipos de usuarios propuestos son 4 para que el sistema sea simple y asimismo porque según se analiza la necesidad no hay más actores o agentes que interactuarían con el sistema. Si después se necesita más roles se pueden agregar y determinar sus permisos

Director: Este tendría mayor orden jerárquico y asimismo un rol más de supervisión y solamente de ejecución cuando sea necesario, asimismo un rol de administrador, gestor de usuarios, asignador de roles, revisor de KPI's, bitácoras y reportes y verificador de funcionamiento general del CMMS de forma macro y no del día a día a menos que sea requerido por fuerza mayor.

Encargado (Jefe de Mantenimiento): La misión del Encargado como jefe de mantenimiento es mantener a los técnicos enfocados y comprometidos con las responsabilidades que competen a cada uno. Es un rol principalmente administrativo e incluye:

- Programar tareas de mantenimiento.
- Velar por el cumplimiento de las políticas de seguridad industrial de la compañía y las legislaciones locales.
- Garantizar que las jornadas de mantenimiento cumplan con los estándares de calidad predispuestos.
- Gestionar el presupuesto de mantenimiento.
- Contratar especialistas o subcontratistas para trabajos de mantenimiento específicos.
- Buscar o desarrollar constantemente mejores métodos para hacer las cosas y ahorrar costos a la compañía.
- Localizar y negociar repuestos.

Técnico / Técnico de Mantenimiento Industrial:

Sus responsabilidades comprenden la reparación y revisión periódica de la maquinaria. Si desglosamos su trabajo, podríamos resumirlo en las siguientes actividades:

Asegurar la correcta operación de la maquinaria realizando actividades de mantenimiento planificado y no planificado.

Ocuparse del mantenimiento preventivo de todos los equipos.

Estar disponible en caso de reparaciones de emergencia o eventos con riesgo potencial de forzar un paro productivo.

Saber leer y analizar manuales de procedimiento técnico, al igual que órdenes de trabajo y esquemas eléctricos.

Docente:

El docente debe enviar una solicitud o ticket para reportar la falla encontrada en un activo durante una práctica, asimismo, informar cambios de necesidad de activos en sus prácticas al encargado.

4.7 Determinación de Usuarios del CMMS (Permisos según roles)

La Tabla 4.23 muestra los tipos de permisos que puede tener un usuario dentro del CMMS propuesto

Tabla 4.23 Tipos de permisos para usuarios del CMMS propuesto

Edicion Limitada + Autorizacion
Permiso de Gestion
Permiso de Gestion + Autorizacion
Permiso de Gestion + Supervision
Permiso de Gestion + Vista
Permiso de Gestion Total
Permiso de Gestion Total + Edicion
Permiso de Solicitud + Vista
Permiso de Uso
Permiso de Uso + Edicion de Cierre
Permiso de Uso + Edicion Limitada
Permiso de Uso y Edicion Limitada
Permiso de Vista
Permiso de vista limitada
Permiso Personal + Autorizacion
Permiso Personal + Edicion
Permiso Total

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.24 muestra los tipos de permisos asignados en esta primera iteración propuesta para cada uno de los módulos que se piensa pudiera tener el CMMS en un futuro.

Tabla 4.24 Tipos de permisos para cada tipo de usuario del CMMS propuesto

Propuesta inicial de Permisos de Usuarios de CMMS de Mantenimiento y Calibraciones en los diversos Módulos				
Módulos de Software	Tipos de Usuarios de CMMS de Mantenimiento y Calibraciones			
	Director/a	Encargado/a	Técnico	Docente
Modulo 1 - Inicio / Calendario y Asignaciones	Permiso de Gestion + Vista	Permiso de Gestion + Vista	Permiso de Vista	Permiso de Vista
Modulo 2 - Perfil Personal	Permiso Personal + Autorizacion	Permiso Personal + Edicion	Permiso Personal + Edicion	Permiso Personal + Edicion
Modulo 3 - Gestión de Mantenimientos	Edicion Limitada + Autorizacion	Permiso de Gestion Total	Permiso de Uso y Edicion Limitada	Permiso de Uso + Edicion Limitada
Modulo 4 - Gestión de Calibraciones	Edicion Limitada + Autorizacion	Permiso de Gestion Total	Permiso de Uso y Edicion Limitada	Permiso de Uso + Edicion Limitada
Modulo 5 - Gestión de Usuarios	Permiso de Gestion Total + Edicion	Permiso de Solicitud + Vista	Permiso de Vista	Permiso de Vista
Modulo 6 - Gestión de Activos	Permiso de Gestion + Autorizacion	Permiso de Gestion Total	Permiso de Vista	Permiso de Vista
Modulo 7 - Gestión de Ubicaciones	Permiso de Uso + Edicion Limitada	Permiso de Gestion + Vista	Permiso de Vista	Permiso de Vista
Modulo 8 - Alertas/Avisos	Permiso Total	Permiso Total	Permiso de Uso y Edicion Limitada	Permiso de Vista
Modulo 9 - Solicitudes	Permiso de Gestion + Autorizacion	Permiso Total	Permiso de Solicitud + Vista	Permiso de Solicitud + Vista
Modulo 10 - Ordenes de Trabajo de Mant. (O.T.'s)	Permiso Total	Permiso Total	Permiso de Uso + Edicion de Cierre	Permiso de Vista
Modulo 11 - Índices de Mantenimiento (KPI's)	Permiso de Gestion + Supervision	Permiso Total	Permiso de vista limitada	Permiso de Vista
Modulo 12 - Reportes	Permiso Total	Permiso de Gestion	Permiso de vista limitada	Permiso de vista limitada
Modulo 13 - Bitácoras	Permiso Total	Permiso de Gestion	Permiso de Vista	Permiso de vista limitada
Modulo 14 - Cerrar sesión	Permiso de Uso	Permiso de Uso	Permiso de Uso	Permiso de Uso

Fuente: Creada por el autor

4.7.1 Diagrama de Entidad-Relación (ERD) para el CMMS Propuesto

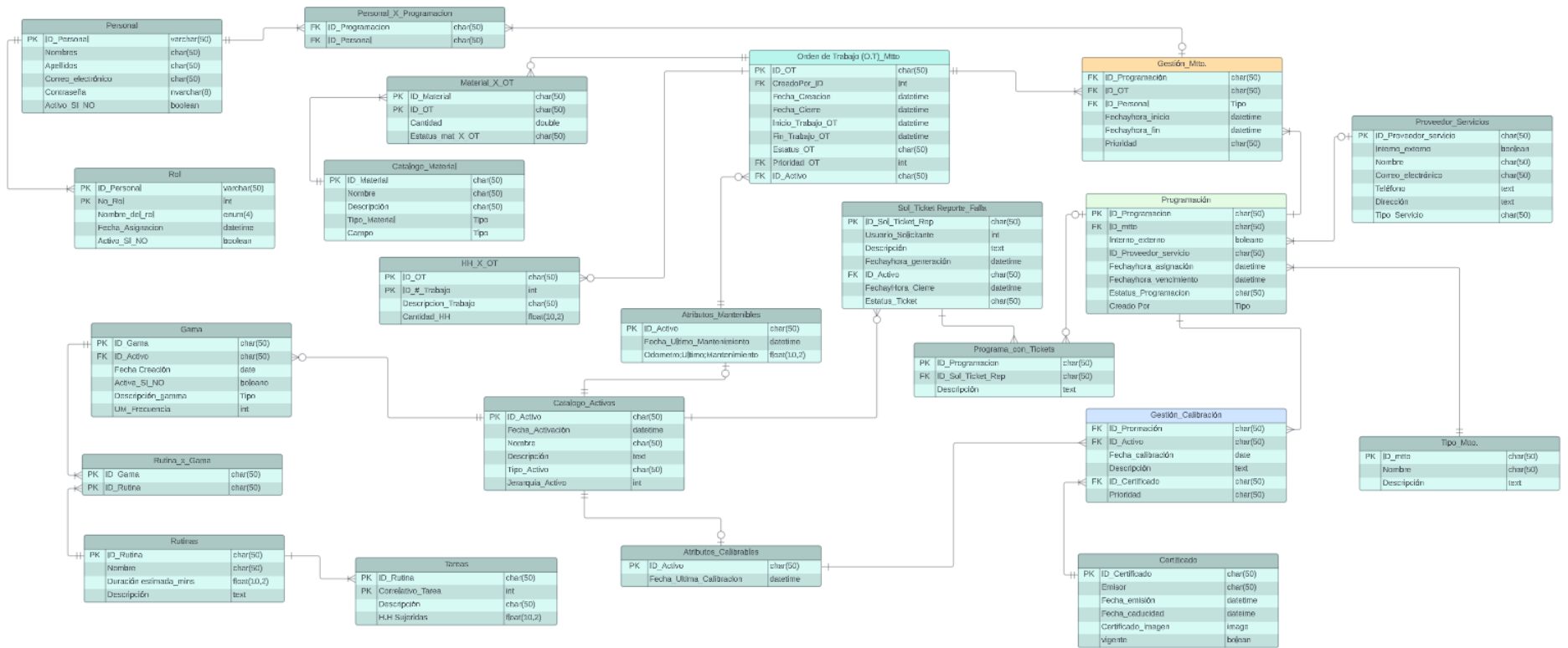


Figura 4.16 Propuesta de Diagrama Entidad – Relación (ERD) para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house”

Fuente: Creada por el autor

Descripción del Diagrama:

A través de un diagrama de Entidad-Relación (ERD) es posible definir a nivel de diagrama esencial, cuáles serán las relaciones jerárquicas para una futura implementación de un sistema computarizado que pueda ser desarrollado por el departamento de IT en la Universidad Don Bosco el CTIC o similar.

Esta propuesta, se desarrolló considerando a la vez las limitaciones y alcances que debería tener todo sistema CMMS, siendo que las entidades representan elementos que son normativos para guardar y almacenar información, los atributos representan sus características concretas y las relaciones entre ellas determinan el enfoque relacional de la base de datos que pretende llegar a convertirse en el CMMS de la Facultad de Aeronáutica.

Después de algunas iteraciones en el diseño general, una normalización de los datos, arreglos en los posicionamientos de las entidades y líneas descriptoras de las relaciones, se inicia por la entidad llamada "Catálogo_Activos", la cual detalla información del activo, su tipo y su jerarquía. Según el tipo (Mantenible, Calibrable o ambos), permite incurrir en otras dos entidades llamadas "Atributos_Mantenibles" y/o "Atributos_Calibrables" las cuales permiten brindar más información sobre el activo, pero de naturaleza y necesidades diferentes y por ende divididas.

Se continúa por la entidad llamada "Personal", la cual detalla información de las personas que estarán dentro de la programación y ende la gestión de Mantenimiento y asignados a diversas Ordenes de Trabajo (O.T) específicamente. También, se tiene una tabla relacional para poder asignar múltiples personas a una gestión de mantenimiento y por ende a una Orden de Trabajo (O.T), si así se requiriese.

Al centro de todo el diagrama se encuentra la entidad "Programación". Esta entidad se vuelve clave dentro de todo el diagrama, ya que es la que permite asignar diferentes gestiones. Es por ello que se le ha puesto un atributo de tipo "boolean" para determinar si la gestión es interna o externa.

En el caso que se requiera de un proveedor de servicios externo se ha establecido una entidad llamada "Proveedor_Servicios", esta detalla la información general y el tipo de servicio que ofrece este proveedor.

Asimismo, la entidad "Programación" está unida a otras dos entidades claves llamadas "Gestión_Mtto." y "Gestión_Calibración".

Ambas gestiones pueden ser programadas (típicamente por el encargado o en algunas ocasiones por el director según necesidad) para ser realizadas internamente o externamente dependiendo del activo en cuestión y de las necesidades y la capacidad de ejecución dentro de la UDB.

Hay diferencias iniciales por las cuales se han dividido las gestiones. Lo primero es que hay algunos activos que solamente son mantenibles, hay otros activos que solamente son calibrables, y finalmente hay otros activos que son mantenibles y calibrables por su naturaleza intrínseca.

En el caso de los activos mantenibles estos siempre generarán una orden de trabajo (O.T.) relacionada, así el trabajo fuese realizado internamente por una cuadrilla de técnicos o externamente por un proveedor de servicios.

Ya que todos los mantenimientos generan orden de trabajo se ha establecido una entidad llamada "Orden de Trabajo (O.T)_Mtto." con atributos que incluyen la fecha de creación, la fecha de cierre, la fecha del inicio de trabajo, la fecha de finalización del trabajo, el estatus de la misma, la prioridad de la misma, y el activo al que está relacionada.

Para poder conocer los costos relacionados a la orden de trabajo se han determinado las entidades nombradas "Catálogo material" y "Material _X_OT" que define todos los materiales o repuestos que posiblemente deberán ser utilizados para realizar el mantenimiento (no importando el tipo) y "HH_X_OT" con la cual se podrán acumular las horas de trabajo necesarias para realizar un mantenimiento. Junto el costo de material y el costo de horas hombre se incluirían y están relacionadas a la orden de trabajo para conocer el costo del mantenimiento. Esto permitirá en el

módulo de reportes poder generar "queries" que detalle en los costos asociados a un activo en cuestión.

También, existe otra entidad llamada "Tipo_Mtto." para definir si el mantenimiento es preventivo planificado, correctivo no planificado o reactivo, correctivo planificado, TPM, y en un futuro predictivo

Para el caso de los mantenimientos preventivos planificados y las calibraciones se tiene la entidad "Gama", la cual como fue definida en el CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO, pueden ser asignadas a un activo en cuestión y deben tener asignadas una periodicidad o frecuencia donde se asignan las rutinas a efectuarse y las tareas de esas rutinas. Por ello, se establecieron las entidades llamadas: "Rutinas", "Rutina_x_Gama

En el caso de los activos calibrables estos no generan una orden de trabajo y solamente son asignados a un proveedor de servicios ya sea un proveedor interno en este caso el departamento de metrología de la universidad Don Bosco o un proveedor de servicios externo. Cualesquiera fuere el caso, los proveedores deben de presentar un certificado con el nombre del activo en cuestión, la información pertinente a la calibración, la fecha de emisión, la fecha de caducidad y otra información que el proveedor vea conveniente. Es por ello que se ha designado una entidad llamada "certificado

Que permitirá este diseño:

El diseño de datos propuesto presenta las siguientes ventajas:

- Está centrado en el almacenamiento y la programación de mantenimiento, con atributos comunes, pero diferenciando cuando se trate de gestión de calibración y gestión de mantenimiento.
- El diseño propuesto permitirá asignar O.T. únicamente a las gestiones de mantenimiento, y estas a su vez se conectan con los activos mantenibles. El mismo diseño diferencia las relaciones con los activos calibrables, directamente relacionados con las gestiones de calibración.

- El sistema es escalable y permite su implementación en el lenguaje de programación que seleccione la UDB.
- Se desarrolló la propuesta intentando llevar el diseño final a su tercera forma normal (3FN), que dentro del lenguaje de los desarrolladores de sistema les evitará redundancias y facilitará la implementación de las bases de datos de naturaleza relacional.

4.7.2 Diagrama de Flujo de Datos (DFD) para el CMMS Propuesto

Diagrama de Flujo de Datos Nivel 0 – Diagrama de Contexto

Diagrama de Flujo de datos Nivel 0 - Diagrama de Contexto

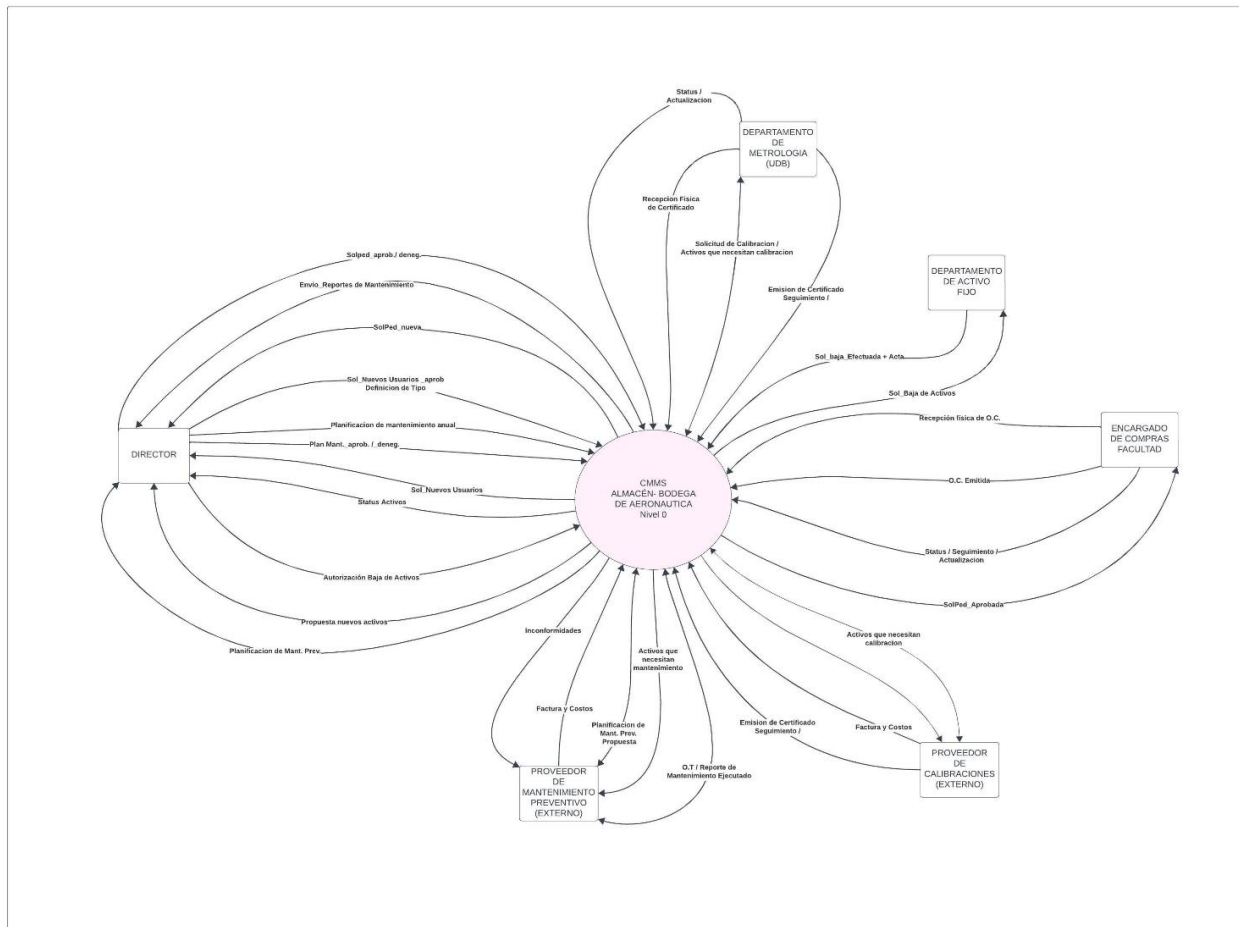


Figura 4.17. Propuesta de Diagrama de Flujo de datos (DFD) Nivel 0 – Diagrama de Contexto para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house”

Fuente: Creada por el autor

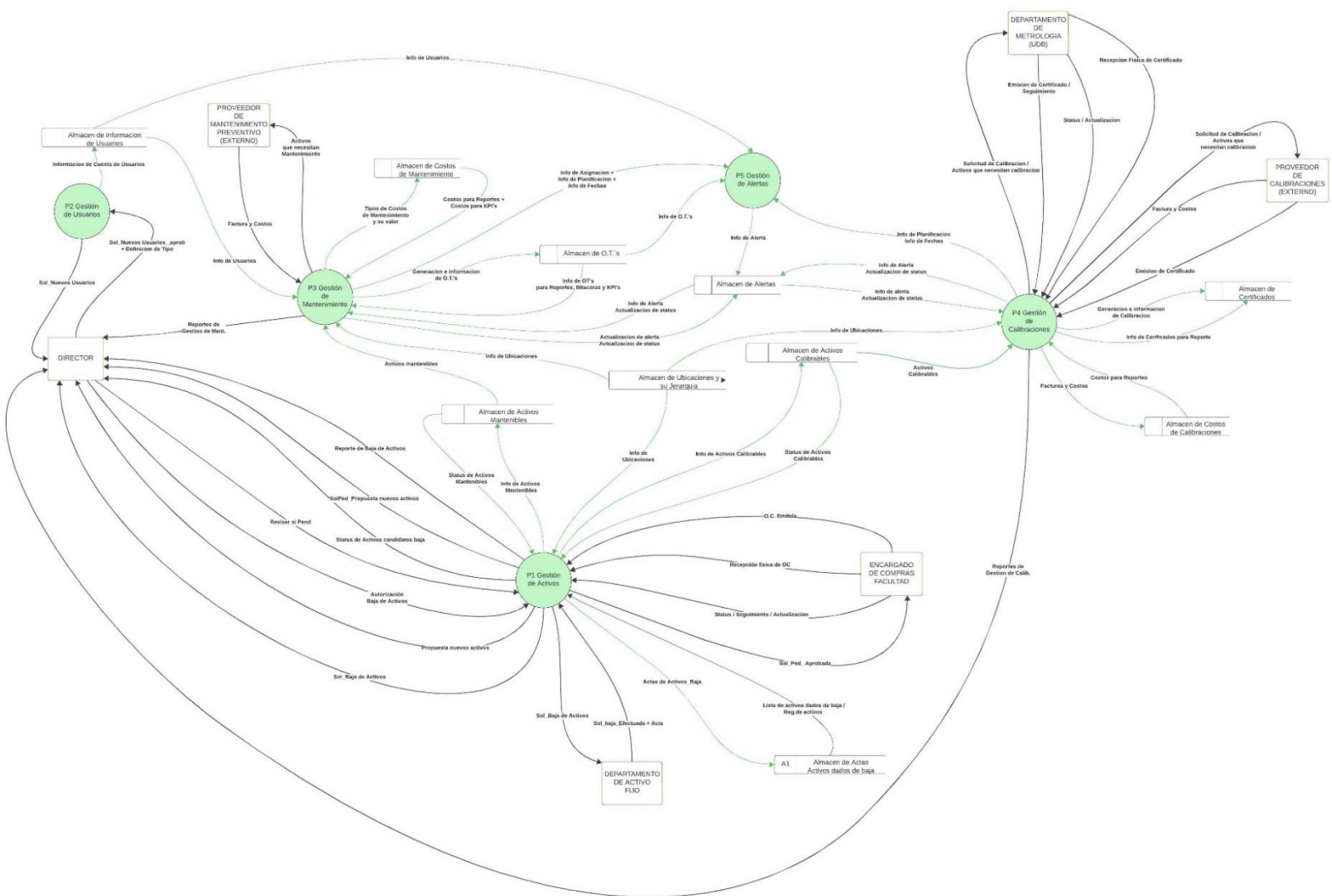


Figura 4.18. Propuesta de Diagrama de Flujo de datos (DFD) Nivel 1 – para la propuesta de Generación de un CMMS hecho “in-house”
 Fuente: Creada por el autor

Descripción del Diagrama:

A diferencia del diagrama Entidad-Relación (ERD), el diagrama de Flujo de datos (DFD) tiene como objetivo concentrarse en los principales procesos que debe realizar el sistema, así como los flujos de información principales a desarrollar.

Al igual que con el ERD, el DFD es también un diagrama esencial, independiente del código de programación o software con el que finalmente se desarrolle la implementación física dentro de la UDB.

El diagrama en esta ocasión consta de diversos niveles. El primer nivel conocido como diagrama de contexto o nivel 0 (Figura 4.17), permite entender que la propuesta tendrá como límites de sistema las interacciones mayores con los denominados agentes externos. Este diagrama no muestra la totalidad de los agentes, pero sí los principales con los que el sistema CMMS deberá interactuar, como son:

- Director de Facultad (en su rol como aprobador de diversos flujos)
- Proveedor de mantenimiento Externo (proveedores que emiten y reciben información de los activos a los que se les solicita dar mantenimiento)
- Proveedores de Calibración (proveedores que emiten y reciben información de los activos a los que se les solicita dar calibración)
- Encargado de compras de la facultad (Agente que deberá en su momento responder sobre solicitudes de Órdenes de Compra y/o estatus de pedidos)
- Departamento de Activo Fijo (Para gestionar altas y bajas de activos, una vez implementado el CMMS)
- Departamento de Metrología (Agente que, si bien a nivel de datos estará considerado dentro de los proveedores de calibración, tiene roles específicos de tratamiento de información para calibraciones internas).

Respecto al diagrama presentado en la Figura 4.18, este representa un “zoom in” dentro del detalle de la propuesta de sistema, incluyendo los principales subprocesos:

- P1: Gestión de Activos (Proceso de gestión directamente encargado de administrar los estatus de activos, interactuando con el Director, Encargados de Compras, Departamento de Activo Fijo y los respectivos almacenes – que se relaciona con las entidades de activos del ERD).
- P2: Gestión de Usuarios (donde se definirán los usuarios detallados en la sección 1.33 Determinación de Usuarios del CMMS + Roles y sus permisos) Este proceso conecta flujos de información generados tanto por un agente externo (p.e. el Director) y la base de datos de Usuarios.
- P3: Gestión de Mantenimiento (subproceso derivado de la programación de mantenimiento, incluye las interacciones que deberá tener el CMMS para poder asignar el mantenimiento tanto a un proveedor interno con su respectiva O.T., como un proveedor externo).
- P4: Gestión de Calibraciones (subproceso derivado de la programación de calibración donde los activos directamente son asignados a proveedores de calibraciones, pero dependiendo del activo, podrá realizar las mismas funciones con los proveedores internos del agente departamento de metrología de la UDB).

Que permitirá este diseño:

El diseño de procesos propuesto presenta las siguientes ventajas:

- Está centrado en la gestión de programación, derivado en los procesos de gestión de mantenimiento y gestión de calibración.
- El diseño propuesto permitirá asignar O.T a diferentes técnicos, y el estatus del mismo dependerá de lo que el usuario (programador) le alimente. En caso de que un trabajo no pueda ser realizado por un técnico, el programador podrá re-asignarlo a otro técnico permitiendo amplia flexibilidad.
- El sistema es escalable y permite su implementación en el lenguaje de programación que seleccione la UDB, permitiendo interconectar las tablas del ER con el diseño final del DFD

- Permitirá poder proponer al departamento de IT en la Universidad Don Bosco el CTIC o similar, cuáles serían los agentes que estarían interactuando con el CMMS propuesto, cómo serían los procesos que transformarían los datos y que estarían involucrados, así como los almacenes de datos para guardar dichos datos; esto según la notación descrita en anteriormente en el CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Los diagramas esenciales anteriores, partieron que se creará un demo a manera de piloto para poder poner en práctica los elementos diseñados.

Es importante notar que este PILOTO tiene una intención demostrativa, y no se constituye como un resultado o producto final de este documento, ya que no era parte del alcance el desarrollar el CMMS programado y en funcionamiento.

El piloto desarrollado permite evidenciar que los elementos considerados dentro de las mejoras ya implementadas (5S, diseño de códigos para los activos mantenibles y calibrables etc.) pueden fácilmente ser incorporados a un diseño totalmente personalizado de CMMS en la UDB:



Figura 4.19. Imagen inicial de Módulo Piloto demostrativo CMMS
Fuente: Creada por el autor

Los módulos desarrollados en el piloto son:

- Módulo de Perfil Personal
- Módulo de Usuarios
- Módulo de Administración y carga de base de datos

- Módulo de OT: Para creación de Órdenes de Trabajo)
- Módulo de Programación de Trabajo: (para definir si es mantenimiento interno o externo, calibración, y tipos de mantenimiento)
- Módulo de Reportes (para la edición de reportes de gestión, bitácoras, historial y KPI's)
- Módulo de Cierre de Sesión

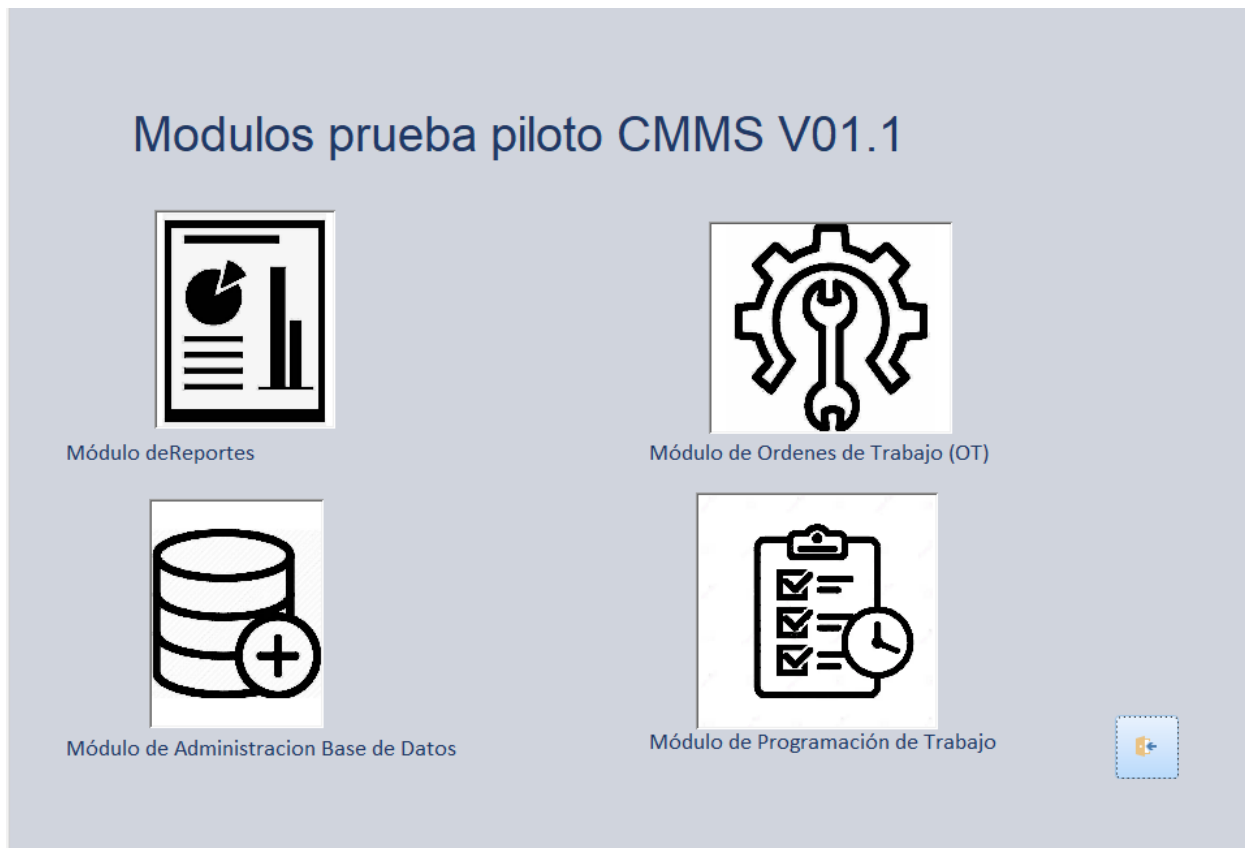


Figura 4.20. Imagen de los iconos para ingresar a los Módulos del CMMS V01.1

Fuente: Creada por el autor

4.8 Determinación de Activos Mantenibles y Calibrables (MS Excel)

Los Activos Mantenibles y Calibrables determinados según los criterios descritos anteriormente y mediante una segregación del catálogo general se muestran en el ANEXO E.

4.9 Determinación de Rutinas de O.T para cada Activo Mantenible (MS Excel)

Estas rutinas están definidas anteriormente en el Capítulo de Metodología en la Tabla 4.19, se ha incluido una rutina de calibración para denotar y poder filtrar aquellos que son calibrables.

4.10 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS - Planificación anual de Mantenimientos Preventivo (MS Excel)

La Planificación Anual de Mantenimientos Preventivos puede verse en el ANEXO F

4.11 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS – Planificación bienal de Calibraciones (MS Excel)

La Planificación bienal de Calibraciones puede verse en el ANEXO F

4.12 Propuesta de Implementación de Prueba Piloto con Software CMMS – Gestión de Calibraciones (MS Excel)

La Gestión de Calibraciones mediante MS Excel® (por el momento) puede verse en el ANEXO G. La Tabla 4.25 muestra los atributos de la gestión de mantenimientos preventivos y su descripción. En el caso del Semáforo (Status) este puede estar: “Atrasado” o “en tiempo” según la fecha que se realizó el último mantenimiento y la fecha máxima según la frecuencia propuesta.

Tabla 4.25 Atributos de la Gestión de Calibraciones

Atributo	Descripción
CÓDIGO ÚNICO DE MANT. / CALIB (PRELIM)	Código único preliminar de Mantenimiento
CÓDIGO DE FAM. DE TIPO MANT.	Código de Familia de Activo
TIPO	Tipo de Activo según Código de familia
NOMBRE DE ACTIVO MANTENIBLE	Nombre estándar del activo
MARCA	Marca del activo
UBICACIÓN	Ubicación Primaria del activo
CANTIDAD	Cantidad del activo
MANT.	Definición si el activo es Mantenible [SI/NO]
CALIB.	Definición si el activo es Calibrable [SI-INT/SI-EXT/NO]
Frecuencia Calibración	Frecuencia Mantenimiento del activo
Fecha que se realizó ultima Calibración (*O punto cero donde inicia Calibración)	Fecha Que Se Realizó Último Mantenimiento (*O Punto Cero Donde Inicia Mantenimiento) del activo
Fecha Máxima de Próxima Calibración	Fecha Máxima De Próximo Mantenimiento del activo
Semáforo (Status)	Semáforo (Status) del Mantenimiento Preventivo
Fecha de Próxima Calibración (Propuesta)	Fecha propuesta para próximo mantenimiento
Semáforo (Fecha Propuesta)	Semáforo para la Fecha Propuesta para próximo mantenimiento
Orden de Calibración 2021 -2023	Orden propuesto de Calibraciones Internas por Laboratorio de Metrología UDB

Fuente: Creada por el autor

4.13 Propuestas descriptivas de los Procesos de Orden de Trabajo (O.T.)

La propuesta es que todos los mantenimientos (realizados por técnicos internos o proveedores externos) deben registrarse por medio de una Orden de Trabajo (O.T) para su trazabilidad, generación de reportes, indicadores, bitácoras e historial para análisis futuros.

4.13.1 Propuesta de proceso de Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Preventivo (Programado)

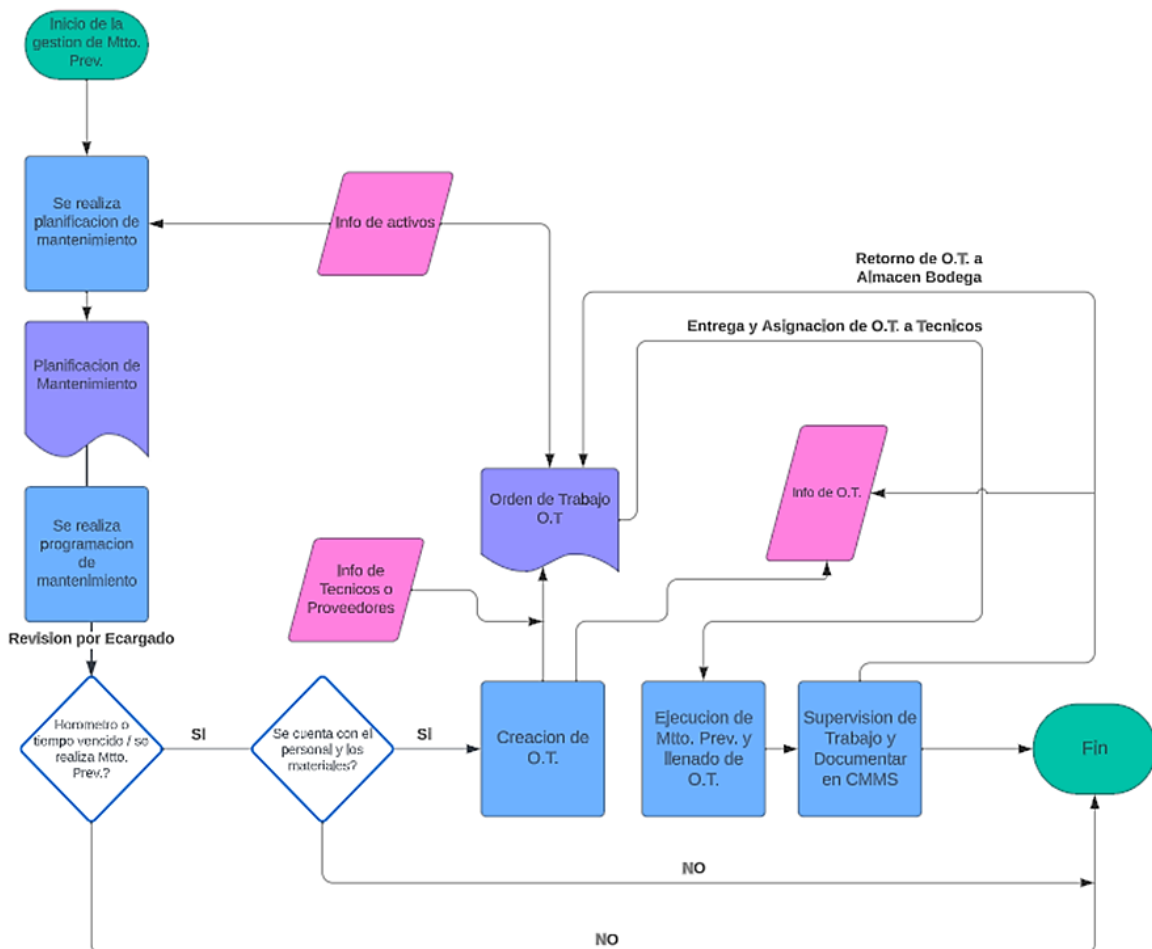


Figura 4.21. Diagrama de Flujo inicial de la Propuesta de proceso de Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Preventivo

Fuente: Creada por el autor

La **Orden de Trabajo de mantenimiento preventivo planificado/programado** se genera en base a la planificación de mantenimiento anuales de cada activo. Cada activo puede tener una o varias frecuencias en algunos casos “acopladas” una encima de la otra según la necesidad de efectuar

gamas de mantenimiento. Como fue explicado anteriormente las gamas de mantenimiento están basadas en el activo y en la frecuencia determinada. Cada gama de mantenimiento tiene rutinas y tareas asignadas hacia el activo en cuestión que deben de ser efectuadas bajo la orden de trabajo asignada y programada. Esta planificación, programación, gestión de gamas, gestión de rutinas, gestión de tareas, y la administración general de órdenes de trabajo recae principalmente sobre el encargado de mantenimiento y la orden de trabajo (O.T) como documento principal de la gestión así el mantenimiento sea asignado a un equipo interno de técnicos o externo mediante proveedores.

Al ser asignada una orden de trabajo de mantenimiento preventivo programado es responsabilidad del técnico o de la cuadrilla de ejecutar todas las rutinas y por ende las tareas denotadas en dicha orden. Así mismo es su responsabilidad informar al encargado de la ejecución de la misma para que sea el encargado quien dé el cierre final de la orden de trabajo y revise la calidad de la ejecución del trabajo. Solo él o el director en función de encargado podrá cerrar la orden de trabajo.

En base a la planificación anual de Mantenimientos, una vez se haya realizado la asignación de la orden de trabajo y por ende las rutinas y las tareas que esta conlleva, es responsabilidad del técnico o la cuadrilla terminar con ella; asimismo por su defecto si está fue dada a un proveedor externo.

En el caso de los mantenimientos internos la orden de trabajo debe de llevar los repuestos necesarios para ejecutar dicho mantenimiento, es la responsabilidad del técnico o la cuadrilla de conseguir dichos repuestos en el almacén-bodega.

Si la orden de trabajo es interna es responsabilidad del técnico o la cuadrilla de avisar por medio del CMMS al encargado del estatus del mantenimiento y por ende de la orden de trabajo. En el caso de los mantenimientos ejecutados por proveedores externos es responsabilidad del encargado de llevar dichas gestiones.

Cuando ya se han realizado todas las rutinas de mantenimiento, es responsabilidad del encargado dar el cierre a la orden de trabajo. Mediante la información generada en una o varias órdenes de trabajo se puede conocer el historial de los diferentes tipos de mantenimientos que se le han ejecutado a un activo en cuestión

Mediante la acumulación de todos estos datos se pueden generar reportes, bitácoras y KPI's para que el director de la facultad y el decano como stakeholders puedan revisar el estatus actual de la gestión de mantenimiento y tomar decisiones en cuanto a las estrategias futuras. Adicionalmente, Si un mantenimiento no es planificado este se vuelve correctivo/reactivo o de emergencia. En este caso si se encuentra la falla durante un mantenimiento preventivo serán los técnicos o el encargado los responsables de generar un ticket y un reporte de fallo del activo en cuestión y se deberá generar una orden de trabajo de mantenimiento correctivo. En el caso que la falla ocurra fuera de un mantenimiento son los docentes los responsables de generar el ticket y el reporte de fallo para la generación de una orden de trabajo de mantenimiento correctivo

4.13.2 Propuesta de proceso Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Correctivo debido a falla durante un Preventivo

La **Orden de Trabajo de Mantenimiento Correctivo debido a falla durante un preventivo** inicia por medio de un informe de falla o ticket realizado por el técnico o cuadrilla que estaba realizando la orden de trabajo de mantenimiento preventivo. Es decisión del encargado si se continuará con el mantenimiento preventivo y la orden de trabajo asociada o se cerrará esta orden de trabajo de mantenimiento preventivo y se continuará solamente con la de mantenimiento correctivo.

Ese tipo de orden no contiene gamas rutinas y tareas definidas. Las rutinas y las tareas son definidas mediante se vayan encontrando las causas de falla del activo en cuestión y es por ello que es la responsabilidad del técnico o de la cuadrilla de rellenar las rutinas y tareas realizadas hacia el activo y denotar si este requiere otro mantenimiento en forma de mantenimiento diferido. Así como la orden de trabajo de mantenimiento preventivo planificado, esta orden de trabajo la cerrará el encargado o el director en funciones como encargado al cerciorarse que la falla está totalmente corregida. De ser necesario es posible que se tenga que hablar con el técnico original que encontró la falla.

4.13.3 Propuesta de proceso Orden de Trabajo (O.T.) de Mtto. Correctivo (No Programado) debido a reporte de falla

En el caso de las **Órdenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo no programado**, estas tienen surgimiento típicamente del lado de los docentes de tiempo completo o docentes horas clase encargados de las materias de las dos carreras de la facultad. Ellos deben realizar una solicitud en forma de ticket y un reporte de falla para que inicie la contabilización del tiempo para los reportes y análisis de métricas e indicadores de mantenimiento KPI.

Al conocer de la falla es responsabilidad del encargado generar una orden de trabajo de mantenimiento correctivo y programarla según la disponibilidad de un técnico o una cuadrilla de técnicos. Así como en la orden de trabajo de mantenimiento correctivo debido a una falla durante un preventivo esta orden de trabajo no contiene gamas, rutinas o tareas definidas. Es la responsabilidad del técnico o de la cuadrilla definir cuáles fueron los trabajos realizados mediante la orden de trabajo y el CMMS. De nuevo ellos deben avisar al encargado de mantenimiento que se han cumplido las tareas para que el equipo vuelva a estar en funcionamiento. Es su responsabilidad cambiar el estatus en el software y avisar al encargado. Después el encargado debe revisar las acciones realizadas y si es satisfactorio según el encargado y también según el docente que ha realizado el ticket o reporte de falla, hasta entonces se cerrará la orden de trabajo de mantenimiento correctivo no programado.

Cabe notar que hay veces que las fallas son tan grandes que la orden de trabajo de mantenimiento correctivo no programado no puede cerrarse al ser una falla muy complicada. Es entonces donde se deben de generar mantenimiento de tipo mayor o mejor conocidos como “Overhaul”.

Asimismo, hay veces que se deben de dejar mantenimientos diferidos por si se tiene que contratar a una empresa o proveedor externos que tenga mayor experticia específica en el activo.

Será entonces que se deba generar una nueva orden de trabajo de mantenimiento correctivo para el proveedor externo.

Se recomienda tener un cuadro de diferidos en el caso de los mantenimientos correctivos y también un cuadro de aquellas órdenes de trabajo que todavía no han sido cerradas para no ir acumulando un backlog de órdenes de trabajo no cerradas

4.14 Propuestas de Formatos

Tabla 4.26 Bitácora de Mantenimiento Preventivo Programado (basado en frecuencias)

Bitácora de mantenimientos Preventivos de la Facultad de Aeronáutica							
Fecha que se realiza mantenimiento	Código de Equipo	Nombre completo de Equipo o Herramienta Mantenible	Marca	Cant.	Frec.	Tareas realizadas	Firma Tecnico Ejecutor
jue., 06 de enero de 2022	AB	ABOCINADOR	IMPERIAL EASTMAN	4	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
jue., 06 de enero de 2022	AB	ABOCINADOR (EXPANDIDOR)	IMPERIAL EASTMAN	6	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
jue., 06 de enero de 2022	AB	ABOCINADOR (EXPANDIDOR)	STANLEY	4	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
jue., 06 de enero de 2022	CC	C - CLAMPS (COD: 65P)	VISE GRIP - IRWIN	25	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
jue., 06 de enero de 2022	CC	C - CLAMPS (COD: 84-399)	STANLEY	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
jue., 06 de enero de 2022	CVP	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	SOMET INOX	1	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	CVP	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: N/A) - CAJA NEGRA	EWECO-GERMANY	12	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	CVD	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	BLUE-POINT	1	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	CVM	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312)	MITUTOYO	6	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	CVM	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: N/A)	SIN MARCA	2	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	CVM	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: N/A) - CAJA NEGRA	STANLEY	7	Semestral	Inspección, Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	GALG	JUEGO DE GALGA TELESCÓPICA (COD: 155-903)	MITUTOYO	2	Semestral	Inspección, limpieza, Prueba de funcionamiento	
jue., 06 de enero de 2022	ME	MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	MITUTOYO	3	Semestral	Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	ME	MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	SPI	1	Semestral	Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	ME	MICROMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	MITUTOYO	4	Semestral	Limpieza	
jue., 06 de enero de 2022	ME	MICROMETRO PARA EXTERIORES (25 A 50 MM) (COD: CSN 25 1420)	SOMET INOX	1	Semestral	Limpieza	
vie., 07 de enero de 2022	ASPM	ASPIRADORA NEUMÁTICA MANUAL	SIN MARCA	1	Semestral	Limpieza	
vie., 07 de enero de 2022	CAD	CADENA	SIN MARCA	9	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ENG	ENGRANAJE	SIN MARCA	6	Semestral	Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	POL	POLEA	SIN MARCA	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	RE	REMACHADORA NEUMÁTICA (COD: T-4X)	TAYLOR	7	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	RE	REMACHADORA NEUMÁTICA (COD: T-4X)	TAYLOR	1	Semestral	Se descarto un equipo	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING D =20.00 MM	SIN MARCA	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: C210)	MRC	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: E 1 09)	TIMKEN	15	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING D =39.80 MM	SIN MARCA	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 16013)	SKF	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 52072)	NACHI	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE BOLA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 63122)	NACHI	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE RODILLOS CÓNICO (COD: L25B49)	TIMKEN	23	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE RODILLOS CÓNICOS / TAPERED ROLLER BEARING D =20.00 MM	SIN MARCA	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROD	RODAMIENTO DE RODILLOS CÓNICOS / TAPERED ROLLER BEARING D =40.00 MM	SIN MARCA	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	ROS	ROSCA PARA EXTRACTOR DE POLEAS	SIN MARCA	1	Semestral	Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	SD	SPEED DRILL 90° (DIE GRINDER) - 25,000 RPM	TAYLOR	7	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	SD	SPEED DRILL 90° (DIE GRINDER) - 25,000 RPM	TAYLOR	1	Semestral	Se descarto 1 en mal estado (Ya se descarto el descarte)	
vie., 07 de enero de 2022	SD	SPEED DRILL RECTO (DIE GRINDER) - 25,000 RPM	TAYLOR	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	SD	SPEED DRILL RECTO (DIE GRINDER) - 22,000 RPM	TAYLOR	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	TA	TALADRO NEUMÁTICO (COD: T-7788N)	TAYLOR	13	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
vie., 07 de enero de 2022	TA	TALADRO NEUMÁTICO (COD: T-7788N)	TAYLOR	1	Semestral	Se descarto 1 en mal estado (Ya se descarto el descarte)	
lun., 10 de enero de 2022	CALZ	CALZO	SIN MARCA	3	Semestral	Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	CALA	CORTADORA DE ALAMBRE GRANDE	STANLEY	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	CALA	CORTADORA DE ALAMBRE PEQUEÑA	STANLEY	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	CL	CORTADORA DE LÁMINA (COD: 23277)	SOMAR	1	Semestral	Limpieza, Revisión de filo, Revisión de ferreteria	
lun., 10 de enero de 2022	CT	CORTADORA DE TUBOS (COD: 93021)	STANLEY	3	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	DB	DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER")	ASIAN FIRST TUBE BENDER	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	DB	DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") - MANGO NEGRO	GENERAL	5	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	FRE	FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - 9"	ECON / AIRCRAFT SPRUCE	23	Semestral	Limpieza, Lubricación	
lun., 10 de enero de 2022	FRE	FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - 9"	ECON / AIRCRAFT SPRUCE	1	Semestral	se descarto 1 en mal estado	
lun., 10 de enero de 2022	GV	GENERADOR DE VACÍO (COD: 12-11148)	GAST / AIRCRAFT SPRUCE	2	Semestral	Limpieza, Prueba de Funcionamiento	
lun., 10 de enero de 2022	JACK	JACK 20 TONELADAS ROJO	BIG RED	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación (Engrase)	
lun., 10 de enero de 2022	JACK	JACK 4 TONELADAS GRIS	SIN MARCA	1	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación (Engrase)	
lun., 10 de enero de 2022	JACK	JACK 6 TONELADAS AZUL	SIN MARCA	2	Semestral	Inspección, Limpieza, Lubricación (Engrase)	
lun., 10 de enero de 2022	PRE	PRENSA DE BANCO GIRATORIA 6"	TACTIX	10	Semestral	Limpieza, Lubricación, Revisión de Manecia, Ajuste de Mordazas	

Fuente: Creada por el autor

Tabla 4.27 Bitácora para fallas que requiriesen un mantenimiento no programado ("Correctivo/Reactivo")

Bitácora de mantenimientos Correctivos y Seguimientos de Mantenimientos Preventivos de la Facultad de Aeronáutica						
Fecha que se realiza mantenimiento	Código de Equipo	Nombre completo de Equipo o Herramienta Mantenible	Marca	Cant.	Tareas realizadas	Firma Tecnico Ejecutor
lun., 15 de febrero de 2021	COMP	Compresor 10HP (COD: MSV40MAX)	SCHULZ	1	-Cambio de válvulas de alta y baja presión (debido a que la válvula de alta presión estaba cortada). -Cambio de presostato. *(Mantenimiento Correctivo Pendiente para darle continuidad)	
mié., 17 de febrero de 2021	GPU	Ground Power Unit + Baterías NZOZ (COD: 34-78MF)	HOBART	1	-Se colocaron 15 galones de combustible (Diesel) a la planta y no arranco. -El código de fallas de la planta arrojó un problema de combustible y al mismo tiempo el indicador de batería mostró bajo voltaje por lo que se solicitaron 2 baterías nuevas para volver a probar posteriormente la planta eléctrica. *(Mantenimiento Correctivo Pendiente para dar continuidad) *(Mantenimiento Preventivo Pendiente)	
vie., 07 de mayo de 2021	GPU	Ground Power Unit + Baterías NZOZ (COD: 34-78MF)	HOBART	1	-Accionamiento de Engine Heater 5 veces antes de encender -Prueba de encendido -Verificación de nivel de aceite y refrigerante -Inspección de fugas de aceite en motor o sumidero/carter -Inspección de Panel Electrónico -Revisión de posición de Switch de "Emergency Stop" -Revisión de posición de Master Switch en "ON" -Revisión de posición y colocación en paralelo de baterías -Revisión de presión de llantas -No hay código de fallas, GPU queda operativo	
mié., 22 de septiembre de 2021	GPU	Ground Power Unit + Baterías NZOZ (COD: 34-78MF)	HOBART	1	Inspección Por falla: / Código de Falla/ Falla Eléctrica, Sobreesforzando planta al encenderla, problemas en el arranque. Ponerle Diesel al estar abajo de 1/4 *(Mantenimiento Correctivo Pendiente para darle continuidad)	

Fuente: Creada por el autor

4.15 Propuesta de Reportes o Informes de la ejecución de Mantenimiento y Calibraciones

Los informes de mantenimiento son una forma de seguir e informar sobre la gestión de mantenimiento en general y en especial el impacto de los costos de mantenimiento para de esta manera poder brindar a las gerencias una forma evidencia y estatus en vivo de la eficacia del programa de mantenimiento y las estrategias seguidas con cada activo. Se utilizan para determinar si las prácticas de mantenimiento actuales están funcionando, así como para poder determinar si son eficientes y rentables.

Los informes de mantenimiento están diseñados para ayudar a las empresas a:

- Hacer un seguimiento de los costos de mantenimiento
- Identificar las tendencias de los datos a través de los análisis de mantenimiento
- Hacer un seguimiento de las reparaciones de los equipos
- Identificar áreas problemáticas en las instalaciones
- Ayudar a justificar las actualizaciones de los equipos cuando sean necesarias

Propuestas de Reportes/Informes de Activos Mantenibles

- 1 Reporte de tipo de fallas por activo en el mes | ciclo | año
- 2 Reporte de cantidad de Mtto.'s efectuados en el mes | ciclo | año vs. tipo de Mtto.
- 3 Horas hombre (HH) utilizadas de Mtto. por activo y totales, en el mes | ciclo | año vs. tipo de Mtto.
- 4 Costo Total de Mtto.'s efectuados en el mes | ciclo | año vs. tipo de Mtto
- 5 Reporte mediante gráfico de Pastel de porcentajes de cada uno de los tipos de mantenimiento efectuados vs. el total de Mtto.'s planificados y/o Programados
- 6 Reporte de KPI's principales por activo en el mes | ciclo | año

Propuestas de Reportes/Informes de Activos Calibrables

- 1 Reporte de cantidad de calibraciones por activo en el mes | ciclo | año
- 2 Reporte de cantidad de certificados vigentes vs. certificados vencidos (gestión atrasada).

- 3 Reporte de las calibraciones planificadas realizadas en la fecha planificada vs. las calibraciones totales efectuadas.

4.16 Propuesta de Índices de Mantenimiento a ser analizados por CMMS

Confiabilidad: La confiabilidad es la probabilidad de que un sistema funcione correctamente durante un período de tiempo específico.

La confiabilidad sigue una ley de falla exponencial, lo que significa que se reduce a medida que transcurre la duración del tiempo considerado para los cálculos de confiabilidad. En otras palabras, la confiabilidad de un sistema será alta en su estado inicial de operación y se reducirá gradualmente a su magnitud más baja con el tiempo.

Confiabilidad (Reliability-R(t)):

Definición: La confiabilidad se refiere a la capacidad de un sistema, equipo o proceso para funcionar de manera consistente y predecible bajo condiciones específicas durante un período de tiempo. Se mide en términos de la probabilidad de que un sistema o equipo funcione sin fallas durante un intervalo de tiempo determinado. Durante esta correcta operación:

No se requiere ni se realiza ninguna reparación

El sistema sigue adecuadamente las especificaciones de rendimiento definidas

Explicación: En términos académicos, la confiabilidad se refiere a la capacidad de un elemento o sistema para cumplir su función de manera constante y predecible a lo largo del tiempo, sin experimentar fallos inesperados. Se utiliza para evaluar cuán segura y estable es una tecnología o sistema.

Mantenibilidad (Maintainability):

Definición: La mantenibilidad se relaciona con la facilidad y eficiencia con la que un sistema o equipo puede ser reparado, mantenido y restaurado a su estado operativo después de una falla. Incluye factores como el acceso a componentes, la disponibilidad de piezas de repuesto y la capacidad del personal técnico para realizar las tareas de mantenimiento.

Explicación: En términos académicos, la mantenibilidad se refiere a la capacidad de un sistema para ser reparado y mantenido de manera efectiva. Evalúa la facilidad con la que se pueden realizar tareas de mantenimiento y reparación, incluyendo la disponibilidad de piezas y la competencia del personal.

Disponibilidad (Availability A(t)):

Definición: La disponibilidad se refiere a la proporción del tiempo en que un sistema o equipo está en funcionamiento y listo para su uso en relación con el tiempo total durante el cual debería estar disponible. Se expresa como un porcentaje y refleja la capacidad de un sistema para estar operativo cuando se lo necesita.

Explicación: En un contexto académico, la disponibilidad se refiere a la medida en que un sistema o equipo está disponible y en funcionamiento cuando se requiere. Se expresa como un porcentaje y refleja la eficiencia en la que el sistema cumple su propósito sin interrupciones imprevistas.

Tabla 4.28 detalla las Métricas para los KPI propuestos y sus ecuaciones pertinentes

Tabla 4.28 Métricas y ecuaciones pertinentes para KPI's de Mantenimiento

Métrica/KPI	Ecuaciones pertinentes
<u>Confiabilidad</u>	
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de falla 	$Failure\ Rate\ (\lambda) = \frac{1}{MTBF}$ $Failure\ Rate\ (\lambda) = \frac{1}{MTTF}$
<ul style="list-style-type: none"> Análisis de Confiabilidad 	$Reliability, R(t) = e^{-\lambda t}$
<ul style="list-style-type: none"> Confiabilidad de los activos 	$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - Ri(t))$

<ul style="list-style-type: none"> • MTBF (Tiempo Medio entre Fallas) 	$MTBF = \frac{\text{Total Hours of Operation}}{\text{Total Number of Failures}}$ $MTBF = \frac{1}{\lambda}$ $MTBF = MTTF + MTTR$
<u>Mantenibilidad</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de reparación 	$\text{Repair Rate } (\mu) = \frac{1}{MTTR}$
<ul style="list-style-type: none"> • MTTR (Tiempo Medio de Reparación) 	$MTTR = \frac{\text{Total Hours of Maintenance}}{\text{Total Number of Repairs}}$ $MTTR = \frac{1}{\mu}$
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de cumplimiento de solicitudes 	Solicitudes finalizadas/ Solicitudes reportadas
<ul style="list-style-type: none"> • Costo de Mantenimiento en el año vs. Presupuesto de Mantenimiento en el año 	Suma de costos de O.T.'s / Suma de presupuesto total para mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de cumplimiento de la Planificación de PM 	O.T.'s Finalizadas / Mantenimientos Planificados
Tasa de Retraso promedio de las O.T.'s	O.T.'s Finalizadas/O.T.'s Programadas
Disponibilidad	
<ul style="list-style-type: none"> • MTTF (Tiempo Medio a la falla) 	

	$MTTF = \frac{\text{Total Hours of Operation}}{\text{Total Number of Units}}$ $MTTF = \frac{1}{\lambda}$
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Disponibilidad 	$A(t) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - Ai(t))$ $\text{Availability, } A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Fuente: Adaptada de (Woo, 2017)

4.17 Propuesta de un Plan de Implementación para un CMMS hecho en casa para gestiones académicas

Esta propuesta de un Plan de implementación esta descrita con mayor detalle en el ANEXO H y describe 7 principales hitos, y 4 entregables; el estimado de tiempo es de un máximo de 44 semanas más una fase de Soporte y Mantenimiento Continuo por los siguientes 6 meses.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las organizaciones, tanto grandes como pequeñas empresariales o académicas (como la UDB) deben de tarde o temprano reconocer la importancia y el valor esencial de una gestión eficaz del mantenimiento mediante la industria 4.0 y sistemas en la nube o completamente en línea. En este caso se ha realizado una propuesta de diseño de un CMMS dedicado, “hecho a la medida” y que como valor agregado puede ser herencia para ser utilizado y programarse internamente por el CTIC, estudiantes de las carreras de computación, egresados o graduados El CMMS tiene la versatilidad de ser escalado a las necesidades del departamento que lo necesite.

Utilizando la metodología 5S de Kaizen y Lean Manufacturing se pudieron segregarse y determinar todos los activos mantenibles y calibrables de la facultad dentro de los alcances establecidos. Se pudieron establecer catálogos completos con atributos relacionales para su control y establecer una nomenclatura efectiva, determinar su geolocalización en 3 niveles de ubicaciones y proponer una estandarización para las áreas y materias piloto.

Se determinó que la estrategia de gestión del mantenimiento mediante hojas de cálculo como MS Excel® si es efectiva para la gestión de activos inicialmente al no tener ningún tipo de gestión y tratar de activar una planificación y llevar controles, lastimosamente, llega un punto de la magnitud de la gestión donde las hojas de cálculo no fueron concebidas para estas gestiones y se vuelve evidente que no posee las funcionalidades de programación de mantenimiento por medio de asignación, creación, seguimiento, asignación y status de Órdenes de Trabajo (O.T's), generación de reportes, análisis de índices y alertas. Es por ello que el CMMS propuesto es una herramienta esencial de gestión del mantenimiento para llevar control, trazabilidad, reportes, métricas e indicadores esenciales como MTBF, MTTF, MTTR, Cumplimiento de PM, asignación de costos y segregación de equipos no funcionales.

Es posible concluir también que, si bien cualquier software especializado brinda la automatización de las tareas de mantenimiento, este debe ser bien diseñado y pensado para su escalabilidad y ampliación. La propuesta de CMMS que se trabajó en este proyecto pretende apoyar en la reducción

de posibles fallas de los activos durante la ejecución de laboratorios y el efecto de tener que cancelar prácticas completamente y no cumplir con las normativas.

Este CMMS propuesto, como “asistente” podrá apoyar y ser pieza clave a mediano y largo plazo para que los beneficios sean altos en el futuro para la organización, en este caso la Universidad Don Bosco (UDB) como Institución de Educación Superior que es parte de las **Instituciones Universitarias Salesianas de educación Superior (IUS)** mundialmente y con estándares educativos de calidad. La organización podrá ahorrarse costos al:

- Alargar la vida útil de los activos
- Reducir los tiempos muertos por reparaciones.
- Aumentar la productividad general de las prácticas de laboratorio y proyectos que utilizan los activos mantenibles y calibrables
- Contar con todos los elementos necesarios al día y con su certificado de calibración.
- Disminuir los reclamos por parte de docentes, investigadores y alumnos.

El papel y los registros físicos cada vez tienen menos uso y condicionan el uso de recursos materiales en las organizaciones. El aporte de valor de este proyecto de graduación se centra en mostrar una propuesta de diseño de un CMMS en su versión inicial que pueda ser fácil de utilizar, simple de programar por proyectos académicos o de investigación subsecuentes y de bajo costo debido a los pocos activos con los que se cuentan en la gestión, pero que lastimosamente se había seguido una estrategia de llevar todo hasta la falla y sin registros. Es por esto, que es fundamental llevar un registro digital de los equipos, monitorear las rutinas y tareas de mantenimiento que se apliquen, y gestionar planes integrales de mantenimiento. Se espera poder escalar e iterar la gestión de mantenimiento y calibraciones a diversas áreas dentro de la UDB y mostrar la utilidad y necesidad de este tipo de gestiones.

Finalmente se reconoce que si bien esta propuesta de CMMS no se lleva a nivel de implementación física (programación de los módulos en un lenguaje específico), si se presenta como aporte concreto y verificable un diseño piloto de CMMS que podrá ser aplicable para el entorno académico, diseñado a la medida y sin la necesidad de estar atado a un tipo o lenguaje de codificación, ya que la propuesta es de diseño para que cualquier programador pueda generar un software piloto que se prevé implementarse en ambas vicerreorías de la Universidad Don Bosco y beneficiar a los

estudiantes que utilizan los activos en materias proyectos o investigaciones. Esto lleva a su vez el aporte adicional de servir como propuesta de trabajo concreto para estudiantes o investigadores en las áreas de informática y diseño de aplicaciones y/o bases de datos.

5.2 Recomendaciones

En consonancia con las conclusiones obtenidas, este trabajo permite proponer las siguientes recomendaciones para complementar y ampliar los beneficios:

- Se recomienda promover y generalizar la metodología 5S a más áreas de la Fac. de aeronáutica para mantener, orden, limpieza y estandarización de todas las áreas, tal y como se logró realizar en este proyecto.
- Se recomienda establecer criterios claros de descarte de activos mantenibles y calibrables, no establecidos hasta el momento de este proyecto de graduación para seguir acordemente la primera S – Seiso y no acumular activos no funcionales, pero tampoco descartar un activo que posiblemente sí se necesite o continúe con funcionalidad en ámbito académico.
- Se recomienda utilizar el catálogo de activos para realizar manejo de inventarios mediante un “Inventory Management System” por medio de un sistema tipo Kardex y/o un Warehouse Management System (WMS), asimismo tener una persona solamente encargada de las tareas de Gestión de activos, Gestión de inventario y Gestión de Almacenaje, “Picking” y entrega.
- Se recomienda tener un mejor manejo de costos unitarios al menos de los activos mantenibles y calibrables del Almacén-Bodega de la Fac. de Aeronáutica para conocer los posibles costos de reemplazo y de impacto a los presupuestos de la facultad de haber un fallo catastrófico en cualesquiera de los activos.
- En caso de desarrollar completamente la implementación del CMMS, a través de su módulo de usuarios será importante la adecuada administración de los accesos, en especial de los técnicos y su disponibilidad de tiempo para la administración de calendario de trabajo, programación y asignación de los mantenimientos planificados.

- En caso de desarrollar completamente la implementación del CMMS, será posible implementar un control más detallado de las Horas Hombre (HH), por lo tanto, se recomienda ampliar la capacitación para los técnicos involucrados y ayudarles a identificar el impacto con los usos de costos de todos los materiales/repuestos que se verán involucrado en el mantenimiento, para así poder tener reportes y KPI con mayor exactitud para que el director y el Decano puedan tomar decisiones más acertadas con respecto al mantenimiento.
- En caso de desarrollar completamente la implementación del CMMS, será posible desarrollar reportes estadísticos al final de cada ciclo para medir y monitorear el estatus de cada activo mantenible o calibrable (en especial lo de más alta criticidad), y un centro de monitoreo.
- Todo sistema necesita de personal capacitado de manera adecuada para que este sea utilizado de la manera correcta y visto como una herramienta útil; como valor agregado, los diferentes usuarios necesitan saber tanto de los conceptos de mantenimiento inicialmente como del CMMS inherentemente, sus funcionalidades, módulos y operatividad en el día a día. Por ende, se recomienda seguir la propuesta de plan de capacitaciones descrita en el ANEXO I para capacitar y brindar una experiencia en vivo a cada posible usuario del CMMS y de esta manera poder tener un cambio en la cultura del mantenimiento, desde los roles de más alta jerarquía, hasta los de menor jerarquía; de esta forma todos en la facultad se adueñarán del sistema – en especial la persona o personas con el rol de “encargado” o Jefe/a de Mantenimiento, ya que recaerá en ellos el poblar (ingresar datos), el planificar los mantenimientos, programar las asignaciones y tipos de mantenimiento, velar por las fechas o tiempos límites de los mantenimientos preventivos planificados, estar pendiente de las solicitudes de los docentes y de asignar Órdenes de trabajo (O.T) para mantenimientos correctivos, el controlar las asignaciones, determinar frecuencias, gamas, rutinas y tareas para cada activo en particular para ambas gestiones (mantenimiento y calibración)

Referencias

- American Society for Quality. (2023). *PDCA Cycle—What is the Plan-Do-Check-Act Cycle? | ASQ* [Academica]. <https://asq.org/quality-resources/pdca-cycle>
- ARC Advisory Group. (2023, noviembre 21). *Asset Performance Management (APM)*. ARC Advisory Group. <https://www.arcweb.com/technologies/asset-performance-management>
- Azid, N. A. A., Shamsudin, S. N. A., Yusoff, M. S., & Samat, H. A. (2019). Conceptual Analysis and Survey of Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability Centered Maintenance (RCM) Relationship. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 530(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/530/1/012050>
- Bagadia, K. (2006). *Computerized Maintenance Management Systems Made Easy: How to Evaluate, Select, and Manage CMMS* (1st edition). McGraw Hill.
- Becolve digital. (2023). ¿Qué es APM: Asset Performance Management? [Ejecutiva]. *Becolve digital*. <https://becolve.com/blog/que-es-apm-asset-performance-management/>
- Calixto, E. (2016). Chapter 4—Reliability, Availability, and Maintainability (RAM Analysis). En E. Calixto (Ed.), *Gas and Oil Reliability Engineering (Second Edition)* (pp. 269–470). Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805427-7.00004-X>
- Carrillo, G. (2023). *Mantenimiento del CIDIM y Propuestas* [En Vivo].
- Consuman (Director). (2019a). *Consuman | Software de Gestión de Activos—Video*. Consuman. https://www.youtube.com/watch?v=_RWldKJwtcM
- Consuman (Director). (2019b, mayo 24). *Consumanclaims—Video*. Consuman. <https://www.youtube.com/watch?v=fQBei3wOh8s>
- Consuman. (2023a). *Consuman X - App—Google Play* [Ejecutiva]. Consuman X - App. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.atrinsa.consumanx&hl=es_EC
- Consuman. (2023b). *Consuman—Servicios* [Ejecutiva]. *Consuman*. <https://consuman.com/servicios/>
- CRATOS, Instalaciones, Mantenimiento, Procesos. (2023). *¿Qué es el mantenimiento industrial y cuál es su importancia? - Cratos—Instalaciones Industriales* [Ejecutiva]. <https://cratos.com.es/mantenimiento-industrial/>
- Creative Commons Attribution-ShareAlike License. (2023). *Overview of the structure of a national measurement system* [Map].

- CS Odessa Corp. (2023). *ER Diagram Styles | Professional ERD Drawing*.
<https://www.conceptdraw.com>. <https://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/erd-er-diagram-styles>
- Dahbura Ramos, L. E., Figueroa Hernández, L. A., & Solórzano Landaverde, R. G. (2017). *Diseño de un Plan de Gestión de Mantenimiento Basado en 5S en una Empresa Panificadora Salvadoreña* [Tesis de Maestría]. UDB y UCA.
- Departamento de Calidad Académica - UDB. (2018, diciembre 12). *Mapa de procesos UDB - Mapa de nivel I: Macroprocesos* [Portal Institucional]. Mapa de nivel I: Macroprocesos.
<https://admacad.udb.edu.sv/Procesos/Mapas>
- Departamento de Calidad Académica - UDB. (2019, marzo 25). *Mapa de Procesos UDB - Mapa de nivel II: Sub procesos—10. Gestión Administrativa* [Portal Institucional]. Mapa de nivel II: Sub procesos. <https://admacad.udb.edu.sv/Procesos/Mapas/Macroproceso/10#>
- DPSI. (2022). *Preventive Maintenance Program Software | PMC Software by DPSI*. DPSI.
<http://dpsi.com/software-products/pmc/>
- Dudley, S. (2020, enero 26). *What is CMMS? Absolutely everything you need to know* [What is a CMMS?]. IBM. <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-cmms#:~:text=The%20earliest%20versions%20of%20CMMS,the%20end%20of%20their%20shifts.>
- Duffuaa, S. O., & Raouf, A. (2015). *Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19803-3>
- Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering* (1st edition). McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Ebeling, C. E. (2019). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering* (3rd edition). Waveland Press, Inc.
- Espinoza, C. (2023). *CMMS por medio de CTIC* [En Vivo].
- Everest, G. C. (1986). *Database Management: Objectives, System Functions, and Administration*. McGraw-Hill College.
- Facultad de Aeronáutica. (2022). *Manual de la Facultad de Aeronautica UDB Rev 15*.
- Facultad de Aeronáutica. (2023). *Facultad de Aeronáutica- Descripción*. Facultad de Aeronáutica- Descripción. https://www.udb.edu.sv/udb/pagina/facultad_aeronautica

- Fiix Inc. (2023a). What is Maintenance Management Software? *Fiix*.
<https://www.fiixsoftware.com/maintenance-software/>
- Fiix Inc. (2023b). *What Is Preventive Maintenance? The Complete Guide To PM*. *Fiix*.
<https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/preventative-maintenance/>
- Fiix Inc. (2023c). *What's a CMMS? Discover The Benefits, Use & Cost | Fiix*. Computerized Maintenance Management System. <https://www.fiixsoftware.com/cmms/>
- Finkelstein, M. (2008). *Failure Rate Modelling for Reliability and Risk*. Springer Science & Business Media.
- FMX. (2023). *What is Preventive Maintenance? And Why it's Crucial for Success*. *FMX*.
<https://www.gofmx.com/preventive-maintenance/>
- Fractal (Director). (2022, noviembre 30). *¿Qué es un software de gestión de mantenimiento?* Fractal. <https://www.youtube.com/watch?v=3MwRq3DEGvQ>
- Fractal. (2023). *Asset Performance Management (APM)*. <https://www.fractal.com/es/asset-performance-management-apm-mantenimiento>
- Garrido, S. G. (2013). *Ingeniería de Mantenimiento: Manual Práctico para la Gestión Eficaz del Mantenimiento Industrial*. RENOVETEC.
- Garrido, S. G. (Director). (2023, mayo 31). *SMART TRAINING MANEJO DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO GMAO-CMMS: CONFIGURACIÓN INICIAL*. RENOVETEC.
<https://www.youtube.com/watch?v=bSijn43dFIE>
- Gómez, O., & Pereyra, N. (2023). *Presentacion Ejecutiva LatamSostenible-CONSUMAN* [En línea]. Presentacion Ejecutiva LatamSostenible-CONSUMAN, MS Teams.
- González, K., Galdamez, J., & Guevara, S. (2022, 2023). *Mantenimiento de la Facultad de Aeronautica* [En Vivo].
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace_The Sourcebook for 5S Implementation.pdf* (Vol. 1). Productivity Press.
- Infraspeak Team. (2023, junio 19). *¿Qué es un GMAO y cómo funciona?* [Ejecutiva]. Infraspeak.
<https://infraspeak.com/es/>
- Kevin Steele. (2019, enero 21). *Database models and ERDs for Newbs Part: 2*. DEV Community.
<https://dev.to/kevindsteelei/database-models-and-erds-for-newbs-part-2-6d9>

- Lachance, P. (2021, junio 21). *A History of Maintenance & How CMMS Has Changed in 200+ Years*. Brightly. <https://www.brightlysoftware.com/blog/history-maintenance-how-cmms-has-changed-200-years>
- Latam Sostenible. (2023). *Latam Sostenible – Pagina web de Latam Sostenible* [Ejecutiva]. <https://latamsostenible.org/>
- LeanKaizen Consultant. (2022, julio 4). *5s lean: Metodología práctica para su implantación* [Academica]. 5s lean: Metodología práctica para su implantación. <https://www.leankaizen.es/5s-lean-etapas-de-implantacion/>
- Lienig, J., & Bruemmer, H. (2017). *Fundamentals of Electronic Systems Design*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-55840-0>
- Lucid Software Inc. (2023). *Qué es un diagrama de flujo de datos*. Lucidchart. <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo-de-datos>
- Lucidchart. (2023). *What is an Entity Relationship Diagram (ERD)?* [Ejecutiva]. Lucidchart. <https://www.lucidchart.com/pages/er-diagrams>
- Madden, M. (2023). Why Use a CMMS Software? [Blog Ejecutivo]. *DPSI*. <https://dpsi.com/why-use-a-cmms-software/>
- Mancuzo, G. & ComparaSoftware. (2020a, septiembre 11). *Mantenimiento Industrial | ¿Qué es?* ComparaSoftware. <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-industrial/>
- Mancuzo, G. & ComparaSoftware. (2020b, octubre 31). *¿Qué es Gama de Mantenimiento?* [Ejecutiva]. Blog - ComparaSoftware. <https://blog.comparasoftware.com/gama-de-mantenimiento/>
- Marroquín, N. A. A., Teodoro, L. G. B., & León, N. V. V. (2008). *Diseño de un Sistema de Administración del Mantenimiento para el Sector Panificador* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de El Salvador (UES).
- Matteo App (Director). (2023a). *Matteo APP - YouTube Videoserie*. Matteo. <https://www.youtube.com/@matteoapp>
- Matteo App. (2023b). *¿Qué es Matteo?* [Ejecutiva]. ¿Qué es Matteo? <https://matteo.app/>
- Matthew Wawrin & Click Maint. (2023, julio). *What is the Equipment Criticality Assessment Matrix?* [Ejecutiva]. <https://www.clickmaint.com/blog/equipment-criticality-assessment-matrix>

- Melanie & ComparaSoftware. (2023, junio 12). *¿Cuál es la importancia del mantenimiento industrial?* <https://comparasoftware.com/importancia-mantenimiento-industrial/>
- Nakajima, S., & Bodek, N. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance* (Eleventh Printing edition). Productivity Pr.
- Nexus Integra. (2022, enero 19). Qué es una PIM: Diferencias y ventajas frente a un GMAO. *Nexus Integra*. <https://nexusintegra.io/es/pim-plataforma-inteligente-mantenimiento/>
- NIST/SEMATECH. (2012). 8.1.2.4. “Bathtub” curve. En *E-Handbook of Statistical Methods*. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/apr/section1/apr124.htm>
- On Device Solutions (Director). (2023, enero 18). *What is a SAP CMMS system? | On Device Solutions*. <https://www.youtube.com/watch?v=ElcZsQLjwJY>
- Palmer, D. (2006). *Maintenance planning and scheduling handbook* (2nd ed). McGraw-Hill.
- Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. (2008). Maintenance: An Evolutionary Perspective. En *Complex System Maintenance Handbook* (pp. 21–48). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_2
- Plan, Do, Check, Act (PDCA)—A Resource Guide. (2023). [Ejecutiva]. *Lean Enterprise Institute*. <https://www.lean.org/lexicon-terms/pdca/>
- Repositorio Digital Universidad Don Bosco—Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial*. (2023). [Repositorio]. Repositorio Digital Universidad Don Bosco. <https://rd.udb.edu.sv/collections/2fd2ac78-42b8-4133-a8b8-af3ccc5f9708>
- Rockwell Automation Inc. (2023). *Total Productive Maintenance (TPM)* [Total productive maintenance (TPM)]. Fiix by Rockwell Automation Inc. <https://fiixsoftware.com/maintenance-strategies/total-productive-maintenance/>
- Sarkar, D. (2006). *5S for service organizations and offices: A lean look at improvements* (1st.). ASQ Quality Press.
- Sicma21. (2021, julio 30). *Guía completa de mantenimiento preventivo industrial*. <https://www.sicma21.com/guia-del-mantenimiento-preventivo-industrial/>
- Singh, A., & Ahuja, I. S. (2015). Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(4), 408. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.072320>
- Software Advice, Inc. (2023). *Best Maintenance Management Software—2023 Reviews & Pricing*. Find the best CMMS Software. <https://www.softwareadvice.com/cmms/>

- Sol, V., Huezos, L., & Quiñonez, R. (2023). *Presentación Ejecutiva Matteo Mantenimiento Inteligente* [En línea]. Presentación Ejecutiva Matteo, MS Teams.
- SPACEWELL international. (2021, marzo 29). Should you use a CMMS application or Excel to manage maintenance? [Ejecutiva]. *Should You Use a CMMS Application or Excel to Manage Maintenance?* <https://spacewell.com/resources/blog/should-you-use-a-cmms-application-or-excel-to-manage-maintenance/>
- Stephen. (2011, julio 6). Defining Failure: What Is MTTR, MTTF, and MTBF? *Stephen Foskett, Pack Rat*. <https://blog.foskett.net/2011/07/06/defining-failure-mttr-mttf-mtbf/>
- SYDLE. (2023). *Ciclo PDCA: ¿cuáles son los pasos y cómo funciona? Conoce algunos ejemplos* [Ejecutiva]. Blog SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/ciclo-pdca-61ba2a15876cf6271d556be9>
- Tavella, A. (2022). *Planificación y Programación del Mantenimiento Preventivo Anual para garantizar la sustentabilidad de las operaciones* [Tesis de Maestría]. Universidad Austral.
- Tew, K. (2020, abril 7). *Preventive Maintenance*. Preventive Maintenance. <https://wepcoplastics.com/resources/preventive-maintenance/>
- Torres, J., & Castro, E. (2023). *Mantenimiento Preventivo—Instalaciones* [En Vivo].
- Tractian. (2023). *Glosario de Mantenimiento—TRACTIAN* [Ejecutiva]. <https://tractian.com/es/glosario-de-mantenimiento>
- Universidad Don Bosco. (2023a). *Presentación Institucional UDB 2023*. Universidad Don Bosco - Departamento de Comunicación Institucional.
- Universidad Don Bosco. (2023b). *Estructura organizativa—Universidad Don Bosco*. <https://www.udb.edu.sv/udb/>. <https://www.udb.edu.sv/udb/pagina/organizacion>
- Universidad Don Bosco. (2023c). *Universidad Don Bosco © | Carreras* [Académica]. <https://www.udb.edu.sv/udb/>. <http://www.udb.edu.sv/udb/pagina/postgrados>
- UpKeep Technologies, Inc. (2023). *What Is a Bathtub Curve?* Bathtub Curve. <https://www.upkeep.com/learning/bathtub-curve/>
- Visual Paradigm. (2023). *What is Data Flow Diagram?* <https://www.visual-paradigm.com/guide/data-flow-diagram/what-is-data-flow-diagram/>
- Vorne Industries Inc. (2023). *Total Productive Maintenance | Lean Production* [Ejecutiva]. TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE). <https://www.leanproduction.com/tpm/>

- Wilke, E. (2021, marzo 8). *Pros and Cons of Different Work Order Management Systems*. FTMaintenance CMMS. <https://ftmaintenance.com/maintenance-management/pros-cons-different-work-order-management-systems/>
- Wireman, T. (1994). *Computerized Maintenance Management Systems*. Industrial Press Inc.
- Woo, S. (2017). *Reliability Design of Mechanical Systems*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50829-0>
- Yourdon, E. (1988). *Modern Structured Analysis* (First Edition). Prentice Hall.
- Zinetti, T. & Tractian. (2023). *CMMS o GMAO: ¿Qué es y cómo funciona?* [Ejecutiva]. <https://traction.com/es/blog/software-de-mantenimiento-cmms-manual-definitivo-2021>

ANEXOS

ANEXO A. PENSUMS DE CARRERAS ACTUALIZADOS



UNIVERSIDAD DON BOSCO
TÉCNICO EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO
 Vigencia Ciclo 01-2023 - Ciclo 02-2024

AÑO 1		AÑO 2	
CICLO I	CICLO II	CICLO III	CICLO IV
1 Antropología Filosófica* Bachillerato 3 UV	6 Pensamiento Social Cristiano* Bachillerato 3 UV	12 Estructuras de Aviación 7 6 UV	18 Mantenimiento de Helicópteros 14 6 UV
2 Materias de Aviación* Bachillerato 5 UV	7 Prácticas de Mantenimiento 2 6 UV	13 Procedimientos del Mantenimiento Aeronáutico 7 5 UV	19 Gestión del Mantenimiento 13 5 UV
3 Fundamentos de Circuitos Eléctricos* Bachillerato 5 UV	8 Fundamentos de Máquinas Eléctricas* 3 5 UV	14 Sistemas de Aviación 7 7 UV	20 Motores de Turbina 15 6 UV
4 Gestión de la Seguridad Operacional* Bachillerato 5 UV	9 Análisis de Dispositivos Electrónicos Analógicos* 3 5 UV	15 Motores de Pistón 7 6 UV	21 Amónica 14 7 UV
5 Mediciones, Herramientas y Método de Materias* Bachillerato 5 UV	10 Física de Aviación* 5 5 UV	16 Análisis de Dispositivos Electrónicos Digitales* 9 4 UV	22 Eléctrica 6 UV
23 UV	28 UV	32 UV	30 UV
23 UV	51 UV	83 UV	113 UV
TECNICAS ELECTIVAS			
22a	DRE471	22b	SIE471
Diseño de Reparación Estructural		Sistema de Interconexión Eléctrico	
12	6 UV	14	6 UV
A	B	C	E
A: Número correlativo B: Código del curso C: Nombre del curso D: Pre-Requisitos E: Unidades valorativas			
* Asignaturas que serán impartidas en ciclo extraordinario			



UNIVERSIDAD DON BOSCO

PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AERONÁUTICA 2022 - 2026

CICLO I		CICLO II		CICLO III		CICLO IV		CICLO V		CICLO VI		CICLO VII		CICLO VIII		CICLO IX		CICLO X	
1	4 UV	5	4 UV	10	4 UV	15	4 UV	20	5 UV	25	5 UV	29	4 UV	33	4 UV	36	5 UV	39	4 UV
Cálculo Diferencial*		Cálculo Integral*		Cálculo de Varias Variables*		Ecuaciones Diferenciales*		Mecánica de Fluidos No Viscosos y Viscosos*		Termodinámico e Introducción a la Transferencia de Calor*		Aerodinámica para Vehículos de Baja Velocidad		Aerodinámica para Vehículos de Alta Velocidad		Diseño Conceptual de Aeronaves		Electiva Técnica I	
CAD501	Bach.	CAI501	1	CVV501	5,6	EDI501	10	MEV172	15	TIC172	20	ABV172	25	AAV172	29	DCA172	33	Según Área	35/36/37
2	4 UV	6	3 UV	11	4 UV	16	4 UV	21	4 UV	26	4 UV	30	4 UV	34	4 UV	37	3 UV	40	4 UV
Química General*		Álgebra Vectorial y Matrices*		Estadística Aplicada*		Cálculo Avanzado*		Electrónica Aplicada a la Aviónica		Sistemas de Ayuda a la Navegación Aérea		Motores Reactores y Eléctricos		Motores de Turbina		Dirección y Planificación del Mantenimiento Aeronáutico		Electiva Técnica II	
QUG501	Bach.	AVM501	Bach.	ESA501	5	CAA501	10	EAA172	17	SNA172	23	MRE172	25	MOT172	30	DMA172	34	Según Área	35/36/37
3	3 UV	7	4 UV	12	4 UV	17	4 UV	22	4 UV	27	5 UV	31	4 UV	35	3 UV	38	6 UV	41	4 UV
Expresión Oral y Escrita*		Cinemática y Dinámica de Partículas*		Equilibrio de Cuerpos Rígidos*		Análisis de Circuitos Eléctricos*		Ciencia y Mecánica de los Materiales Avanzados		Estructuras Aeronáuticas y su Mantenimiento		Aviónica y Sistemas de Interconexión Eléctrica		Gestión y Dirección de Operaciones de Empresas Aéreas		Mecánica de Vuelo, Estabilidad y Control de las Aeronaves		Sistemas de Control Automático de las Aeronaves	
EOE202	Bach.	CDP501	1	ECR501	5,7	ACE102	13	CMA172	12	EAM172	22	AIE172	21,26	GDE172	32	MEC172	33	SAA172	38
4	3 UV	8	3 UV	13	4 UV	18	4 UV	23	5 UV	28	4 UV	32	4 UV						
Antropología Filosófica*		Pensamiento Social Cristiano*		Electrónica y Magnetismo*		Gestión Ambiental*		Sistemas de las Aeronaves y ATAs		Desarrollo de Algoritmos para la Simulación de Sistemas		Dirección de Proyectos *							
ANF231	Bach.	PSC231	Bach.	EYM501	2,5,7	GEA106	2	SAT172	19	DAS172	16	DDP106	18,24						
		9	3 UV	14	3 UV	19	3 UV	24	4 UV										
		Aplicaciones de Dibujo y Sistemas CAD		Legislación, Regulaciones y Normativas Aeronáuticas *		Seguridad en Operaciones Terrestres y en Vuelo*		Análisis y Evaluación Económica*											
		DIS103	Bach.	LNA172	2	STV172	14	AEE106	11										
14 UV		17 UV		19 UV		19 UV		22 UV		18 UV		16 UV		11 UV		14 UV		12 UV	
14 UV		31 UV		50 UV		69 UV		91 UV		109 UV		125 UV		136 UV		150 UV		162 UV	

PROCESO DE GRADUACIÓN

Técnicas Electivas

Diseño, Modelización y Manufactura		Ingeniería del Mantenimiento Aeronáutico		Operaciones Aéreas	
39a	4 UV	39b	4 UV	39c	4 UV
CAD/CAE/CFD para Manufactura	Reparaciones Estructurales y Análisis de Elementos Finitos	Gestión de Operaciones Aeroportuarias			
CPM172	36	REF172	37	GOA172	35
40a	4 UV	40b	4 UV	40c	4 UV
Manufactura Aplicada	Mantenimiento de Equipos y Sistemas Aviónicos	Ingeniería de Operaciones Aéreas			
MMA172	36	MES172	37	IOA172	35

A	B	A: Número correlativo B: Unidades Valorativas C: Nombre del Curso D: Código del Curso E: Pre-Requisitos
C		
D	E	

* Asignaturas que serán impartidas en ciclo extraordinario

ANEXO B. INFORMACIÓN DE ACTIVOS PARA PRÁCTICAS DE LAB.

B.1 EAM172 – Estructuras Aeronáuticas y su mantenimiento– Ingeniería Aeronáutica (Plan Actual – absorción de ESA171 – Estructuras Aeronáuticas – Ingeniería Aeronáutica)

Planificación de Practicas ESA 171 Ciclo II - 2022						
SEMANA	OBJETIVOS POR UNIDAD	CONTENIDOS	ACTIVIDADES	ASIGNACIONES	FUENTES DE CONSULTA	material a utilizar
1 y 2	Conocer las herramientas de simulación para estructuras	Practica de Laboratorio No. 1: "Introducción a simulación de comportamiento estructural" (4 horas) Lugar: Virtual	Realizar una pequeña simulación de una estructura sencilla	Reporte de Práctica 1	Guía de Laboratorio	centro de computo, software ANSYS
4	Saber manejar el contenido de los manuales de reparación	Practica de Laboratorio No. 2: "Uso de manuales" (2 horas) Lugar: Virtual	Responder un cuestionario acerca del uso del manual de reparación	Evaluación en el aula digital	Guía de Laboratorio Manuales de reparación	centro de computo, manuales de mantenimiento SRM
FIN PERIODO 1						
6	Identificar las principales herramientas utilizadas en un taller donde se trabajan piezas mecánicas	Practica de Laboratorio No. 3: "Introducción a las herramientas de taller e inicio de armado de probeta de compresión" (2 horas) Lugar: Hangar	Cortar y doblar una lamina metálica	Muestra de resutados en un informe próximo	Guía de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> -1 atomizador con agente limpiador. -1 Grinder y llaves. -2 disco de corte para grinder. -3 Roloc rojo, azules y lija -1 escuadra. -1 marcador rojo -1 juego de gauge de radio -3 limas (plana, redonda y media luna) -1 pie de rey -Lamina 2024 T3, Espesor 0.063"
8	Entender el fenómeno de pandeo y diferenciarlo del caso de tracción	Practica de Laboratorio No. 4: "Finalización de armado de probeta y ensayo de compresión" (2 horas) Lugar: Hangar y laboratorio de ensayo de materiales	Ensayo de compresión de la probeta amada	Reporte de Practica 3 y 4 Fecha de Entrega: Semana 8 y 9.	Guía de Laboratorio	Ensayo, laboratorio de ensayo de materiales
10	Entender la norma de cálculo de una unión estructural usando remaches	Practica de Laboratorio No. 5: "Explicación de uniones estructurales usando remaches" (2 horas) Lugar: Virtual	Revisión de documentos y manuales que hablan sobre los métodos de uniones con remaches	Reporte de cálculo de la probeta a realizar	Guía de Laboratorio	salon de clases, manual de mantenimiento SRM
FIN DE PERIODO 2						
12	Manejar las herramientas para remachar uniones estructurales	Practica de Laboratorio No. 6: "Armado de unión estructural con remaches" (2 horas) Lugar: Hangar	Corte y armado de una pieza unida mediante remaches	Calidad de la probeta realizada	Guía de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> - □ Wiper. -1 atomizador con agente limpiador. -1 Grinder y llaves. -2 disco de corte para grinder. -3 Roloc rojo, azul y lija -1 escuadra. -1 taladro con su llave -2 brocas, una #40 y una #21 -1 marcador -5 Clecos 5/32 -1 Clequera -1 juego de gauge de radio - Remaches 5/32 (aproximadamente 45 remaches por grupo) -1 remachadora con tibador y buterola plana y para remaches de cabeza universal 5/32 -3 limas (plana, redonda y media luna) -1 pie de rey -Lamina 2024 T3, Espesor 0.050"
14	Comparar el resultado teórico respecto al experimental	Practica de Laboratorio No. 7: "Finalización de armado de unión estructural con remaches y ensayo a falla" (2 horas) Lugar: Hangar y laboratorio de ensayos de materiales	Ensayo de tracción de la probeta armada	Reporte de Practica 7 Fecha de Entrega: Semana 14 y 15.	Guía de Laboratorio	Ensayo, laboratorio de ensayo de materiales

B.2 RES171 – Reparaciones Estructurales – Ingeniería Aeronáutica

Lista de Herramientas y Equipos			
Reparaciones Estructurales.			
Ciclo 1-2023			
Practica	Fecha	Lugar	Materiales
Practica 1: Identificación elementos estructurales	G01L: Lunes 30 de Enero de 2023. G02L: Martes 31 de Enero de 2023. G03L: Martes 31 de Enero de 2023. G04L: Martes 31 de Enero de 2023.	Hangar UDB	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Plumones • 5 Cinta métrica. • 1 Tirro • Wiper • 1 Atomizador con Alcohol Isopropílico
Practica 2: Identificación de daños y clasificación estructural.	G01L: Lunes 06 de Febrero de 2023. G02L: Martes 07 de Febrero de 2023. G03L: Martes 07 de Febrero de 2023. G04L: Martes 07 de Febrero de 2023.	Hangar UDB	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Plumones • 1 Tirro • Wiper • 1 Atomizador con Alcohol Isopropílico
Practica 3: Evaluación de daño estructural.	G01L: Lunes 13 de Febrero de 2023. G02L: Martes 14 de Febrero de 2023. G03L: Martes 14 de Febrero de 2023. G04L: Martes 14 de Febrero de 2023.	Hangar UDB	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Plumones • 1 Tirro • Wiper • 1 Atomizador con Alcohol Isopropílico • 5 Calibradores. • 1 Micrómetro de Profundidad. • 5 Lápiz de Cera. • 10 Paleta baja lengua.
Practica 4: Diseño de Reparación.	G01L: Lunes 27 de Febrero de 2023. G02L: Martes 01 de Marzo de 2023. G03L: Martes 01 de Marzo de 2023. G04L: Martes 01 de Marzo de 2023.	Hangar UDB	<ul style="list-style-type: none"> • Lamina 2024-T3 calibre 0.50. • 5 Plumones Lumocolor. • 5 Escuadra • Wiper • 1 Atomizador con Alcohol Isopropílico
Practica 5: Reparación Estructuras. Sesión 1.	G01L: Lunes 13 de Marzo de 2023. G02L: Martes 14 de Marzo de 2023. G03L: Martes 14 de Marzo de 2023. G04L: Martes 14 de Marzo de 2023.	Hangar UDB	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Plumones Lumocolor. • 5 Roloc Disk Azul • 5 Disco de corte. • 1 Aceite para Herramienta neumática. • Wiper. • 2 Atomizador con acetona. • 5 Brocas #30. • 5 Brocas #21. • Porción de Lamina 2024-T3 calibre 0.50. • 5 Calibrador • 5 Escuadra • 5 Grinder • 5 Pad porta Roloc Disk • 5 Llaves de Grinder • 5 Manguera. • 5 Taladro • 5 Llave de taladro • 5 Lima Plana • 5 Lima Redonda • 5 Rebabeador. • 15 Lentes de Seguridad. • 5 Pares Guantes de cuero. • 25 Clecos de 1/8 • 25 Clecos de 5/32 • 5 Clequera. • 5 Fresas Giratorias.
Practica 5: Reparación Estructuras. Sesión 2.	G01L: Lunes 27 de Marzo de 2023. G02L: Martes 28 de Marzo de 2023 G03L: Martes 28 de Marzo de 2023 G04L: Martes 28 de Marzo de 2023	Hangar UDB	Se utilizara la misma herramienta de la practica 5 sesión 1.
Practica 5: Reparación Estructuras. Sesión 3.	G01L: Lunes 17 de Abril de 2023. G02L: Martes 18 de Abril de 2023 G03L: Martes 18 de Abril de 2023 G04L: Martes 18 de Abril de 2023	Hangar UDB	Se utilizara la misma herramienta de la practica 5 sesión 1.
Practica 5: Reparación Estructuras. Sesión 4.	G01L: Lunes 08 de Mayo de 2023. G02L: Martes 02 de Mayo de 2023. G03L: Martes 02 de Mayo de 2023. G04L: Martes 02 de Mayo de 2023.	Hangar UDB	Se utilizara la misma herramienta de la practica 5 sesión 1.

B.3 EAV471 – Estructuras de Aviación – Técnico en Mantenimiento Aeronáutico (TMA)

Lista de Materiales y Equipos requeridos						
No. De Practica.	Nombre de la Practica.	Material a Utilizar	Herramientas y equipo a Utilizar	Lugar de Ejecución	Comentarios	Semana
1	Identificación de daños y clasificación estructural.	REFERENCIAS	NA	HANGAR		1
2	Localización de componentes por número de estación.	REFERENCIAS	5 CINTAS METRICAS 5 MARCADORES 5 TIRROS	HANGAR		2
3	CHEQUEO DE SIMETRIA	REFERENCIAS	*5 Cita métrica. *5 Marcador y tirro *Hilo de Nylon Blanco. *Fuselaje de avión Boeing 737.	HANGAR		3
4	Inspección por Golpe de rayo	NA	NA	HANGAR		4
5	Inspección de Puertas e Inspección de soportes de motor.	*Wiper. *Scotch brite. *Lubricante WD-40. *Guantes. *Kit de líquidos penetrantes.	*5 Lámpara. *5 Pernos.	HANGAR		5
6	Fasteners en estructuras aeronáuticas y tipos de fasteners especiales	Fasteners(REMACHES, TORNILLOS, PERNOS , HI LOCK, NUTS)	NA	HANGAR		6
7	Evaluación de daño estructural	*5 Marcadores y lapiz de cera *3 Tiro *3 Alcohol isopropilico *Wipe	*5 Cinta métrica *6 Vernier *5 Micrómetro de profundidad	HANGAR		7
8 A 16	REPARACION ESTRUCTURAL Y FABRICACION DE STRINGER		*Martillo *Punson *4 Paleta. *1 Regla. *Wiper. *1 Atomizador con agente limpiador. *1 Grinder y llaves. *2 Disco de corte para grinder. *3 Rollos rojos o azules *2 Pares de Guantes de cuero. (Para alumnos que están cortando) *Lentes de seguridad por cada alumno. *1 Escuadra. *1 Cartabón. *2 Manguera. *1 taladro neumatico con su llave *2 brocas , una #40 y una #21 *Orjeiras o tapones para oídos por alumno *2 marcadores *5 Ciecos 3/32 *5 Ciecos 5/32 *1 Ciequera *1 Juego de gauge de radio *Remaches 5/32 *1 Remachadora con tibado y buterola plana y para remaches de cabeza universal 5/32 *Kit tratamiento protectorio (alodine, primer) esto seria para un grupo en general de laboratorio. *3 limas (plana, redonda y media luna) *1 pie de rey *Gauge de radio *Lamina 2024 T3 , Espesor 0.050" Y 0.040	HANGAR	DE LOS MATERIALES QUE SE PINZAN SERIAN 5 BOLSAS DE HERRAMIENTA CADA UNA CON TODO LO QUE SE MENCIONA	8 A 16

ANEXO D. NOTAS DE REUNIONES CON ENCARGADOS

Roles atribuidos al Encargado de Almacén-Bodega / Encargado de Mantenimiento y Calibración

Almacén-Bodega / Entrada y salida de materiales

- Actividades en el almacén: entrega, control, recepción de materiales y equipos que se utilizan en las prácticas de laboratorio. Para el Técnico en Mantenimiento Aeronáutico e Ingeniería. (Asignación que se realiza a diario)
- Actualización y automatización de inventarios manualmente, entradas y salidas del almacén.
- Actualización constante de los inventarios de materiales consumibles, mantenibles y en caso de descarte. (Actividad desarrollada a diario para un control continuo del flujo de materiales del almacén en el desarrollo de prácticas de la facultad).
- Control de nuevas requisiciones y recepción de dichos materiales por parte del departamento de compras, además de un agregado a los inventarios ya existentes para un orden dentro del almacén.
- Elaboración de inventarios de equipos mantenibles y consumibles ubicados en el laboratorio de propulsión, aviónica y la bodega ubicada en el hangar. Constante verificación de dichos inventarios para evitar hallazgos por parte de auditorías internas y externas.
- Segregación de materiales o mercancías peligrosas según la tabla 9.3a de la IATA, dicha actividad se ha realizado en el almacén principal y en la bodega del hangar. Se realiza una constante verificación de estas mercancías ya que la gran mayoría podría tener graves afecciones en la salud de la persona encargada, como **Cáncer o enfermedades terminales**, para ello son necesarios los conocimientos obtenidos en el TMA, además que con dichas segregaciones se evita que se realicen combinaciones de materiales que puedan terminar en un incendio, o daños en la salud para estudiantes o el personal encargado. Además, que es un punto constantemente auditado, con el objetivo de conocer el proceso de segregación y almacenamiento.
- Diseño de procedimientos relacionados con la posibilidad de derrames en los laboratorios de la facultad. Ya sean de líquidos sin mayor afección al ambiente o de mercancías peligrosas.
- Recepción de materiales para los diferentes proyectos de la facultad, además de un constante control de la utilidad de estos.
- Control de caducidad en materiales consumibles almacenados en ambos almacenes, y su respectivo proceso de descarte si se tuviese un caso de materiales ya vencidos.

Responsable del mantenimiento de equipos y laboratorios

- Actividades de mantenimiento, limpieza y pruebas de funcionalidad semestrales a los equipos mantenibles del almacén, con el objetivo de verificar su funcionalidad y buen estado. Además de la elaboración de un registro y la modificación de las fechas en las respectivas bitácoras de mantenimiento de la facultad. (Control digital)
- Procesos de descarte y compra de equipos para el almacén, con el objetivo de mantener la cantidad necesaria para suplir la necesidad de unidades por estudiante.

- Mantenimiento a los equipos fijos ubicados en los diferentes laboratorios de la facultad, así como su respectiva bitácora de mantenimientos preventivos y correctivos.
- Verificación de las instalaciones del laboratorio de propulsión, aviónica y hangar, se desarrolla una “checklist” dos veces por semana para identificar posibles fallos de las instalaciones y realizar el respectivo ticket para su solución o buscar opciones para solventar dicho problema.
- Se realizan visitas periódicas al Avión escuela Boeing 727-200, para verificar las instalaciones o el desarrollo de alguna mejora ya aprobada.
- Apoyo con la solución de hallazgos realizados por auditorías internas o externas. Relacionadas a los laboratorios u otras áreas.
- Control permanente de la temperatura y humedad relativa de ambos almacenes, llevando un control digital para un monitoreo de dichas condiciones ambientales, que no se registren temperaturas excesivas que puedan causar incendios o alguna reacción química en las diferentes mercancías peligrosas almacenadas que creen una condición de riesgo. (Información que se obtiene de las diferentes MSDS de los materiales)

Responsable de Calibraciones en conjunto con el departamento de Metrología

- Diseño del sistema jerárquico de los equipos que requieren calibración, seguimiento del proyecto en apoyo con la Ing. Carolina Nuila, metróloga encargada del departamento de Metrología.
- Entrega y recepción de los equipos que son sujetos a calibración, además de solventar los inconvenientes que se puedan llegar a tener durante dicho proceso. (Si el equipo requiere un cambio de piezas o limpieza extra)
- Control en bitácoras de los equipos calibrados, teniendo un registro continuo y automatizado de la siguiente fecha de calibración según el tiempo impuesto para cada instrumento.

Otras actividades

- Seguimiento con el proyecto de automatización de inventarios, entradas y salidas del almacén de la facultad por medio de un Kardex futuro.
- Apoyo con actividades de la facultad, como el Open House, talleres para presentar algunas de las actividades que se ejecutan en las carreras de aeronáutica, para los alumnos que han hecho visitas técnicas.
- Constante apoyo en diferentes cursos que se han impartido por parte de la facultad.
- En un futuro existe la posibilidad de seguir apoyando en otros cursos y proyectos que se pueden llegar a presentar en la facultad, con el objetivo de mayor involucramiento en otras actividades apoyando con conocimientos personales de TMA o aumentando estos.
- Apoyo con el seguimiento de proyectos para horas sociales o pasantillas, relacionadas a los alumnos de TMA, que apoyan al Almacén-Bodega.

•

ANEXO E. BASE DE DATOS DE ACTIVOS

E.1 Base de datos de tipos de activos mantenible y calibrables

Nota: Tabla de Nomenclatura de Colores se muestra en secciones del documento

NOMBRE DE TIPO DE ACTIVO MANTENIBLE/CALIBRABLE	MARCA	UBICACIÓN PRIMARIA	CANTIDAD	FREC. MTTO. PREV. PLANIF.
ABOCINADOR (COD: SN)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	4	Semestral
ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 437-FB)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	6	Semestral
ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 93-040)	STANLEY	ESTANTE C	4	Semestral
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M4-M12 (3/16"-1/2") (COD: NO. 5)	SKC	ESTANTE C	5	Semestral
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M6-M20 (1/4" - 3/4") (COD: NO. 6)	SKC	ESTANTE C	5	Semestral
AEROGRAFO (COD: 66350 / PAP)	BYP	ESTANTE C	1	Semestral
ASPIRADORA NEUMATICA MANUAL (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE H	1	Semestral
BALANCEADOR DINAMICO DE HELICE (COD: VERSION 1-09)	RPX TECHNOLOGIES	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	CAMRY	ESTANTE A	3	Semestral
BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	CAMRY	ESTANTE A	1	Semestral
BARÓMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	EXTECH	ESTANTE E	1	Semestral
BATERÍA 12V ACIDO PLOMO (COD: 9070Z)	AUTOCRAFT	B727	2	Bimestral
C CLAMP (COD: 6SP)	WISE GRIP	ESTANTE C	25	Semestral
C CLAMP (COD: 84-399)	STANLEY	ESTANTE C	2	Semestral
CADENA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	9	Semestral
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	MITUTOYO	ESTANTE A	9	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	Mensual

CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	EWECO-GERMANY	ESTANTE A	12	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	BLUE-POINT	ESTANTE A	1	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	MITUTOYO	ESTANTE A	6	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	SIN MARCA	ESTANTE A	2	Mensual
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	STANLEY	ESTANTE A	6	Mensual
CALZO (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	3	Semestral
CARETA PARA SOLDAR (COD: SN)	BEST VALUE	ESTANTE H	3	Semestral
CARGADOR DE BATERÍAS (COD: 9002SE3000)	SCHUMACHER ELECTRIC	ESTANTE H	1	Bimestral
CARRETILLA CON RODOS Y 2 GAVETAS PARA RECEPCION Y ENTREGA DE HERRAMIENTAS - GRIS (COD: SN)	TARON - VIDRI	AFUERA	1	Semestral
CARRETILLA CON RODOS Y 2 GAVETAS PARA RECEPCION Y ENTREGA DE HERRAMIENTAS - ROJA (COD: 92240)	TARON - VIDRI	AFUERA	3	Semestral
CLECO FASTENER STANDARD WING NUT - BRONCE/BRASS - 3/16" (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	1	Semestral
CLECO FASTENER STANDARD WING NUT - COPPER - 1/4" (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	10	Semestral
COMPAS DIVISOR (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	6	Semestral
COMPRESOR 7.5 HP DE TORNILLO (COD: AIRCENTER SX 7.5 / ACSX7.5 S-1523 ITL)	KAESER COMPRESSORS, INC.	HANGAR UDB	1	Anual
CORTADORA DE ALAMBRE GRANDE (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	1	Semestral
CORTADORA DE ALAMBRE PEQUEÑA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	3	Semestral
CORTADORA DE LAMINA (COD: 23277)	SOMAR	ESTANTE H	1	Semestral
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO NARANJA (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	2	Semestral
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO NEGRO (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	2	Semestral
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO ROJO (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	5	Semestral
CORTADORA DE TUBOS 1/8" - 1 1/8" (COD: 93-020)	STANLEY	ESTANTE C	2	Semestral
CORTADORA DE TUBOS 1/8" - 1 1/8" (COD: 93-021)	STANLEY	ESTANTE C	3	Semestral
CUCHILLA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	7	Mensual

DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNÉTICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	Semestral
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral
DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	CRUZ TOOLS	ESTANTE A	1	Semestral
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") - MANGO NEGRO (COD: 34160)	GENERAL	ESTANTE C	6	Semestral
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") (COD: SN)	ASIAN FIRST	ESTANTE C	1	Semestral
DREMEL - ENGRAVER (COD: 290-01)	DREMEL - BOSCH GROUP	ESTANTE C	1	Bimestral
DREMEL 3000 + 10 ACCESORIOS (COD: 3000-N/10)	DREMEL - BOSCH GROUP	ESTANTE G	1	Bimestral
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	Anual
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	Anual
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	Anual
DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERÍA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	ZANDER'S / EACHINE	ESTANTE A	1	Anual
ENGRANAJE (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	6	Semestral
ESCUADRA DE 8" (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	7	Semestral
ESCUADRA METALICA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE F	5	Semestral
FILTRO EXTRA COALESCENTE DE COMPRESOR DE TORNILLO (COD: F16KE)	KAESER COMPRESSORS, INC.	HANGAR UDB	1	Anual
FILTRO Y REGULADOR PARA COMPRESOR DE AIRE (COD: 2422101) *CON MANOMETRO	TRU FLATE	ESTANTE H	1	Semestral
FILTRO Y REGULADOR PARA COMPRESOR DE AIRE (COD: 2422101) *SIN MANOMETRO	TRU FLATE	ESTANTE H	1	Semestral
FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - (COD: 12-02829)	ECON / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE E	26	Semestral
GAUGE BLOCK SET (COD: 516-526-10)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral

GENERADOR DE VACIO (COD: 12-11148)	FIBRE GAST / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE H	2	Semestral
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - ANDAMIO (CON PROTECCION) (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	Semestral
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - ANDAMIO (SIN PROTECCION) (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	1	Semestral
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - GRANDE (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	Semestral
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - PEQUEÑA (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	Semestral
GROUND POWER UNIT + BATERIAS NZ0Z (COD: 34-78MF)	HOBART	F.A.S.	1	Anual
HIDROLAVADORA DE 3,400 PSI (COD: 502324-403-2258)	DEWALT	ESTANTE H	1	Semestral
HIDRÓMETRO (COD: 11-01674)	GILL	ESTANTE E	1	Semestral
JACK 20 TONELADAS ROJO (COD: T92004)	BIG RED	ESTANTE H	2	Semestral
JACK 4 TONELADAS GRIS (COD: SN)	HYDRAULIC JACK	ESTANTE H	1	Semestral
JACK 6 TONELADAS AZUL (COD: SN)	HYDRAULIC JACK	ESTANTE H	2	Semestral
JUEGO DE GALGA TELESCOPICA (COD: 155-903)	MITUTOYO	ESTANTE A	2	Semestral
KIT DE ACOPLER RAPIDO (PARA LOS GENERADORES DE VACIO) + 1/4" INDUSTRIAL STYLE CONNECTOR KIT + TWO PIECE VACUUM VALVE 8112 (COD: VN)	FIBRE GAST / CAMPBELL HAUSFELD / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE H	2	Semestral
KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 30A ESC (COD: SN)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	3	Bimestral
KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 40A ESC (COD: SN)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	4	Bimestral
LAMPARA DE SINCRONIZACIÓN PARA MAGNETOS (COD: E50)	EASTERN TECHNOLOGY	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
LIJADORA ORBITAL NEUMATICA (COD: 78-046LA)	STANLEY	ESTANTE H	3	Semestral
LIJADORA ORBITAL NEUMATICA (COD: RO2512-50SNP)	SIoux	ESTANTE H	1	Semestral
LLAVE CANGREJA - WRENCH 12" (COD: 87-434)	STANLEY	ESTANTE B	3	Semestral
MAQUINA PARA LIMPIAR BUJIAS (COD: SPCT-100A)	AIRCRAFT TOOL SUPPLY (ATS)	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
MARCO CON SIERRA COMPLETO - MANGO NEGRO (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	3	Semestral
MARCO CON SIERRA COMPLETO - MANGO AMARILLO (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	5	Semestral

MEDIDOR DE CO2, HUMEDAD Y TEMPERATURA (COD: IAQ55)	SUPCO	AFUERA	1	Mensual
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DIGITAL (0"-6") (COD: IP54)	FOWLER	ESTANTE A	1	Semestral
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD: 128-101 / DMS60-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Bimestral
MICRO CHECKER (COD: 516-607 / MC-M10M 14J)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	MITUTOYO	ESTANTE A	3	Bimestral
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	SPI	ESTANTE A	1	Bimestral
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	Bimestral
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 103-137)	MITUTOYO	ESTANTE A	1	Bimestral
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (25-50 MM) (COD: CSN 25 1420)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	Bimestral
MINI FILTER (COD: 2434301)	TRU FLATE	ESTANTE H	1	Semestral
MINI RECIPROCATING SAW (COD: T-7702) + ACCESORIOS	TAYLOR	ESTANTE C	2	Semestral
MODULO DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO - DLE ENGINES 20-F28#4 DLE20 ELECTRONIC IGN (COD: DLEG2128)	DLE / DLE ENGINES / HOBBICO	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	Bimestral
MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVIÓN CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRÓNICA DE CAPACIDAD MÁXIMA 2,000 KG	CAS	ESTANTE A / Cuarto Compresor	3	Semestral
MORDAZA - MICROMETER STAND, 45° ANGLE TYPE (COD: 156-105-10)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral
MOTOR BRUSSHELESS 1000 KV A2212/13T (COD: A2212/13T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	1	Bimestral
MOTOR BRUSSHELESS 1400 KV A2212/10T (COD: A2212/10T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	1	Bimestral
MOTOR BRUSSHELESS 2200 KV A2212/6T (COD: A2212/6T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	5	Bimestral
MOTOR DE GASOLINA DE COMBUSTION INTERNA DE 2 TIEMPOS RC 20CC + MUFFLER + TANQUE + ACCESORIOS + GASOLINA (COD: DLE20CC)	DLE / DLE ENGINES / HOBBICO	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	Bimestral
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: MM300)	KLEIN TOOLS	ESTANTE E	4	Semestral
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: 111)	FLUKE	ESTANTE E	2	Semestral
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	TES	ESTANTE E	2	Semestral
PINZA NEGRO/AMARILLO - LONG NOSE PLIERS - 6" (COD: 84-101)	STANLEY	ESTANTE B	2	Semestral
PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	SKILL	ESTANTE E	2	Semestral
PISTOLA ENGRASADORA ESTANDAR Y ACCESORIOS (COD: DIN 1283 / 12 634 125)	VARIO PRESSOL SYSTEM	ESTANTE H	6	Semestral
PISTOLA PARA PINTURA Y RESERVORIO (COD: SN)	SAGOLA	ESTANTE H	3	Semestral
PLANCHA PARA MONOKOTE (COD: HAN141)	HANGAR 9	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	Semestral

PLOMADA TIPO TROMPO 350 GRAMOS (COD: 283907)	TACTIX	ESTANTE E	4	Semestral
POLEA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	2	Semestral
PRENSA DE BANCO GIRATORIA DE 6" (COD: SN)	TACTIX	HANGAR UDB	12	Semestral
PRENSA PORTATIL CLAMP ON VISE 3" (COD: 226303ZR)	IRWIN	ESTANTE H	9	Semestral
REMACHADORA MANUAL (RIVET SQUEEZER) (COD:12-01620 / ATSR5-1SD)	AIRCRAFT TOOL SUPPLY (ATS)	ESTANTE C	3	Semestral
REMACHADORA NEUMATICA (COD: T-4X)	TAYLOR	ESTANTE C	7	Trimestral
REMACHADORA POP (COD: SN)	TACTIX	ESTANTE C	1	Semestral
REMACHADORA POP ACORDEON (COD: 217025)	TACTIX	ESTANTE C	1	Semestral
RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING D =20.00 MM (COD: 05079)	TIMKEN	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING D =20.00 MM (COD: RNA-NA2206-RS)	FAG	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: C210)	MRC	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: E 09)	TIMKEN	ESTANTE E	15	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING D =39.80 MM (COD:SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	2	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR / ANGULAR CONTACT BEARING (COD: 5207Z)	NACHI	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR / ANGULAR CONTACT BEARING (COD: 7212)	BOCA BEARING / SKF	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR /ANGULAR CONTACT BEARING (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 16013)	SKF	ESTANTE E	2	Semestral
RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 6312Z)	NACHI	ESTANTE E	1	Semestral
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS / TAPERED ROLLER BEARING (COD: L225849 20629)	TIMKEN	ESTANTE E	23	Semestral
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS / TAPERED ROLLER BEARING D =9.00 MM (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	Semestral
ROSCA PARA EXTRACTOR DE POLEAS (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	Semestral
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER 90° - 25,000 RPM (COD: T-7759R)	TAYLOR	ESTANTE C	14	Trimestral
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 22,000 RPM (COD: T-6757R)	TAYLOR	ESTANTE C	1	Trimestral
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 25,000 RPM (COD: T-6758R)	TAYLOR	ESTANTE C	1	Trimestral
SPIRAL FLUTE EXTRACTOR SET - EXTRACTOR DE TORNILLO (COD: 53535)	IRWIN	ESTANTE C	7	Semestral
TACÓMETRO DIGITAL CON LASER (COD: DT-2234C+)	BIKER'S CHOICE	ESTANTE I	1	Semestral
TALADRO NEUMATICO (COD: T-7788N)	TAYLOR	ESTANTE C	12	Trimestral
TENAZA CORRIENTE (COD: 94-098)	STANLEY	ESTANTE B	1	Semestral
TENAZA CORRIENTE (COD: SN)	WISE GRIP	ESTANTE B	1	Semestral
TENAZA DE PRESION (COD: 84-371)	STANLEY	ESTANTE B	1	Semestral

TENAZA DE PRESION (COD: BLP7)	BLUE - POINT	ESTANTE B	1	Semestral
TENAZA PARA CLECOS - "CLEQUERA" (COD:SN)	TAIWAN	ESTANTE C	11	Semestral
TENAZA PEQUEÑA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE B	1	Semestral
TENAZA PERICA AJUSTABLE 12" (COD: 62244)	ONSITE	ESTANTE B	1	Semestral
TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 7R)	WISE GRIP - IRWIN	ESTANTE C	7	Semestral
TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 84-398)	STANLEY	ESTANTE C	2	Semestral
TENSIÓMETRO (COD: ACM-200)	TENSITRON	ESTANTE A	2	Semestral
TENSION TESTER (COD: 7401-0076)	GATES	ESTANTE A	1	Semestral
TENSOR DE ROSCA GRANDE (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	5	Semestral
TENSOR DE ROSCA PEQUEÑO (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	5	Semestral
TERMÓMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIRÓMETRO (COD: DN-868)	KODYEE	ESTANTE A	2	Semestral
TORQUÍMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	STANLEY	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
TORQUÍMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	CDI TORQUE (SNAP-ON)	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral
TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134)	PROTO	ESTANTE H	1	Semestral
TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134A)	PROTO	ESTANTE H	5	Semestral
TRANSMISOR - RC DIGITAL PROPORTIONAL CONTROLLER SYSTEM DE 6 CANALES 2.4Ghz AFHDS 2A (COD: FSi6X)	FLYSKY	ESTANTE I	1	Bimestral
TRANSPORTADOR - SQUARE HEAD STEEL PROTRACTOR NO 17 (ACERO INOXIDABLE - STAINLESS STEEL) (COD: No. 17 - UPC 22018)	GENERAL	ESTANTE A	6	Semestral
UNIVERSAL BEVEL PROTRACTOR / GONIÓMETRO (COD: 187-901)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	Semestral
VIDEOSCOPIO DIGITAL (COD: MV 400)	AUTEL	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	Semestral

E.2 Base de datos de activos calibrables

	ACTIVOS CALIBRABLES (CALIBRACIÓN INTERNA Y CALIBRACIÓN EXTERNA)	CANTIDAD	FRECUENCIA	INT/EXT
1	BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	3	BIENAL	SI - INT
2	BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	1	BIENAL	SI - INT
3	BARÓMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	1	BIENAL	SI - EXT
4	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	9	BIENAL	SI - INT
5	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	1	BIENAL	SI - INT
6	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	12	BIENAL	SI - INT
7	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	1	BIENAL	SI - INT
8	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	6	BIENAL	SI - INT
9	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	2	BIENAL	SI - INT
10	CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	6	BIENAL	SI - INT
11	DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	5	BIENAL	SI - INT
12	DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNÉTICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	4	BIENAL	SI - INT
13	DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	5	BIENAL	SI - INT
14	DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	1	BIENAL	SI - INT
15	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	1	ANUAL	SI - EXT
16	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9COB100AP)	1	ANUAL	SI - EXT
17	DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	1	ANUAL	SI - EXT
18	DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERÍA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	1	ANUAL	SI - EXT
19	GAUGE BLOCK SET (COD: 516-526-10)	5	BIENAL	SI - INT
20	HIDRÓMETRO (COD: 11-01674)	1	BIENAL	SI - EXT
21	KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 30A ESC (COD: SN)	3	BIENAL	SI - INT
22	KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 40A ESC (COD: SN)	4	BIENAL	SI - INT
23	LAMPARA DE SINCRONIZACIÓN PARA MAGNETOS (COD: E50)	1	BIENAL	SI - EXT
24	MEDIDOR DE CO2, HUMEDAD Y TEMPERATURA (COD: IAQ55)	1	BIENAL	SI - EXT
25	MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DIGITAL (0"-6") (COD: IP54)	1	BIENAL	SI - INT

26	MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD: 128-101 / DMS60-25)	5	BIENAL	SI - INT
27	MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	3	BIENAL	SI - INT
28	MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	1	BIENAL	SI - INT
29	MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	4	BIENAL	SI - INT
30	MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 103-137)	1	BIENAL	SI - INT
31	MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (25-50 MM) (COD: CSN 25 1420)	1	BIENAL	SI - INT
32	MODULO DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO - DLE ENGINES 20-F28#4 DLE20 ELECTRONIC IGN (COD: DLEG2128)	1	ANUAL	SI - EXT
33	MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVIÓN CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRÓNICA DE CAPACIDAD MÁXIMA 2,000 KG	3	ANUAL	SI - EXT
34	MULTÍMETRO DIGITAL (COD: MM300)	4	BIENAL	SI - INT
35	MULTÍMETRO DIGITAL (COD: 111)	2	BIENAL	SI - INT
36	MULTÍMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	2	BIENAL	SI - INT
37	PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	2	BIENAL	SI - INT
38	TACÓMETRO DIGITAL CON LASER (COD: DT-2234C+)	1	BIENAL	SI - EXT
39	TENSIÓMETRO (COD: ACM-200)	2	BIENAL	SI - EXT
40	TENSION TESTER (COD: 7401-0076)	1	BIENAL	SI - EXT
41	TERMÓMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIRÓMETRO (COD: DN-868)	2	ANUAL	SI - INT
42	TORQUÍMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	1	BIENAL	SI - INT
43	TORQUÍMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	1	BIENAL	SI - INT
44	TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134)	1	BIENAL	SI - INT
45	TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134A)	5	BIENAL	SI - INT
46	UNIVERSAL BEVEL PROTRACTOR / GONIÓMETRO (COD: 187-901)	5	BIENAL	SI - EXT

E.3 Base de datos de Rutinas definidas para cada activo mantenible y/o Calibrable

NOMBRE DE ACTIVO MANTENIBLE	MARCA	UBICACIÓN	CANTIDAD	MANT.	CALIB.	RUTINAS DE MANTENIMIENTO
BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	CAMRY	ESTANTE A	3	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza, Revisión del Estado de carga de baterías, Verificación de estado de pantalla, Prueba de Funcionamiento
BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	CAMRY	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza, Revisión del Estado de carga de baterías, Verificación de estado de pantalla, Prueba de Funcionamiento
BAROMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	EXTECH	ESTANTE E	1	PARCIAL	SI - EXT	Calibración Externa, Limpieza, Prueba de funcionamiento
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	MITUTOYO	ESTANTE A	9	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	EWECO-GERMANY	ESTANTE A	12	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	BLUE-POINT	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	MITUTOYO	ESTANTE A	6	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	SIN MARCA	ESTANTE A	2	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	STANLEY	ESTANTE A	6	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza

DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNETICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	CRUZ TOOLS	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza, Lubricación
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa de GPS, Gyros y Autopiloto, Inspección de estructura en general, luces LED, tapas protectoras y funcionamiento de motores, Limpieza general y limpieza de posible oxido en motores, Lubricación interna de piezas rotativas
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa de GPS, Gyros y Autopiloto, Inspección de estructura en general, luces LED, tapas protectoras y funcionamiento de motores, Limpieza general y limpieza de posible oxido en motores, Lubricación interna de piezas rotativas
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIONICA - VITRINA I	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa de GPS, Gyros y Autopiloto, Inspección de estructura en general, luces LED, tapas protectoras y funcionamiento de motores, Limpieza general y limpieza de posible oxido en motores, Lubricación interna de piezas rotativas
DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERIA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	ZANDER'S / EACHINE	ESTANTE A	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Inspección, Limpieza, prueba de funcionamiento
GAUGE BLOCK SET (COD: 516-526-10)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	SI	SI - INT	Calibración, Inspección, Limpieza
HIDROMETRO (COD: 11-01674)	GILL	ESTANTE E	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Limpieza
LAMPARA DE SINCRONIZACION PARA MAGNETOS (COD: E50)	EASTERN TECHNOLOGY	LABORATORIO DE PROPULSION	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Inspección Visual, Verificar el encendido de los LED izquierdo y derecho color rojo, Realizar prueba de la alarma audible, Verificación del voltaje de batería de 9 voltios.

MEDIDOR DE CO2, HUMEDAD Y TEMPERATURA (COD: IAQ55)	SUPCO	AFUERA	1	PARCIAL	SI - EXT	Calibracion Externa, Limpieza, Prueba de funcionamiento
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DIGITAL (0"-6") (COD: IP54)	FOWLER	ESTANTE A	1	SI	PEN D	Calibración, Limpieza
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD: 128-101 / DMS60-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	MITUTOYO	ESTANTE A	3	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	SPI	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 103-137)	MITUTOYO	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MICROMETRO PARA EXTERIORES (25-50 MM) (COD: CSN 25 1420)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza
MODULO DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO - DLE ENGINES 20-F28#4 DLE20 ELECTRONIC IGN (COD: DLEG2128)	DLE / DLE ENGINES / HOBBICO	LAB AVIONICA - VITRINA III	1	SI	SI - EXT	Calibracion Externa, Inspección, Prueba de funcionamiento
MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVION CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRONICA DE CAPACIDAD MAXIMA 2,000 KG	CAS	ESTANTE A / Cuarto Compresor	3	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Estado de carga, revisión de continuidad de cables electricos
MULTIMETRO DIGITAL (COD: MM300)	KLEIN TOOLS	ESTANTE E	4	SI	SI - INT	Calibración, Estado de carga de Bateria, Cambio de fusibles y Continuidad de terminales
MULTIMETRO DIGITAL (COD: 111)	FLUKE	ESTANTE E	2	SI	SI - INT	Calibración, Estado de carga de Bateria, Cambio de fusibles y Continuidad de terminales
MULTIMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	TES	ESTANTE E	2	SI	SI - INT	Calibración, Estado de carga de Bateria, Cambio de fusibles y Continuidad de terminales
PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	SKILL	ESTANTE E	2	SI	SI - INT	Calibración, Limpieza, Verificacion de Funcionamiento
TACOMETRO DIGITAL CON LASER (COD: DT-2234C+)	BIKER'S CHOICE	ESTANTE I	1	PARCIAL	SI - EXT	Calibracion Externa, Limpieza, Prueba de funcionamiento

TENSIOMETRO (COD: ACM-200)	TENSITRON	ESTANTE A	2	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Limpieza
TENSION TESTER (COD: 7401-0076)	GATES	ESTANTE A	1	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Limpieza
TERMOMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIROMETRO (COD: DN-868)	KODYEE	ESTANTE A	2	PARCIAL	SI - INT	Calibración Interna, Limpieza, Prueba de funcionamiento
TORQUIMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	STANLEY	LABORATORIO DE PROPULSION	1	SI	SI - INT	Verificacion de longitud en Metrologia, Limpieza
TORQUIMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	CDI TORQUE (SNAP-ON)	LABORATORIO DE PROPULSION	1	SI	SI - INT	Verificacion de longitud en Metrologia, Limpieza
TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134 TAQC0007)	PROTO	ESTANTE H	1	SI	SI - INT	Verificacion de longitud en Metrologia, Limpieza
TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134A)	PROTO	ESTANTE H	5	SI	SI - INT	Verificacion de longitud en Metrologia, Limpieza
UNIVERSAL BEVEL PROTRACTOR / GONIOMETRO (COD: 187-901)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	SI	SI - EXT	Calibración Externa, Limpieza

E.4 Base de datos de Criticidad/Jerarquías de Activos Mantenibles

Nota: Análisis en base a 7 criterios establecidos previamente – ROJO – ALTA || AMARILLO – MEDIA || VERDE – BAJA

Nombre de Activo Mantenible	Marca	Ubicación	Cant.	Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Ponder.
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER 90° - 25,000 RPM (COD: T-7759R)	TAYLOR	ESTANTE C	14	4	4	4	4	4	3	4	4	4	35
PRENSA DE BANCO GIRATORIA DE 6" (COD: SN)	TACTIX	HANGAR UDB	12	4	4	4	4	4	4	4	3	3	34
FRENADORA - ECONOMY REVERSIBLE SAFETY WIRE TWISTERS - (COD: 12-02829)	ECON / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE E	26	4	4	4	2	4	4	4	3	3	32
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: MM300)	KLEIN TOOLS	ESTANTE E	4	4	4	3	4	4	4	2	2	4	31
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: 111)	FLUKE	ESTANTE E	2	4	4	3	4	4	4	2	2	4	31
MULTÍMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	TES	ESTANTE E	2	4	4	3	4	4	4	2	2	4	31
BATERÍA 12V ACIDO PLOMO (COD: 9070Z)	AUTOCRAFT	B727	2	3	4	3	3	3	4	2	4	4	30
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	MITUTOYO	ESTANTE A	6	4	4	4	3	3	4	3	3	2	30
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	STANLEY	ESTANTE A	6	4	4	4	3	3	4	3	3	2	30
TALADRO NEUMÁTICO (COD: T-7788N)	TAYLOR	ESTANTE C	12	4	3	4	3	3	4	4	3	2	30
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	EWECO-GERMANY	ESTANTE A	12	4	3	3	3	3	4	4	3	2	29
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	SIN MARCA	ESTANTE A	2	4	4	4	3	3	4	2	3	2	29
CARGADOR DE BATERÍAS (COD: 9002SE3000)	SCHUMACHER ELECTRIC	ESTANTE H	1	3	4	3	3	3	4	1	4	4	29
TENAZA PARA CLECOS - "CLEQUERA" (COD:SN)	TAIWAN	ESTANTE C	11	3	4	4	3	3	4	4	2	2	29
TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 7R)	WISE GRIP - IRWIN	ESTANTE C	7	2	3	4	3	4	4	3	3	3	29
TENSIÓMETRO (COD: ACM-200)	TENSITRON	ESTANTE A	2	4	3	4	4	4	2	2	3	3	29
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	MITUTOYO	ESTANTE A	9	4	3	3	3	3	4	3	3	2	28

FILTRO EXTRA COALESCENTE DE COMPRESOR DE TORNILLO (COD: F16KE)	KAESER COMPRESSORS, INC.	HANGAR UDB	1	4	4	4	2	3	4	1	2	4	28
REMACHADORA NEUMATICA (COD: T-4X)	TAYLOR	ESTANTE C	7	4	3	4	3	2	3	3	3	3	28
TENAZA PICO DE PATO (LOCKING HAND SEAMER) (COD: 84-398)	STANLEY	ESTANTE C	2	2	3	4	3	4	4	2	3	3	28
GROUND POWER UNIT + BATERIAS NZ0Z (COD: 34-78MF)	HOBART	F.A.S.	1	4	3	3	4	4	2	1	2	4	27
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD: 128-101 / DMS60-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	4	3	4	3	1	4	3	3	2	27
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 22,000 RPM (COD: T-6757R)	TAYLOR	ESTANTE C	1	3	4	2	4	4	3	1	3	3	27
SPEED DRILL/PNEUMATIC 1/4" DIE GRINDER RECTO - 25,000 RPM (COD: T-6758R)	TAYLOR	ESTANTE C	1	3	4	2	4	4	3	1	3	3	27
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	4	3	3	3	3	4	1	3	2	26
MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVIÓN CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRÓNICA DE CAPACIDAD MÁXIMA 2,000 KG	CAS	ESTANTE A / Cuarto Compresor	3	4	2	2	4	4	2	2	2	4	26
TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134A)	PROTO	ESTANTE H	5	4	2	2	2	4	3	3	2	4	26
ASPIRADORA NEUMATICA MANUAL (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE H	1	2	3	3	3	3	4	3	2	2	25
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") - MANGO NEGRO (COD: 34160)	GENERAL	ESTANTE C	6	3	3	3	2	3	3	3	3	2	25
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - ANDAMIO (CON PROTECCION) (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	2	4	3	2	2	4	2	3	3	25
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - GRANDE (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	2	4	3	2	2	4	2	3	3	25
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - PEQUEÑA (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	2	2	4	3	2	2	4	2	3	3	25
TERMÓMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIRÓMETRO (COD: DN-868)	KODYEE	ESTANTE A	2	1	4	4	3	3	4	2	2	2	25

COMPRESOR 7.5 HP DE TORNILLO (COD: AIRCENTER SX 7.5 / ACSX7.5 S-1523 ITL)	KAESER COMPRESSORS, INC.	HANGAR UDB	1	4	4	3	1	2	3	1	2	4	24
DOBLADORA DE TUBO ("COMPOUND TUBING BENDER") (COD: SN)	ASIAN FIRST	ESTANTE C	1	3	3	2	4	3	3	1	3	2	24
DREMEL 3000 + 10 ACCESORIOS (COD: 3000-N/10)	DREMEL - BOSCH GROUP	ESTANTE G	1	3	2	1	3	2	4	1	4	4	24
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	4	2	1	3	4	3	1	2	4	24
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	4	2	1	3	4	3	1	2	4	24
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	DGI / LATITUDE SPORTS	LAB AVIÓNICA - VITRINA I	1	4	2	1	3	4	3	1	2	4	24
GRADA/ESCALERA INDUSTRIAL MOVIBLE AMARILLA - ANDAMIO (SIN PROTECCION) (COD: SN)	SIN MARCA	HANGAR UDB	1	2	4	3	2	2	4	1	3	3	24
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	MITUTOYO	ESTANTE A	3	4	3	3	2	1	4	2	3	2	24
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	4	3	3	2	1	4	2	3	2	24
TORQUÍMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	CDI TORQUE (SNAP-ON)	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	4	2	2	2	4	3	1	2	4	24
TORQUÍMETRO 3/4" (COD: 6134 TAQC0007)	PROTO	ESTANTE H	1	4	2	2	2	4	3	1	2	4	24
TORQUÍMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	STANLEY	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	4	2	2	2	4	3	1	2	4	24
CLECO FASTENER STANDARD WING NUT - COPPER - 1/4" (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	10	3	3	2	2	2	3	4	2	2	23
DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERÍA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	ZANDER'S / EACHINE	ESTANTE A	1	4	2	1	3	3	3	1	2	4	23

MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	SPI	ESTANTE A	1	4	3	3	2	1	4	1	3	2	23
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 103-137)	MITUTOYO	ESTANTE A	1	4	3	3	2	1	4	1	3	2	23
MICRÓMETRO PARA EXTERIORES (25-50 MM) (COD: CSN 25 1420)	SOMET INOX	ESTANTE A	1	4	3	3	2	1	4	1	3	2	23
PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	SKILL	ESTANTE E	2	2	2	3	3	4	2	2	2	3	23
CORTADORA DE TUBOS 1/8" - 1 1/8" (COD: 93-020)	STANLEY	ESTANTE C	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	22
CORTADORA DE TUBOS 1/8" - 1 1/8" (COD: 93-021)	STANLEY	ESTANTE C	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	22
DREMEL - ENGRAVER (COD: 290-01)	DREMEL - BOSCH GROUP	ESTANTE C	1	2	1	3	3	1	3	1	4	4	22
JACK 20 TONELADAS ROJO (COD: T92004)	BIG RED	ESTANTE H	2	4	2	2	2	2	2	2	3	3	22
MEDIDOR DE CO2, HUMEDAD Y TEMPERATURA (COD: IAQ55)	SUPCO	AFUERA	1	1	4	4	2	1	4	1	4	1	22
PISTOLA ENGRASADORA ESTANDAR Y ACCESORIOS (COD: DIN 1283 / 12 634 125)	VARIO PRESSOL SYSTEM	ESTANTE H	6	2	3	3	2	2	2	3	3	2	22
PRENSA PORTATIL CLAMP ON VISE 3" (COD: 226303ZR)	IRWIN	ESTANTE H	9	2	3	2	3	3	2	3	2	2	22
TENAZA CORRIENTE (COD: 94-098)	STANLEY	ESTANTE B	1	2	3	4	1	2	3	1	2	4	22
TENSION TESTER (COD: 7401-0076)	GATES	ESTANTE A	1	2	2	3	3	3	2	1	2	4	22
CARRETILLA CON RODOS Y 2 GAVETAS PARA RECEPCION Y ENTREGA DE HERRAMIENTAS - ROJA (COD: 92240)	TARON - VIDRI	AFUERA	3	1	3	3	3	2	3	2	1	3	21
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO ROJO (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	5	3	2	3	2	2	2	3	2	2	21
CUCHILLA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	7	1	2	4	1	1	3	3	4	2	21
GENERADOR DE VACIO (COD: 12-11148)	FIBRE GAST / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE H	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	21
MARCO CON SIERRA COMPLETO - MANGO AMARILLO (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	5	2	3	4	2	1	3	3	2	1	21
MOTOR BRUSSHELESS 2200 KV A2212/6T (COD: A2212/6T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	5	4	2	2	1	2	1	3	3	3	21

TENAZA DE PRESION (COD: 84-371)	STANLEY	ESTANTE B	1	2	3	4	2	2	3	1	2	2	21
TENAZA DE PRESION (COD: BLP7)	BLUE - POINT	ESTANTE B	1	2	3	4	2	2	3	1	2	2	21
TRANSPORTADOR - SQUARE HEAD STEEL PROTRACTOR NO 17 (ACERO INOXIDABLE - STAINLESS STEEL) (COD: No. 17 - UPC 22018)	GENERAL	ESTANTE A	6	2	2	3	1	1	3	3	2	4	21
ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 437-FB)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	6	3	2	2	1	3	2	3	2	2	20
C CLAMP (COD: 6SP)	WISE GRIP	ESTANTE C	25	2	2	2	2	2	2	4	2	2	20
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	BLUE-POINT	ESTANTE A	1	2	2	2	3	3	2	1	3	2	20
CLECO FASTENER STANDARD WING NUT - BRONCE/BRASS - 3/16" (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	1	3	3	2	2	2	3	1	2	2	20
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO NARANJA (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	20
CORTADORA DE REMACHES / RIVET CUTTER - HEAVY DUTY - MANGO NEGRO (COD: RIVET-CUT 04-17)	USATCO	ESTANTE C	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	20
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	4	2	2	2	2	2	3	2	1	20
DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	CRUZ TOOLS	ESTANTE A	1	3	2	3	2	3	2	1	2	2	20
JACK 4 TONELADAS GRIS (COD: SN)	HYDRAULIC JACK	ESTANTE H	1	4	2	2	2	2	2	1	3	2	20
JACK 6 TONELADAS AZUL (COD: SN)	HYDRAULIC JACK	ESTANTE H	2	4	2	2	1	2	2	2	3	2	20
KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 30A ESC (COD: SN)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	3	4	2	2	1	1	2	2	3	3	20
MARCO CON SIERRA COMPLETO - MANGO NEGRO (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	3	2	3	4	2	1	3	2	2	1	20
PINZA NEGRO/AMARILLO - LONG NOSE PLIERS - 6" (COD: 84-101)	STANLEY	ESTANTE B	2	2	4	4	1	1	3	2	2	1	20
TENAZA CORRIENTE (COD: SN)	WISE GRIP	ESTANTE B	1	2	3	4	1	2	3	1	2	2	20
TENAZA PERICA AJUSTABLE 12" (COD: 62244)	ONSITE	ESTANTE B	1	2	2	4	2	2	3	1	2	2	20
ABOCINADOR (COD: SN)	IMPERIAL EASTMAN	ESTANTE C	4	3	2	2	1	3	2	2	2	2	19

ABOCINADOR (EXPANDIDOR) (COD: 93-040)	STANLEY	ESTANTE C	4	3	2	2	1	3	2	2	2	2	19
BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	CAMRY	ESTANTE A	1	3	2	3	1	2	3	1	2	2	19
CORTADORA DE ALAMBRE PEQUEÑA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	3	2	3	2	2	2	3	2	2	1	19
ESCUADRA DE 8" (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE C	7	2	2	2	1	1	3	3	2	3	19
FILTRO Y REGULADOR PARA COMPRESOR DE AIRE (COD: 2422101) *CON MANOMETRO	TRU FLATE	ESTANTE H	1	2	2	3	2	2	3	1	2	2	19
HIDROLAVADORA DE 3,400 PSI (COD: 502324-403-2258)	DEWALT	ESTANTE H	1	2	3	2	1	3	2	1	2	3	19
KIT DE ACOPLER RAPIDO (PARA LOS GENERADORES DE VACIO) + 1/4" INDUSTRIAL STYLE CONNECTOR KIT + TWO PIECE VACUUM VALVE 8112 (COD: VN)	FIBRE GAST / CAMPBELL HAUSFELD / AIRCRAFT SPRUCE	ESTANTE H	2	2	2	3	1	2	2	2	3	2	19
KIT DE ELECTRÓNICA PARA RADIOCONTROL, 40A ESC (COD: SN)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	4	4	2	2		1	2	2	3	3	19
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DIGITAL (0"-6") (COD: IP54)	FOWLER	ESTANTE A	1	1	3	4	3	2	1	1	2	2	19
MOTOR BRUSSHELESS 1000 KV A2212/13T (COD: A2212/13T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	1	4	2	2	1	2	1	1	3	3	19
MOTOR BRUSSHELESS 1400 KV A2212/10T (COD: A2212/10T)	ALIEXPRESS	ESTANTE I	1	4	2	2	1	2	1	1	3	3	19
PLANCHA PARA MONOKOTE (COD: HAN141)	HANGAR 9	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	4	1	2	1	3	2	1	2	3	19
TACÓMETRO DIGITAL CON LASER (COD: DT-2234C+)	BIKER'S CHOICE	ESTANTE I	1	3	2	2	1	2	2	1	3	3	19
TENAZA PEQUEÑA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE B	1	2	1	4	1	1	3	1	2	4	19
TENSOR DE ROSCA GRANDE (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	5	2	2	2	2	2	2	3	1	3	19
TRANSMISOR - RC DIGITAL PROPORTIONAL CONTROLLER SYSTEM DE 6 CANALES 2.4Ghz AFHDS 2A (COD: FSi6X)	FLYSKY	ESTANTE I	1	4	1	1	1	2	2	1	3	4	19
C CLAMP (COD: 84-399)	STANLEY	ESTANTE C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
CARETA PARA SOLDAR (COD: SN)	BEST VALUE	ESTANTE H	3	4	2	2	1	1	2	2	2	2	18
CORTADORA DE ALAMBRE GRANDE (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE B	1	2	3	2	2	2	3	1	2	1	18

CORTADORA DE LAMINA (COD: 23277)	SOMAR	ESTANTE H	1	3	1	3	2	2	1	1	2	3	18
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNÉTICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	MITUTOYO	ESTANTE A	4	4	2	2	1	2	2	2	2	1	18
FILTRO Y REGULADOR PARA COMPRESOR DE AIRE (COD: 2422101) *SIN MANOMETRO	TRU FLATE	ESTANTE H	1	1	2	3	2	2	3	1	2	2	18
LAMPARA DE SINCRONIZACIÓN PARA MAGNETOS (COD: E50)	EASTERN TECHNOLOGY	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	3	1	1	3	2	1	1	2	4	18
LIJADORA ORBITAL NEUMATICA (COD: 78-046LA)	STANLEY	ESTANTE H	3	1	1	2	3	3	2	2	2	2	18
LLAVE CANGREJA - WRENCH 12" (COD: 87-434)	STANLEY	ESTANTE B	3	2	3	3	1	1	3	2	2	1	18
MAQUINA PARA LIMPIAR BUJIAS (COD: SPCT-100A)	AIRCRAFT TOOL SUPPLY (ATS)	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	3	2	1	3	2	1	1	2	3	18
MINI RECIPROCATING SAW (COD: T-7702) + ACCESORIOS	TAYLOR	ESTANTE C	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	18
MODULO DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO - DLE ENGINES 20-F28#4 DLE20 ELECTRONIC IGN (COD: DLEG2128)	DLE / DLE ENGINES / HOBBICO	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	3	1	1	2	2	1	1	3	4	18
MOTOR DE GASOLINA DE COMBUSTION INTERNA DE 2 TIEMPOS RC 20CC + MUFFLER + TANQUE + ACCESORIOS + GASOLINA (COD: DLE20CC)	DLE / DLE ENGINES / HOBBICO	LAB AVIÓNICA - VITRINA III	1	3	1	1	2	2	1	1	3	4	18
PISTOLA PARA PINTURA Y RESERVORIO (COD: SN)	SAGOLA	ESTANTE H	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
TENSOR DE ROSCA PEQUEÑO (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	5	2	2	2	2	2	2	3	1	2	18
UNIVERSAL BEVEL PROTRACTOR / GONIÓMETRO (COD: 187-901)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	2	2	3	1	1	2	3	2	2	18
BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	CAMRY	ESTANTE A	3	3	2	2	1	1	2	2	2	2	17
CADENA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	9	3	2	2	1	1	2	3	2	1	17
ESCUADRA METALICA (COD: SN)	STANLEY	ESTANTE F	5	2	2	1	1	1	3	3	2	2	17
JUEGO DE GALGA TELESCOPICA (COD: 155-903)	MITUTOYO	ESTANTE A	2	1	2	2	1	1	3	2	2	3	17
LIJADORA ORBITAL NEUMATICA (COD: RO2512-50SNP)	SIOUX	ESTANTE H	1	1	1	2	3	3	2	1	2	2	17

MORDAZA - MICROMETER STAND, 45° ANGLE TYPE (COD: 156-105-10)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	2	2	2	1	1	2	3	2	2	17
REMACHADORA POP (COD: SN)	TACTIX	ESTANTE C	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	17
VIDEOSCOPIO DIGITAL (COD: MV 400)	AUTEL	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	3	1	1	3	3	1	1	2	2	17
REMACHADORA POP ACORDEON (COD: 217025)	TACTIX	ESTANTE C	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	16
SPIRAL FLUTE EXTRACTOR SET - EXTRACTOR DE TORNILLO (COD: 53535)	IRWIN	ESTANTE C	7	2	1	1	1	2	2	3	2	2	16
ENGRANAJE (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	6	3	2	1	1	1	1	3	2	1	15
GAUGE BLOCK SET (COD: 516-526-10)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	4	1	1	1	1	1	3	2	1	15
REMACHADORA MANUAL (RIVET SQUEEZER) (COD:12-01620 / ATSR5-1SD)	AIRCRAFT TOOL SUPPLY (ATS)	ESTANTE C	3	2	3	1	2	1	1	2	2	1	15
ROSCA PARA EXTRACTOR DE POLEAS (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	15
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M4-M12 (3/16"-1/2") (COD: NO. 5)	SKC	ESTANTE C	5	2	1	1	1	2	1	3	2	1	14
ADJUSTABLE TAP WRENCH - MACHUELO DE BARRA AJUSTABLE - M6-M20 (1/4" - 3/4") (COD: NO. 6)	SKC	ESTANTE C	5	2	1	1	1	2	1	3	2	1	14
BALANCEADOR DINAMICO DE HELICE (COD: VERSION 1-09)	RPX TECHNOLOGIES	LABORATORIO DE PROPULSIÓN	1	3	2	1	1	1	2	1	1	2	14
CARRETILLA CON RODOS Y 2 GAVETAS PARA RECEPCION Y ENTREGA DE HERRAMIENTAS - GRIS (COD: SN)	TARON - VIDRI	AFUERA	1	1	2	2	1	2	1	1	1	3	14
COMPAS DIVISOR (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE C	6	1	2	2	1	1	2	3	1	1	14
DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	4	1	1	1	1	1	3	1	1	14
MINI FILTER (COD: 2434301)	TRU FLATE	ESTANTE H	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	14
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: E 09)	TIMKEN	ESTANTE E	15	2	1	1	1	1	1	4	2	1	14
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS / TAPERED ROLLER BEARING (COD: L225849 20629)	TIMKEN	ESTANTE E	23	2	1	1	1	1	1	4	2	1	14

MICRO CHECKER (COD: 516-607 / MC-M10M 14J)	MITUTOYO	ESTANTE A	5	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	13
PLOMADA TIPO TROMPO 350 GRAMOS (COD: 283907)	TACTIX	ESTANTE E	4	3	1	1	1	1	1	1	2	1	2	13
POLEA (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	2	3	1	1	1	1	1	1	2	1	2	13
CALZO (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12
HIDRÓMETRO (COD: 11-01674)	GILL	ESTANTE E	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	12
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING D =39.80 MM (COD:SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12
RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 16013)	SKF	ESTANTE E	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12
BARÓMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	EXTECH	ESTANTE E	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11
RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING D =20.00 MM (COD: 05079)	TIMKEN	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE AGUJA / NEEDLE BEARING D =20.00 MM (COD: RNA-NA2206-RS)	FAG	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE BOLA / BALL BEARING (COD: C210)	MRC	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR / ANGULAR CONTACT BEARING (COD: 5207Z)	NACHI	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR / ANGULAR CONTACT BEARING (COD: 7212)	BOCA BEARING / SKF	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE BOLA DE CONTACTO ANGULAR / ANGULAR CONTACT BEARING (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE BOLA DE RANURA PROFUNDA / DEEP GROOVE BALL BEARING (COD: 6312Z)	NACHI	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS / TAPERED ROLLER BEARING D =9.00 MM (COD: SN)	SIN MARCA	ESTANTE E	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
AEROGRAFO (COD: 66350 / PAP)	BYP	ESTANTE C	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

E.5 Base de datos de Criticidad/Jerarquías de Activos Calibrables

Nota: Análisis en base a 7 criterios establecidos previamente – ROJO – ALTA || AMARILLO – MEDIA || VERDE – BAJA

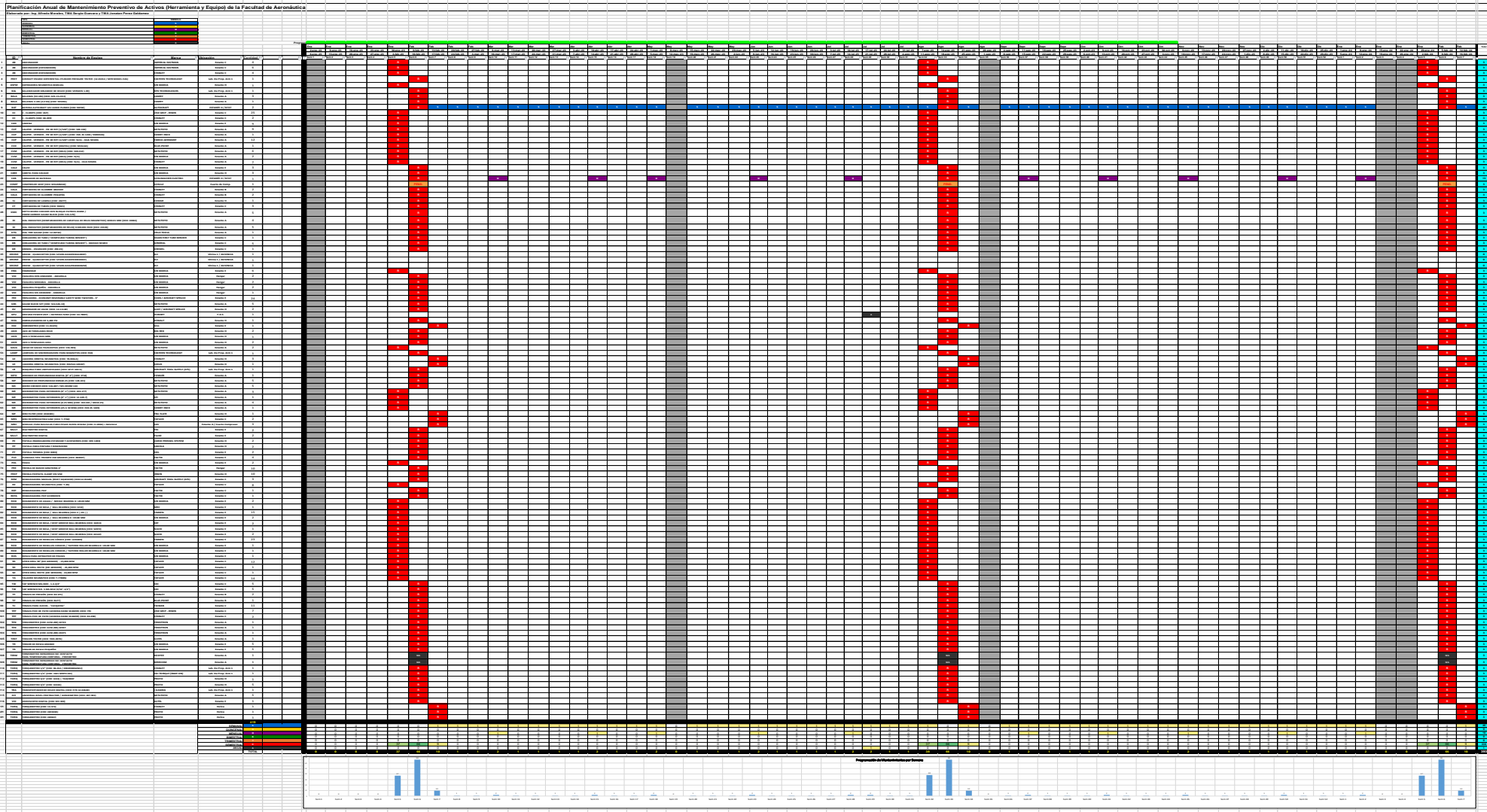
Nombre de Activo Calibrable	Cant.	Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Ponder.
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: SN) - CAJA NEGRA	12	3	4	4	3	4	1	4	23
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: 530-104)	9	3	4	4	3	3	1	4	22
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: 530-312) - ESTUCHE AZUL	6	3	4	4	3	3	1	4	22
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (STANLEY)	6	3	4	4	3	3	1	4	22
MULTIMETRO DIGITAL (COD: MM300)	4	4	4	4	4	2	1	3	22
MULTIMETRO DIGITAL (COD: 111)	2	4	4	4	4	2	1	3	22
MULTIMETRO DIGITAL (COD: TES 2700)	2	4	4	4	4	2	1	3	22
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (MILS) (COD: SN) - CAJA NEGRA (SIN MARCA)	2	3	4	4	3	2	1	4	21
BALANZA (33 LBS) (COD: ACS-15-JC11)	3	4	3	4	4	2	1	2	20
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (1/128") (COD: CSN 25 1238 / 9M00146)	1	3	4	4	3	1	1	4	20
CALIPER - VERNIER - PIE DE REY (DIGITAL) (COD: MCAL6A)	1	3	4	4	3	1	1	4	20
TENSIOMETRO (COD: ACM-200)	2	4	3	3	4	2	1	3	20
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 103-177)	3	4	3	3	3	2	1	4	20
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 102-301 / M310-25)	4	4	3	3	3	2	1	4	20
BALANZA 5 LBS (2.2 KG) (COD: EK5055)	1	4	3	4	4	1	1	2	19
MODULO PARA BASCULAS PARA PESAR AVION CESSNA (COD: CI-200A) + BASCULA ELECTRONICA DE CAPACIDAD MAXIMA 2,000 KG	3	4	2	2	4	2	2	3	19
TERMOMETRO INFRARROJO NO CONTACTO PARA TEMPERATURA CORPORAL - PIROMETRO (COD: DN-868)	2	1	4	4	3	2	2	3	19
TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134A)	5	3	3	3	4	3	1	2	19
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0"-1") (COD: 12-349-7)	1	4	3	3	3	1	1	4	19
MICROMETRO PARA EXTERIORES (0-25 MM) (COD: 103-137)	1	4	3	3	3	1	1	4	19
MICROMETRO PARA EXTERIORES (25-50 MM) (COD: CSN 25 1420)	1	4	3	3	3	1	1	4	19
MEDIDOR DE CO2, HUMEDAD Y TEMPERATURA (COD: IAQ55)	1	3	4	2	4	1	1	3	18
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DMS60-25 (COD: 128-101 / DMS60-25)	5	3	3	2	3	3	1	2	17
TORQUIMETRO 1/2" (COD: 86-654 20020040628A1)	1	3	3	3	4	1	1	2	17
TORQUIMETRO 1/4" (COD: 1501 MRPH-CDI)	1	3	3	3	4	1	1	2	17

TORQUIMETRO 3/4" (COD: 6134)	1	3	3	3	4	1	1	2	17
KIT DE ELECTRONICA PARA RADIOCONTROL, 30A ESC (COD: SN)	3	3	2	2	3	2	1	3	16
KIT DE ELECTRONICA PARA RADIOCONTROL, 40A ESC (COD: SN)	4	3	2	2	3	2	1	3	16
LAMPARA DE SINCRONIZACION PARA MAGNETOS (COD: E50)	1	4	1	2	4	1	1	3	16
PISTOLA DE CALOR DE 1,200W (COD: 8003)	2	2	3	2	4	2	1	2	16
TENSION TESTER (COD: 7401-0076)	1	3	2	3	3	1	1	3	16
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0A100EP)	1	4	2	1	2	1	2	3	15
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASDE9C0B100AP)	1	4	2	1	2	1	2	3	15
DRONE - QUADCOPTER (COD: SPARK-0ASUFB1004032M)	1	4	2	1	2	1	2	3	15
DRONE - QUADCOPTER VERDE (KIT) DE CARRERA + BATERÍA DE 1100MAH 50C HV4.35V 15.2V 4S 1P 16.72WH (EACHINE) + AC/DC ADAPTER AC100-240V 50/60HZ (COD: YS-1230)	1	4	2	1	2	1	2	3	15
TACOMETRO DIGITAL CON LASER (COD: DT-2234C+)	1	3	2	2	3	1	1	3	15
UNIVERSAL BEVEL PROTRACTOR / GONIOMETRO (COD: 187-901)	5	1	2	2	3	3	1	3	15
MODULO DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO - DLE ENGINES 20-F28#4 DLE20 ELECTRONIC IGN (COD: DLEG2128)	1	3	1	1	4	1	2	2	14
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE RELOJ) 0.5X0.001 INCH (COD: 2414S)	5	2	2	2	2	3	1	1	13
MEDIDOR DE PROFUNDIDAD DIGITAL (0"-6") (COD: IP54)	1	3	1	1	4	1	1	2	13
DIAL INDICATOR (COMPARADORES DE CARATULA DE RELOJ MAGNETICO) 10X0.01 MM (COD: 3046S)	4	2	2	2	2	2	1	1	12
DIAL TIRE GAUGE (COD: 12-03742)	1	2	3	2	2	1	1	1	12
GAUGE BLOCK SET (COD: 516-526-10)	5	1	1	1	3	3	1	2	12
HIDROMETRO (COD: 11-01674)	1	3	2	1	3	1	1	1	12
DEPTH MICRO CHECKER CON BLOQUE PATRON 25MM / 25MM CARBIDE GAUGE BLOCK (COD: 515-570)	5	1	1	1	3	3	1	1	11
BAROMETRO Y REGISTRADOR DIGITAL DE DATOS DE PRESIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA / DATA LOGGER (COD: SD700)	1	1	1	1	3	1	1	2	10

ANEXO F. PLANIFICACIONES / CALENDARIZACIÓN – MS EXCEL®

F.1 Planificación Anual de Mantenimiento Preventivo

Nota: Archivo fuente disponible debido a tamaño



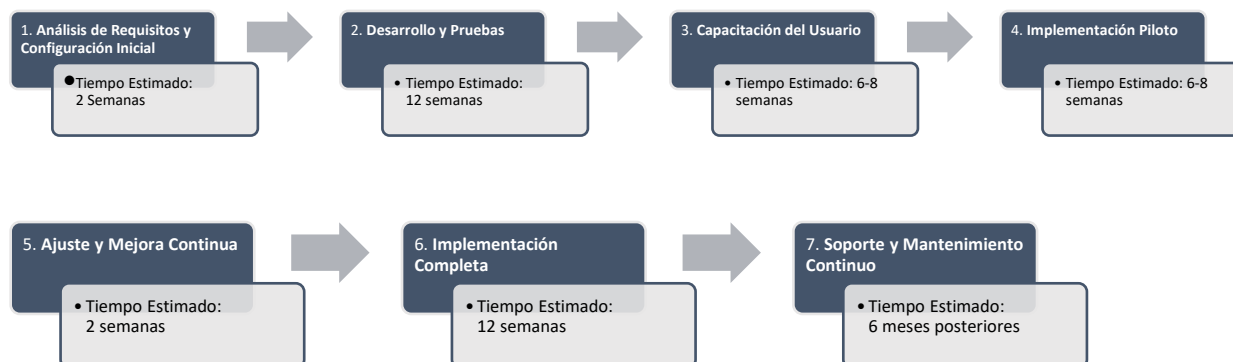
ANEXO G. GESTIONES – MS EXCEL®

G.1 Gestión de Mantenimiento Preventivo Planificado

Nota: Archivo fuente disponible debido a tamaño

Gestiones de Mantenimiento Preventivo y Calibraciones de Activos de la Fac. de Aeronáutica										Gestion de Mantenimiento Preventivo										
Elaborado por: Ing. Alfredo Morales, TMA Sergio Guzman, TMA Jonathan Perez Galdeano, Kivida Gonzalez																				
NO	DESCRIPCION DE EQUIPO / CALIBRACION	TIPO DE FAMA DE VPO	NO	DESCRIPCION DE ACTIVO SUBYACENTE	UNIDAD	UBICACION	CANTIDAD	BASE	FECHA	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	
1

ANEXO H. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA UN CMMS HECHO EN CASA PARA GESTIONES ACADÉMICAS



Objetivo: Guiar y estructurar de manera efectiva la introducción y adopción del CMMS en la Facultad de Aeronáutica de la Universidad Don Bosco. Este plan tiene como objetivo principal lograr una transición suave y exitosa desde los procesos de gestión de mantenimiento existentes hacia el uso eficiente y efectivo del nuevo sistema CMMS.

1. Análisis de Requisitos y Configuración Inicial:

- Revisar y confirmar los requisitos técnicos y funcionales del CMMS, incluyendo módulos.
- Configurar el entorno de desarrollo y prueba e interfaz de usuario.
- Identificar y recopilar los datos necesarios para la inicialización del sistema.

2. Desarrollo y Pruebas:

- Desarrollar las funcionalidades clave del CMMS utilizando los diagramas esenciales ERD y DFD propuestos, módulos propuestos, tipos de usuarios y sus permisos.
- Realizar pruebas exhaustivas para asegurar la estabilidad y funcionalidad.
- Obtener retroalimentación de los usuarios durante las pruebas beta.

3. Capacitación de Usuarios:

- Desarrollar materiales de capacitación.
- Impartir sesiones de capacitación a los usuarios finales (cada tipo de usuario según sus permisos y usabilidad).
- Proporcionar documentación detallada para el uso del CMMS (Manual o similar).

4. Implementación Piloto:

- Seleccionar un grupo piloto para la implementación inicial.
- Realizar pruebas en un entorno de producción controlado.
- Refinar el sistema según la retroalimentación del piloto.

5. Ajuste y Mejora Continua:

- Monitorear el rendimiento del sistema después de la implementación completa.
- Realizar ajustes y mejoras basadas en la retroalimentación, cambios sugeridos y necesidades externalizadas por parte de los usuarios.
- Mantener una comunicación abierta para recopilar comentarios continuos.

6. Implementación Completa:

- Desplegar el CMMS en toda la Facultad de Aeronáutica.
- Proporcionar soporte adicional durante la transición.
- Garantizar que todos los usuarios estén cómodos con el nuevo sistema.

7. Soporte y Mantenimiento Continuo:

- Establecer un proceso de soporte para abordar problemas y preguntas.
- Programar actualizaciones regulares y mantenimiento preventivo.
- Monitorear la seguridad y realizar ajustes según sea necesario.

Entregables:

- *Software en productivo compilado y testeado*
- *Reportes de entradas y salidas*
- *Checklists (pruebas unitarias, pruebas integrales)*
- *Queries (consulta, actualización, borrado, referencias cruzadas)*
- *Formularios (modales, animados)*
- *Algoritmos (procesos, validaciones, entradas y salidas)*
- *Diccionario de datos (definición de datos, procesos, manuales)*

ANEXO I. PROPUESTA DE PLAN DE CAPACITACIÓN A USUARIOS QUE UTILIZARÁN CMMS

Objetivo: Capacitar al personal de la Facultad de Aeronáutica y otras entidades internad que quisieran formar parte (Ej. CIDIM, Facultad de Ingeniería, etc.) en los conceptos clave de mantenimiento y en el uso efectivo del nuevo CMMS implementado, asegurando una transición exitosa hacia la gestión optimizada del mantenimiento.

Duración: El plan se ejecutará durante un período de entre 6-8 semanas según tipo de usuario, con sesiones programadas de capacitación y apoyo continuo.

I. Conceptos de Mantenimiento:

Semana 1-2:

1. Introducción a los Conceptos de Mantenimiento:

- Definiciones y tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo).
- Importancia del mantenimiento en la industria aeronáutica.

2. Procesos de Mantenimiento:

- Ciclo de vida del mantenimiento.
- Planificación y programación de mantenimiento.
- Gestión de activos y equipos.

3. Normativas y Seguridad:

- Cumplimiento de normativas en la industria aeronáutica.
- Importancia de la seguridad en las operaciones de mantenimiento.

II. Introducción al CMMS Implementado – gestiones y modulos:

Semana 3-4:

4. Introducción al Nuevo CMMS:

- Visión general de la arquitectura y funciones del sistema.
- Navegación y estructura de menús.

5. Registro y Seguimiento de Activos:

- Cómo registrar nuevos activos en el sistema.

- Seguimiento de la información de activos y equipos.

6. Gestión de Órdenes de Trabajo:

- Creación y asignación de órdenes de trabajo.
- Seguimiento y cierre de órdenes de trabajo.

Semana 5-6:

7. Gestión de Mantenimiento Preventivo:

- Configuración y seguimiento de programas de mantenimiento preventivo.
- Generación de informes de mantenimiento preventivo.

8. Gestión de Calibraciones:

- Registro y seguimiento de calibraciones mediante certificados.

III. Prácticas y Evaluación:

Semana 7-8:

9. Simulaciones y Prácticas:

- Ejercicios prácticos de uso del CMMS.
- Simulaciones de escenarios de mantenimiento.

10. Evaluación y Retroalimentación:

- Evaluación del conocimiento adquirido.
- Recopilación de comentarios y retroalimentación.

IV. Soporte Continuo:

11. Sesiones de Preguntas y Respuestas:

- Sesiones periódicas para abordar preguntas y desafíos.

12. Recursos de Soporte:

- Proporcionar materiales de referencia.
- Establecer un sistema de soporte para consultas continuas.

Tiempo de Capacitación por tipo de usuario – Propuesta Inicial

Director: Dado que el director puede necesitar una comprensión general y estratégica, podría requerir una capacitación inicial de 1 a 2 semanas.

Encargado: El encargado, que probablemente esté más involucrado en la operación diaria, podría necesitar aproximadamente 3-4 semanas para abordar tanto los conceptos de mantenimiento como la capacitación en el CMMS.

Docentes: Los docentes, dependiendo de su participación en el uso del sistema, podrían necesitar una capacitación más enfocada, que podría abarcarse en 2 a 3 semanas.

Técnicos: Dado que los técnicos estarán directamente involucrados en el uso práctico del CMMS, podrían necesitar entre 2 y 3 semanas de capacitación más detallada.

Entregables :

- *Material de capacitación.*
- *Ejercicios prácticos y simulaciones en vivo.*
- *Evaluaciones de conocimiento en vivo con instructor.*
- *Recopilación de retroalimentación.*