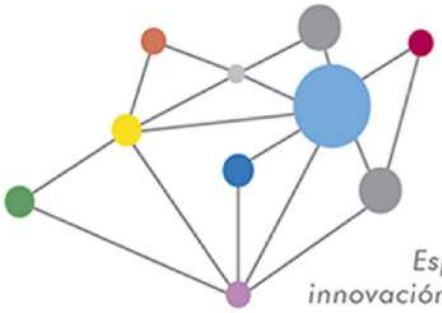
Universidad Nacional de Rosario

CENTRO DE ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS



GTEC

Especialización en gestión de la innovación y la vinculación tecnológica.

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARSENAL NAVAL MAR DEL PLATA.

Autor: Ing. Alejandro Ernesto Guardamagna
Director: Mg. Tomás Carroza

Junio 2025, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

Resumen

El Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP), institución fundamental para el mantenimiento de la flota de la Armada Argentina, enfrenta actualmente desafíos en su gestión de mantenimiento debido a procesos con limitaciones en términos de eficiencia, dependencia de sistemas manuales y dificultades en la trazabilidad de la información. Esta situación, agudizada por la incorporación de unidades modernas y la complejidad de los activos, demanda una urgente optimización tecnológica. El presente Trabajo Final Integrador aborda esta problemática mediante el diseño conceptual de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS), adaptado específicamente a las necesidades y requerimientos del ARMP.

El trabajo se inicia con un marco teórico que abarca la gestión del mantenimiento, sus estrategias, indicadores clave de desempeño y los sistemas CMMS. Luego se describe el contexto institucional del ARMP, seguido de un diagnóstico de sus prácticas actuales de mantenimiento, donde se identifican las principales deficiencias y áreas de oportunidad. Un análisis comparativo entre soluciones CMMS comerciales y de desarrollo propio fundamenta la elección de un diseño a medida como la opción más adecuada para la institución.

El núcleo de este TFI radica en la propuesta de diseño conceptual del CMMS, que se estructura en torno a ocho módulos interconectados para los cuales se define su propósito, alcance y funcionalidades clave, orientadas a satisfacer las necesidades de los diversos perfiles de usuario identificados, desde el personal técnico hasta jefaturas.

Se concluye que la implementación de este CMMS de desarrollo propio ofrecería beneficios significativos al ARMP, incluyendo una mayor eficiencia en la planificación y ejecución del mantenimiento, optimización de recursos, mejora en la disponibilidad de activos y capacidad fortalecida para la toma de decisiones basadas en datos. Si bien este trabajo se centra en el diseño conceptual, se proponen recomendaciones para futuras etapas de desarrollo, implementación y expansión del sistema. Este diseño busca construir una base sólida para la modernización integral de la gestión de mantenimiento en el ARMP, en apoyo a la misión de la Armada Argentina.

Índice

Resumen 1

Introducción 5

Objetivo 6

Alcance y Objetivos específicos 6

Capítulo 1: Marco Teórico 7

1.1 Gestión del Mantenimiento 7

1.1.1 Retos Específicos del Mantenimiento en el Sector Defensa 8

1.1.2 Indicadores Clave de Desempeño 8

1.2 Tipos de Estrategias de Mantenimiento. 10

1.2.1 Mantenimiento Correctivo 11

1.2.2 Mantenimiento Preventivo 12

1.2.3 Estrategias Avanzadas de Mantenimiento 13

1.2.4 Consideraciones Sobre la Implementación de Estrategias de Mantenimiento 13

1.3 Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado. 14

Capítulo 2: Marco Institucional y Ámbito de Estudio. 17

2.1 Contexto Institucional del Ámbito de Aplicación del Trabajo Final. 17

2.2 El Arsenal Naval Mar del Plata: Espacio de Estudio. 20

2.3 Contexto Laboral del Arsenal Naval Mar del Plata 21

Capítulo 3: Gestión de Mantenimiento en el Ámbito de Estudio 23

3. 1 Antecedentes de Gestión del Mantenimiento en el ARMP 23

3.2 Prácticas actuales de la Gestión del Mantenimiento en el ARMP 26

3.3 Diagnóstico de las Prácticas Actuales de Mantenimiento. 29

3.3.1 Fortalezas 30

3.3.2 Debilidades 30

3.3.3 Oportunidades 31
3.3.4 Amenazas 31
3.3.5 Matriz de Estrategias 32
Capítulo 4: Análisis comparativo de CMMS para el Arsenal 34
4.1 Tipos de Software de Gestión de Mantenimiento Computarizado 34
4.1.1 CMMS Comercial 34
4.1.2 CMMS de Desarrollo Propio 35
4.2 Tabla Comparativa entre CMMS Comercial y de Desarrollo Propio 37
Capítulo 5: Intervención Profesional 40
5.1 Levantamiento de Requerimientos. 40
5.2 Perfiles de Usuario. 41
5.2.1 Administrador del Sistema CMMS 41
5.2.2 Jefatura de Departamento de Producción 42
5.2.3 Administrativo de Departamento de Producción 43
5.2.4 Jefatura de División. 44
5.2.5 Responsable de Sección 45
5.2.6 Técnico 47
5.2.7 Encargado de Pañol 48
5.2.8 Administrativo de División 49
5.3 Módulos y Funcionalidades Clave 50
5.3.1 Gestión de Activos 51
5.3.2 Gestión de Órdenes de Trabajo 53
5.3.3 Gestión de Mantenimiento Preventivo 56
5.3.4 Gestión de Inventario 57
5.3.5 Gestión Documental 59
5.3.6 Gestión de Personal. 61
5.3.7 Informes y Análisis. 63

5.3.8 Administración y Configuración del Sistema. 65
Conclusión..... 68
Recomendaciones 70
Bibliografía 72

Introducción

Una gestión eficiente del mantenimiento es fundamental para asegurar la disponibilidad operativa y la optimización de recursos en organizaciones complejas. Esta necesidad aumenta en instituciones del sector de Defensa, donde se encuentra el Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP), uno de los principales arsenales de la Armada Argentina, responsable del mantenimiento de diversos destinos[1], que incluyen Estaciones Terrenas de Comunicaciones, Avisos, Buques Oceanográficos, Submarinos y los recientemente incorporados Patrulleros Oceánicos (OPV por sus siglas en inglés *Offshore Patrol Vessel*).

Actualmente, el ARMP enfrenta grandes desafíos en su gestión de mantenimiento, principalmente debido a que su sistema evidencia limitaciones en términos de eficiencia, a menudo agravada por los procesos burocráticos, que impactan directamente en la disponibilidad operativa de los sistemas, equipos y unidades a su cargo. Esta problemática se profundiza ante actual modernización de la flota, como la reciente incorporación de los mencionados patrulleros oceánicos y la posible adquisición de nuevos submarinos, unidades que demandarán estándares de mantenimiento y capacidades de gestión aún más exigentes que los presentes.

La modernización de estos procesos mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés Computerized Maintenance Management Systems) se presenta como una solución imprescindible para afrontar los desafíos actuales y futuros del ARMP. Sin embargo, la elección entre adoptar una solución comercial existente o desarrollar un sistema a medida requiere un análisis cuidadoso, considerando las particularidades operativas del Arsenal, sus estrictos requisitos de seguridad de la información y la necesidad de soberanía tecnológica propia de una institución de Defensa.

Es importante destacar que este trabajo se enfoca en el diseño conceptual y los aspectos funcionales del software CMMS. La eventual implementación de

[1] Destino hace referencia a cualquier unidad o dependencia de la Armada Argentina, ya sea naval o terrestre.

este sistema requerirá de etapas subsiguientes que exceden el alcance de este proyecto, tales como el desarrollo del software, planificación de la migración de datos, así como la capacitación del personal, gestión integral del cambio organizacional y la definición y provisión de la infraestructura de red y hardware de seguridad necesarios. En cuanto a este último punto, el Ing. Leonardo Avalos, en su Trabajo Final Integrador, abordará el análisis y la propuesta de infraestructura de red y hardware seguro que podrían dar soporte al futuro CMMS.

Objetivo

El objetivo principal de este Trabajo Final será diseñar conceptualmente un Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento para implantar en el Arsenal Naval Mar del Plata de acuerdo con los requerimientos y necesidades específicas de la institución, con el fin de optimizar sus procesos y mejorar la disponibilidad operativa de las unidades bajo su responsabilidad.

Alcance y Objetivos específicos

Para llevar adelante el objetivo principal, será necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar los perfiles de usuarios que interactuarán con el sistema CMMS propuesto.
- Proponer los módulos principales que conformarán el CMMS.
- Proponer las funcionalidades clave de cada módulo, orientadas a optimizar la gestión de mantenimiento del ARMP.

Capítulo 1: Marco Teórico

1.1 Gestión del Mantenimiento

Desde sus inicios hasta la actualidad el mantenimiento ha evolucionado junto a la aparición de nuevos conceptos que respaldan y fundamentan tendencias emergentes en la gestión del mantenimiento. Durante este proceso, el término “mantenimiento” ha sido objeto de diversas definiciones que varían, según la especialización y experiencia profesional de sus autores, e incluso según el tipo de industria donde se aplica. Con el fin de unificar de forma integral estas perspectivas, el Comité Europeo de Normalización (CEN), mediante su norma EN 13306, define el mantenimiento como la “combinación de todas aquellas acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida” (CEN, 2017). Esta definición abarca tanto las observaciones y análisis del estado del elemento (p. ej., inspección, diagnóstico, etc.) como las acciones de mantenimiento activo (p. ej., reparación, sustitución, ajuste, etc.).

Por otro lado, la gestión de mantenimiento es definida por la misma norma como:

> “todas las actividades de la gestión que determinan los requisitos, los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control de este y la mejora de las actividades de mantenimiento y las cuestiones económicas” (CEN, 2017)

La implementación efectiva de todas estas actividades se realiza mediante un plan de mantenimiento que detalla y documenta todos los procedimientos, recursos y cronogramas necesarios. El control continuo de la ejecución de dicho plan y la búsqueda de la mejora constante son fundamentales para reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, alargar la vida útil de activos, minimizar el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos económicos.

1.1.1 Retos Específicos del Mantenimiento en el Sector Defensa

Al aplicar estos principios generales de gestión del mantenimiento a contextos particulares como el sector de Defensa, y específicamente al ámbito naval como el del Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP), surgen una serie de desafíos y consideraciones específicas que intensifican la necesidad de un enfoque estructurado y herramientas de apoyo eficaces. La alta criticidad de los activos, donde la falla de un sistema puede comprometer la capacidad operativa o la seguridad nacional, exige estrategias que aseguren la máxima disponibilidad y fiabilidad (Fernández-Barrero, 2021). A esto se suman los largos ciclos de vida de los buques y sus sistemas, lo que implica gestionar la obsolescencia tecnológica y de repuestos a lo largo de décadas.

Además, los estrictos requisitos de seguridad de la información y la necesidad de soberanía sobre los datos y la tecnología también imponen condiciones particulares al diseño e implementación de cualquier sistema de gestión, incluyendo los CMMS (Radanliev, 2024). Estos factores, entre otros, configuran un escenario donde la optimización de los procesos de mantenimiento no es solo una cuestión de eficiencia económica, sino una exigencia para los objetivos institucionales del Arsenal.

1.1.2 Indicadores Clave de Desempeño

Con el fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos de la organización y facilitar la mejora continua, se evalúa continuamente el desempeño de la gestión de mantenimiento. Los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs, por sus siglas en inglés Key Performance Indicators) son herramientas fundamentales para este proceso. La Norma Europea EN 15341:2019+A1:2022 define un indicador como una “medida cuantitativa o cualitativa de una característica o un conjunto de características de un fenómeno o del desempeño de actividades, de acuerdo con criterios definidos o una fórmula o cuestionario dado”, siendo un KPI un “indicador considerado significativo” (CEN, 2022).

Según la norma EN 15341 (CEN, 2022), estos indicadores deben utilizarse para:

- Medir el estado actual del desempeño del mantenimiento.
- Comparar el desempeño con parámetros internos y externos.
- Diagnosticar fortalezas y debilidades.
- Identificar objetivos y definir metas a alcanzar.
- Planificar acciones de mejora.
- Medir los cambios y el progreso a lo largo del tiempo.

Algunos de los indicadores más conocidos y que reflejan diferentes dimensiones del desempeño del mantenimiento incluyen:

- Indicadores económicos: relacionados con los costos del mantenimiento. Por ejemplo, el costo total de mantenimiento, el costo de mantenimiento por activo, entre otros.
- Indicadores técnicos: relacionados con la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos. Los más clásicos son:
    - Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF – Mean Time Between Failures): mide la fiabilidad de un activo reparable, indicando el tiempo promedio que opera antes de una falla.
    - Tiempo Medio Para Reparar (MTTR – Mean Time to Repair): mide la mantenibilidad o rapidez con que se puede restaurar un activo después de una falla.
    - Disponibilidad: porcentaje de tiempo que un activo está operativo y disponible para cumplir su función requerida.
- Indicadores organizacionales: relacionados con la eficiencia de los procesos y la utilización de recursos. Por ejemplo:
    - Cumplimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo: porcentaje de tareas preventivas completadas según lo programado.
    - Backlog de Mantenimiento (trabajo pendiente): volumen de trabajo de mantenimiento pendiente de ejecución.
    - Ratio Mantenimiento Preventivo vs Correctivo: proporción de esfuerzo dedicado a actividades proactivas versus reactivas.
    - Utilización de la Mano de Obra de Mantenimiento.

El seguimiento de un conjunto definido de KPIs, adaptados a los objetivos específicos de la organización, en nuestro caso del Arsenal, es fundamental para la toma de decisiones basadas en datos y para la optimización continua de la función de mantenimiento.

1.2 Tipos de Estrategias de Mantenimiento.

La gestión de mantenimiento eficaz necesita la selección y aplicación de estrategias adaptas tanto a la criticidad de los activos y los costos, como a los objetivos de la organización. Estas estrategias han ido evolucionando desde esquemas básicos que se centraban en la reparación de los elementos una vez sucedida la falla, hacia métodos más proactivos y, progresivamente, basados en análisis de datos, debido a la creciente complejidad de los activos y la constante búsqueda de mayor eficiencia operativa (Figura 1)

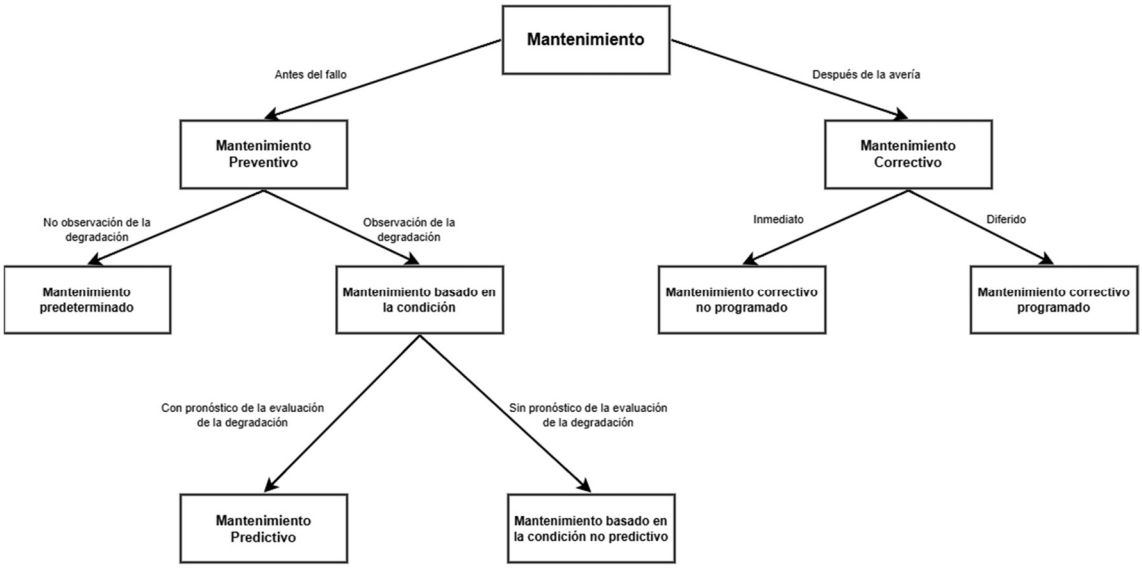


Figura 1 - Estrategias de Mantenimiento (CEN, 2017)

Esta evolución ha estado ligada al desarrollo y la adopción de sistemas de apoyo computarizado, los cuales han pasado de ser simples herramientas de planificación a plataformas más integrales (Labib, 2008). Sin embargo, es fundamental reconocer que la sola implementación de tales sistemas no garantiza el éxito. Para que sean efectivos, debe ser considerados como herramientas que soportan la estrategia de mantenimiento definida, capaces de

trascender la recolección de datos para ofrecer apoyo a la toma de decisiones. (Wienker, 2016) (Labib, 2008)

A continuación, se describen las principales estrategias de mantenimiento implementadas en las industrias:

1.2.1 Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento Correctivo comprende todas las tareas que se realizan después del reconocimiento de una avería o cuando decrece la actividad del activo por debajo de los niveles aceptables de operación. El objetivo principal de este enfoque es lograr que el activo sea restaurado al estado donde pueda realizar su función requerida. (CEN, 2017)

Dentro del mantenimiento correctivo se distinguen dos modalidades de acuerdo con la urgencia de la intervención:

- Mantenimiento Correctivo no Programado: se ejecuta de forma inmediata tras la detección de una avería. Es decir, cuando ocurre algún imprevisto o una urgencia se actúa de forma veloz con el objetivo de evitar consecuencias inaceptables o interrupciones operativas mayores. La planificación de este tipo de mantenimiento suele ser mínima debido a la urgencia.
- Mantenimiento Correctivo Programado: aunque la avería ha sido detectada, la reparación no se realiza de forma inmediata, sino que se retrasa y se programa de acuerdo con las reglas establecidas (p. ej., criticidad de la falla, disponibilidad de recursos o planificación de una parada menor). Este mantenimiento, a pesar de que sigue siendo correctivo, permite un grado mayor de planificación y programación de la reparación.

Algunas de las ventajas de este tipo de estrategias son una inversión inicial en planificación y herramientas de diagnóstico casi nulas y el uso máximo de la vida útil del componente hasta que falla. En el caso del mantenimiento correctivo programado, se puede permitir una asignación más racional de recursos y de personal. Sin embargo, presenta desventajas importantes como paradas

inesperadas, aumento del riesgo de accidentes, desconocimiento del estado del activo y el trato de fallos crónicos como habituales sin descubrir el origen del problema.

1.2.2 Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo consiste en un conjunto de actividades planificadas que se realizan sobre los activos antes de que se haya producido una falla, con el objetivo de mitigar la degradación y minimizar la probabilidad de averías, mejorando así la eficiencia, la disponibilidad y la vida útil del activo. (CEN, 2017) (Simion, 2020). Según la norma EN 13306, el mantenimiento preventivo puede categorizarse en mantenimiento predeterminado, realizado a intervalos fijos, y mantenimiento basado en la condición (CEN, 2017), siendo el primero el enfoque más tradicional de esta estrategia.

El Mantenimiento Preventivo Predeterminado incluye diversas operaciones de mantenimiento, como la inspección y control programados de forma sistemática en intervalos de tiempo o unidades de uso predefinidos. Estas actividades, fundamentadas en las recomendaciones del fabricante o en las mejores prácticas del sector, se ejecutan independientemente del estado aparente del activo en ese momento (Bengtsson, 2004).

La adopción de una estrategia preventiva robusta tiene ventajas importantes, como la minimización de fallos y la consecuente reducción de paros no programados, lo que se traduce en un aumento en la disponibilidad de los activos y una potencial extensión de la vida útil de los mismos (Wienker, 2016). Además, al prevenir fallas mayores, se pueden reducir los costos asociados a las reparaciones de emergencia y contribuir a la seguridad laboral reduciendo los riesgos de accidentes. Por otro lado, la implementación de este enfoque requiere una planificación detallada y una inversión significativa en recursos (tiempo de personal, repuestos) y capacitación. Entre sus desventajas se encuentra la posibilidad de realizar intervenciones o reemplazos de componentes que aún se encuentran en buen estado, incurriendo en un “sobre-mantenimiento”, ya que las decisiones se toman sin un conocimiento preciso del estado real del activo hasta su intervención (Wienker, 2016) (Labib, 2008).

1.2.3 Estrategias Avanzadas de Mantenimiento

Para superar algunas de las limitaciones del mantenimiento preventivo tradicional y optimizar más la gestión de mantenimiento, la industria ha desarrollado estrategias más avanzadas. Entre ellas se destaca el Mantenimiento Basado en la Condición, que consiste en realizar un mantenimiento preventivo cuando la evaluación de las condiciones físicas de un elemento, mediante observaciones, inspecciones, pruebas o monitorización de parámetros, indica que se ha alcanzado un umbral predefinido o que la degradación requiere una acción (CEN, 2017). Esta estrategia se apoya en la capacidad de diagnosticar el estado actual del activo (Bengtsson, 2004), permitiendo que las tareas de mantenimiento se realicen solo cuando son necesarias, basándose en evidencia objetiva de su condición.

Otra estrategia de este tipo es el Mantenimiento Predictivo, donde no solo se evalúa la condición actual del activo, sino que se utilizan los datos de monitoreo, combinados con análisis históricos y, actualmente, con algoritmos de pronóstico como Machine Learning o Inteligencia Artificial, para predecir cuándo es probable que ocurra una falla o cuándo se alcanzará un estado de degradación que requiera mantenimiento (CEN, 2017) (Fernández-Barrero, 2021).

1.2.4 Consideraciones Sobre la Implementación de Estrategias de Mantenimiento.

La implementación de estrategias avanzadas de mantenimiento, si bien ofrece beneficios potenciales significativos en términos de eficiencia y optimización de la disponibilidad, demanda una madurez organizacional específica y una inversión considerable en tecnología, capacitación y desarrollo de procesos analíticos. Las organizaciones deben evaluar cuidadosamente su capacidad de recopilar y analizar datos de condiciones, así como su disposición para actuar en base a predicciones (Wienker, 2016).

Considerando las limitaciones y el contexto actual del ARMP, que se enfoca en fortalecer sus procesos de mantenimiento, el presente Trabajo Final

Integrador centrará su propuesta de CMMS en la optimización y el soporte de las estrategias de Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo basado en tiempo y/o uso. Este camino busca establecer una base sólida y eficiente en la gestión de mantenimiento, que podría servir como plataforma para futuras evoluciones.

1.3 Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado.

La evolución de las estrategias de mantenimiento hacia enfoques más planificados, proactivos y apoyados en datos ha sido acompañada por el desarrollo de herramientas informáticas. Los Sistemas de Gestión de Mantenimiento son software diseñados para ayudar a las organizaciones a gestionar y optimizar todas sus actividades relacionadas al mantenimiento (Wienker, 2016). Por su parte, Labib (2008) dice que los CMMS son vitales para la coordinación de todas las actividades relacionadas con la disponibilidad, productividad y mantenibilidad de los sistemas complejos. Estas soluciones han evolucionado desde aplicaciones relativamente simples hasta sistemas multiusuarios más integrales que cubren una multitud de funciones de mantenimiento (Labib, 2008) (Simion, 2020). De manera similar, el Bureau Veritas (2022) en su norma NR496, define los CMMS como “software o aplicaciones web que tienen como objetivo apoyar el mantenimiento a bordo de los buques, proporcionando múltiples funcionalidades para manejar diferentes aspectos de mismo”.

El propósito principal de un CMMS es centralizar la información de mantenimiento, estandarizar los procesos y proporcionar las herramientas para una planificación, ejecución y control más eficiente. Entre los beneficios clave que se esperan de la implementación de un CMMS se encuentran (Labib, 2008) (Wienker, 2016) (Simion, 2020):

- Mejora en la planificación y programación de las tareas de mantenimiento.
- Reducción de paradas no planificadas y aumento de la disponibilidad de los activos.

- Optimización de los costos de mantenimiento mediante un mejor control de recursos (mano de obra, repuestos, insumos).
- Mejora en la gestión de inventarios de repuestos, materiales y herramientas.
- Mayor trazabilidad de las intervenciones y del historial de los activos.
- Facilitación del cumplimiento de normativas y estándares de seguridad.
- Soporte para la toma de decisiones basada en datos a través de informes y análisis.

Para lograr estos beneficios, los CMMS suelen estructurarse en módulos interconectados que gestionan aspectos específicos del ciclo de mantenimiento. Si bien la oferta y el nivel de detalle pueden variar, los módulos comúnmente encontrados incluyen (Labib, 2008) (Bureau Veritas, 2022) (Simion, 2020):

- Gestión de Activos: registro detallado y jerarquizado de los equipos e instalaciones.
- Gestión de Órdenes de Trabajo: creación, planificación, asignación, seguimiento y cierre de todas las intervenciones.
- Mantenimiento Preventivo/Planificado: definición y programación de tareas preventivas basadas en tiempo o uso.
- Gestión de Inventario: control de repuestos, materiales y herramientas.
- Gestión de Personal: información sobre técnicos, habilidades y asignación de tareas.
- Gestión Documental: repositorio de manuales, procedimientos e informes.
- Informes y Análisis: generación de reportes y KPIs para el control de gestión.

Cabe destacar, como advierte Wienker (2016), que un CMMS es una herramienta para soportar una estrategia de mantenimiento existente y bien definida, y no debe ser confundido con la estrategia en sí misma. Su éxito depende de una adecuada preparación organizacional, infraestructura de TI, gestión del cambio y compromiso de la alta dirección. Además, Labib (2008) señala una deficiencia histórica en muchos CMMS comerciales, describiéndolos como “agujeros negros” que son eficientes en la recolección de datos, pero ofrecen un limitado soporte real para la toma de decisiones. Por lo tanto, un

diseño efectivo de un software de CMMS debe trascender la administración de tareas para convertirse en una plataforma de mantenimiento que facilite el análisis y la optimización continua.

Capítulo 2: Marco Institucional y Ámbito de Estudio.

Para discutir la mejora de la gestión de mantenimiento en el Arsenal Naval Mar del Plata, es necesario tener una comprensión clara de su entorno operativo y organizacional. En este capítulo se delineará el marco de la Administración Pública Nacional y las responsabilidades del Ministerio de Defensa, como también la estructura de las Fuerzas Armadas y, específicamente, la Armada Argentina. Luego, se describirá la institución, su misión fundamental, la organización interna y los desafíos que enfrenta. Este análisis nos proporcionará el marco necesario para entender el contexto, las problemáticas y la propuesta de este Trabajo Final Integrador.

2.1 Contexto Institucional del Ámbito de Aplicación del Trabajo Final.

La Administración Pública Nacional (APN) está conformada por la administración central y organismos desconcentrados, como también organismos descentralizados, sociedades del Estado y otros entes del sector público nacional. Dentro de la estructura de la administración central, el Ministerio de Defensa tiene como objetivo principal asistir al presidente de la Nación, y al jefe de Gabinete de Ministros en todo lo inherente a la Defensa Nacional y las relaciones con las Fuerzas Armadas dentro del marco institucional (Ministerio de Defensa, 2025). En este sentido, la Ley Nacional de Defensa N° 23.554, en su artículo 2, define a la Defensa Nacional como:

> …la integración y la acción coordinada de todas las fuerzas de la Nación para la solución de aquellos conflictos que requieran el empleo de las Fuerzas Armadas, en forma disuasiva o efectiva, para enfrentar las agresiones de origen externo. (Ley N°23.554, 1988)

Con el propósito de "…garantizar de modo permanente la soberanía e independencia de la Nación Argentina, su integridad territorial y capacidad de autodeterminación; proteger la vida y la libertad de sus habitantes" (Ley N°23.554, 1988), el Ministerio de Defensa dispone de un Sistema de Defensa Nacional que utiliza a las Fuerzas Armadas como instrumento militar, con despliegue en el ámbito terrestre, naval y aéreo.

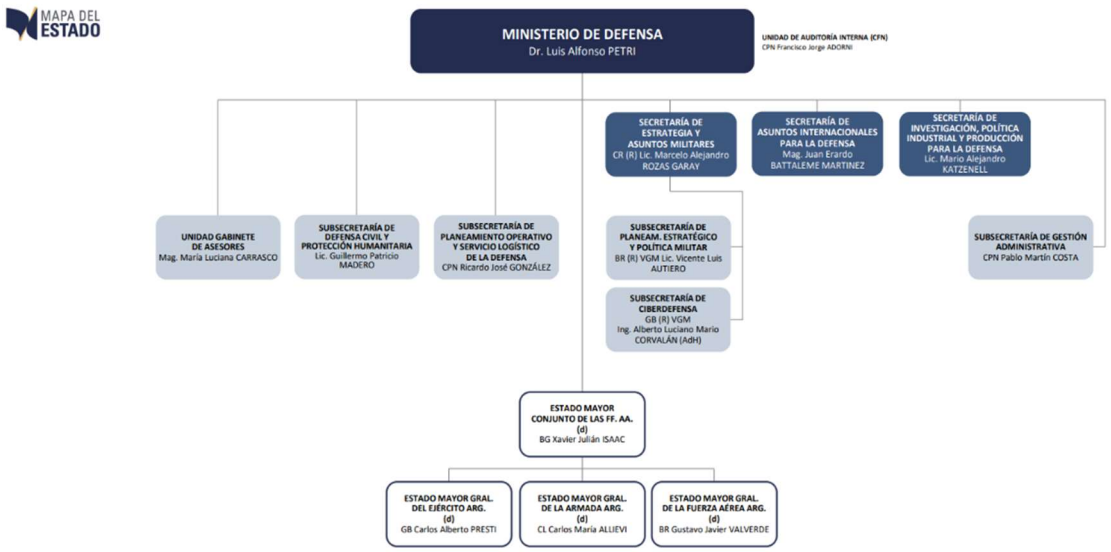


Figura 2 - Organigrama del Ministerio de Defensa. (Mapa del Estado, 2025)

Las Fuerzas Armadas se conforman por el Estado Mayor Conjunto, que a su vez abarca los tres Estados Mayores Generales (Figura 2). El Estado Mayor General de la Armada Argentina, cuya misión es "… contribuir con el sistema de defensa nacional y salvaguardar los intereses marítimos argentinos" (Armada Argentina, 2025), incluye en su estructura a la Dirección General de Material de la Armada (Figura 3) quien tiene a cargo la Dirección de Arsenales de la Armada. Esta última, mediante sus arsenales navales principales, Arsenal Naval Puerto Belgrano (ARPB), Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP) y Arsenal Naval Azopardo (ARAZ), se encarga de la ejecución del mantenimiento de las unidades navales militares.

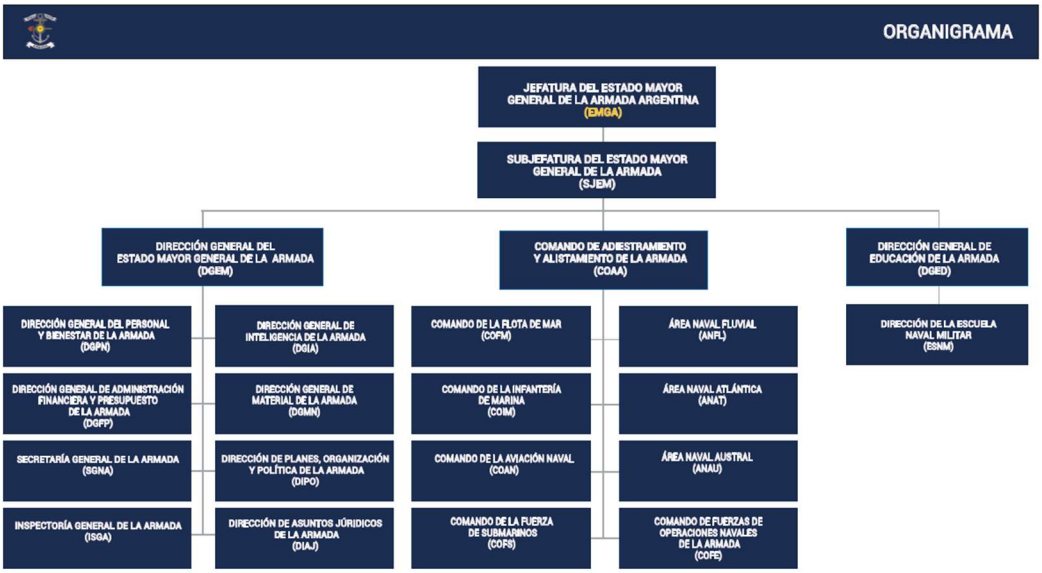


Figura 3 - Organigrama del Estado Mayor General de la Armada Argentina. (Armada Argentina, 2025)

Dentro de este conjunto, el presente Trabajo Final se desarrollará en el Arsenal Naval Mar del Plata emplazado en la Base Naval Mar del Plata (BNMP) (Figura 4), situada al sudeste de la provincia de Buenos Aires. Cabe mencionar que, la BNMP es un complejo de gran importancia estratégica, que alberga no solo al ARMP, sino también al Área Naval Atlántica (ANAT), Comando de las Fuerzas de Submarinos (COFS), la División Patrullado Marítimo (DVPM), y la Agrupación Naval Hidrográfica (APHI), entre otras. Esta diversidad de unidades y destinos genera una constante demanda de servicios de mantenimiento, que en su mayoría recaen en el ARMP, quien tiene la responsabilidad principal de su ejecución.



Figura 4 - Base Naval Mar del Plata

2.2 El Arsenal Naval Mar del Plata: Espacio de Estudio.

La misión principal del Arsenal Naval Mar del Plata consiste en satisfacer de manera eficaz y eficiente las necesidades de mantenimiento de los destinos terrestres, como la Estación Terrena de Comunicaciones, y de los buques con apostadero en la Base Naval Mar del Plata, asignados al Comando de las Fuerzas de Submarinos (COFS), la División Patrullado Marítimo (DVPM) y la Agrupación Naval Hidrográfica (APHI), respectivamente. Además, el ARMP proporciona apoyo a otras unidades de la Armada Argentina, entre los que se destacan la Fragata ARA “Libertad”, el Rompehielos ARA “Almirante Irizar” y el buque logístico ARA “Patagonia”. Cabe destacar que también ha prestado servicios a buques de la Armada Chilena, la Marina de Brasil, la Armada de Bulgaria y la Armada Española que han recalado en la dársena de la BNMP.

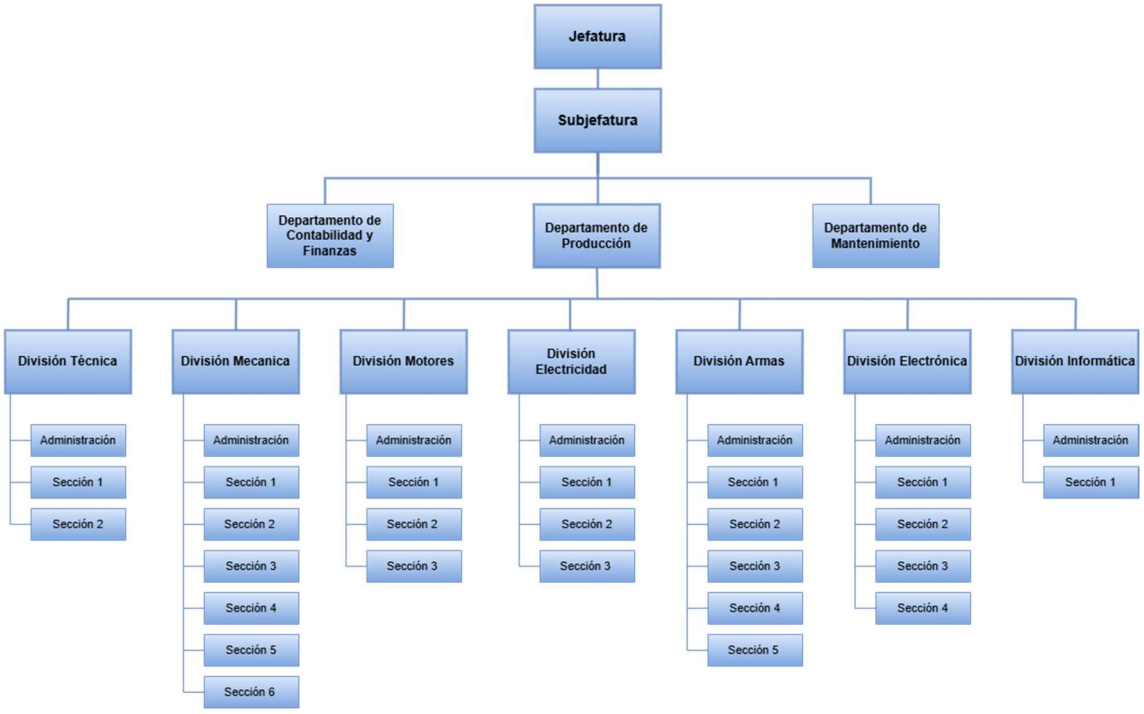


Figura 5 – Organigrama simplificado del Arsenal Naval Mar del Plata.

La estructura organizativa del Arsenal se compone de tres Departamentos y siete Divisiones responsables de las áreas de mecánica, motores, electricidad, electrónica y armas, entre otras (Figura 5). Su plantilla está integrada por 100 efectivos militares y 85 civiles, incluyendo ingenieros, contadores, arquitectos,

técnicos especializados y personal administrativo. Estos profesionales aplican su experiencia y conocimientos para ejecutar los trabajos necesarios en cumplimiento de los objetivos establecidos por la Jefatura del Arsenal. Algunos de estos trabajos incluyen la reparación de sistemas hidráulicos, mantenimiento de motores diésel, reparación de sistemas de comunicaciones, control de calidad de lubricantes, realización de informes técnicos, inspección y asesoramiento técnico durante la ejecución de tareas realizadas por empresas privadas.

La diversidad y criticidad de los sistemas y equipos bajo la responsabilidad del ARMP requieren un modelo de gestión del mantenimiento eficiente y preciso. La necesidad de articular un amplio espectro de tareas, gestionar variados inventarios de materiales y herramientas, y mejorar la productividad del personal militar y civil altamente especializado, constituyen variables que evidencian la complejidad de los procesos de mantenimiento en el Arsenal. Por consiguiente, el abordaje y la resolución eficaz y eficiente de estas problemáticas resulta fundamental para garantizar la disponibilidad operativa de las unidades de la Armada, permitiendo así el cumplimiento del Planeamiento Estratégico establecido por el Ministerio de Defensa.

2.3 Contexto Laboral del Arsenal Naval Mar del Plata

Uno de los problemas más importantes que enfrenta la gestión de mantenimiento en el Arsenal es el desequilibrio entre la demanda de trabajo y la burocracia con relación a la solicitud, presupuestación y autorización de las Solicitudes de Obras de Trabajo, lo que conlleva a priorizar la ejecución de acciones orientadas a resolver las problemáticas inmediatas de las unidades, dejando de lado las buenas prácticas de mantenimiento. Esta dinámica genera errores de comunicación, fallas en la priorización de los trabajos a realizar, gestión ineficiente del personal, demoras en la adquisición de repuestos y gestión deficiente de la documentación. Estas circunstancias condicionan la obtención de un mantenimiento eficiente y la extensión de la vida útil de los sistemas afectados. Por ejemplo, uno de los riesgos más significativos de este modo de operar es el incremento de los tiempos de ejecución de los trabajos, generando como consecuencia una disminución de la disponibilidad operativa de las unidades de la Armada.

Ante esta problemática, y tras la detección de carencias que dificultan garantizar la disponibilidad operativa de las unidades, así como la necesidad de optimizar los costos de mantenimiento en un contexto de recursos limitados, se reconoce la necesidad de implementar un sistema moderno de gestión del mantenimiento. Por ello, el presente Trabajo Final Integrador se propone diseñar un CMMS adaptado a las necesidades específicas de este ámbito laboral.

Capítulo 3: Gestión de Mantenimiento en el Ámbito de Estudio.

Los arsenales navales desempeñan un papel esencial en la Armada Argentina, siendo responsables de gestionar el mantenimiento mediante la planificación, organización, ejecución y control de todas las tareas relacionadas con él, garantizando el funcionamiento y la disponibilidad operativa de todas las unidades de la Fuerza. En particular, el Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP) desempeña un rol crucial en el mantenimiento de los buques de la Armada con apostadero en la Base Naval Mar del Plata, incluyendo submarinos, patrulleros oceánicos, buques oceanográficos e hidrográficos, así como el apoyo a otras unidades de la Armada.

Este capítulo tiene como objetivo ofrecer una revisión de los antecedentes de las prácticas de gestión del mantenimiento implementadas en el ARMP a lo largo de su historia. Se estudiará la evolución de estas prácticas, desde sus inicios hasta el presente, identificando las metodologías y herramientas aplicadas en cada periodo, así como los principales desafíos a los que se ha enfrentado en la tarea de asegurar la disponibilidad operativa de los buques.

La comprensión de este recorrido histórico y del estado actual de la gestión del mantenimiento en el ARMP resulta esencial para contextualizar la problemática abordada en este trabajo: la necesidad de modernizar estos procesos mediante el diseño de un CMMS. Al analizar los antecedentes, se podrán identificar las limitaciones de los enfoques tradicionales y las oportunidades que ofrece la adopción de un sistema tecnológico integrado para optimizar la eficiencia, la planificación y la toma de decisiones en las actividades de mantenimiento del Arsenal.

3. 1 Antecedentes de Gestión del Mantenimiento en el ARMP

El Arsenal Naval Mar del Plata tiene su origen en el Taller Integrado de Técnicas Múltiples para Submarinos (TISU), fundado en 1978 para dar soporte a la Fuerza de Submarinos ante la llegada de los submarinos Clase Tipo 209,

dotando a la BNMP de personal calificado y de los equipos necesarios tanto para el mantenimiento de los submarinos como de los buques de superficie. En 1982, con las negociaciones para la incorporación de una nueva generación de submarinos (Clase TR-1700), el TISU elevó su jerarquía a Arsenal Naval (Armada Argentina, 2021). Este avance tecnológico significativo implicó una transformación en la gestión del mantenimiento que se venía implementando hasta ese momento. Previo a su incorporación, los buques con apostadero en la BNMP poseían, en general, equipos de diseño simple y robusto, cuyas reparaciones sencillas permitían la aplicación de una estrategia predominantemente correctiva. En el caso de los equipos críticos, el mantenimiento se realizaba siguiendo los cronogramas y pautas especificadas en los manuales del fabricante o en las recomendaciones proporcionadas por los astilleros de origen.

La incorporación de los submarinos Clase TR-1700 y la necesidad de llevar a cabo el mantenimiento de unidades más complejas y tecnológicamente avanzadas exigieron una adaptación de la estructura organizativa del Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP). Esto implicó la construcción de un nuevo edificio que pudiera albergar la ampliación de los Departamentos y Divisiones existentes y la creación de nuevas áreas especializadas. También, se realizó una inversión significativa en la adquisición de herramientas y equipamiento más modernos. Además, se requirió la incorporación de personal técnico y profesional con alto grado de conocimiento y especialización, capaz de trabajar con equipos específicos, sensibles y con características particulares.

La evolución de los sistemas y la necesidad de garantizar su disponibilidad operativa llevaron a la adopción de estrategias de mantenimiento más proactivas y adaptadas a las características de cada tipo de activo. Se implementaron estrategias de mantenimiento preventivo, basadas en las pautas indicadas por los fabricantes, en los manuales de los equipos, y en las Normas para el Uso y Conservación del Material de Casco, Electricidad y Máquinas Navales (NOCEM) que rigen en la Armada. Estas estrategias incluyeron la planificación de inspecciones, tareas de control programadas para equipos críticos, lo que permitía la identificación y análisis de fallas, con el objetivo de prevenir averías y asegurar el óptimo estado operativo de los buques. Para otros equipos, se

mantuvo una estrategia de mantenimiento correctivo, programada según las necesidades específicas de cada caso.

En cuanto a la gestión de inventario, se llevó a cabo una actualización del inventario del pañol, identificando los repuestos críticos y de alta rotación, además de aquellos materiales más utilizados, por ejemplo, para la fabricación de piezas de tornería. Esta acción contribuyó a una mejor organización y control del stock de repuestos y materiales en comparación con la gestión previa. Paralelamente, se estableció una Biblioteca Técnica centralizada para albergar los manuales y la documentación relacionada con el uso y mantenimiento de las unidades militares. Así mismo, se crearon bibliotecas secundarias en las distintas Divisiones, que contenían material específico para cada área, como manuales, procedimientos e informes técnicos relevantes para sus tareas de mantenimiento particulares.

Con el paso de los años, el ARMP vio incrementada su demanda de trabajo debido al deterioro progresivo de los sistemas y equipos de las unidades existentes y a la incorporación (cambiaron su apostadero a la BNMP) de las corbetas Clase d'Estienne d'Orves (actualmente declaradas en desuso) y las lanchas Clase Point a principios del 2000. Esto condujo a un aumento sostenido en la cantidad de solicitudes de obras de trabajo que generó una saturación en su sistema de gestión tradicional, caracterizado por el uso de pedidos de trabajos en formato físico y un flujo burocrático complejo, lo que ocasionaba errores de comunicación, demoras y dificultades en el seguimiento. Con el objetivo de resolver estas problemáticas, en el año 2005 se implementó un software interno para el seguimiento de solicitudes. Si bien representó un avance en la trazabilidad, su alcance fue limitado, ya que solo funcionó como soporte para la gestión de solicitudes que continuaba realizándose en formato papel.

De manera similar, la transición hacia la documentación técnica en formato digital no resolvió completamente los problemas de organización y acceso a la información, ya que la gestión de estos archivos dependía del criterio individual del personal. Por otro lado, este incremento en la carga de trabajo y la complejidad tecnológica también llevó a una mayor necesidad de recurrir a la contratación de empresas para tareas específicas de mantenimiento, ya sea por

requerimientos de especialización técnica o para gestionar picos de demanda que superaban la capacidad interna del Arsenal.

La evolución histórica del ARMP estuvo marcada por un esfuerzo constante de adaptación a nuevas tecnologías y a una creciente demanda de trabajo. Sin embargo, los procesos de gestión de mantenimiento y documentación no lograron evolucionar al mismo ritmo, sentando las bases para las problemáticas operativas que caracterizan la situación actual del Arsenal y que serán analizadas en la siguiente sección.

3.2 Prácticas actuales de la Gestión del Mantenimiento en el ARMP

Luego de haber establecido en la sección anterior la evolución histórica y los desafíos que evidencian la necesidad de una modernización, es necesario analizar la gestión de mantenimiento actualmente implementada en el Arsenal. Este análisis se centrará en los aspectos generales del proceso de mantenimiento, identificando metodologías específicas, flujos de trabajo y las herramientas utilizadas en el día a día, para comprender las áreas principales de oportunidad que podrían ser abordadas con la implementación de un CMMS.

El primer proceso por describir es el de los pedidos de tareas de mantenimiento a través de Solicitudes de Obras de Trabajo (SOC). Las solicitudes, realizadas en papel bajo un formato preestablecido por la Armada, son remitidas desde las unidades a los destinos a los que están asignadas, para luego ser derivadas al ARMP. Una vez recibidas en el Arsenal, el Departamento de Producción, responsable de la gestión administrativa de las Solicitudes de Obra de Trabajo (SOC), las distribuye a las Divisiones correspondientes. El personal designado de la División evalúa el trabajo solicitado y elabora un presupuesto acorde a los requerimientos especificados, que luego es enviado al Departamento de Producción para ser distribuido a los destinos de origen para su aprobación o rechazo. En caso de ser aprobados, se informa a las Divisiones que las SOC están autorizadas para su ejecución. Internamente, el ARMP realiza un seguimiento a las mismas mediante un software, mencionado anteriormente, que está conectado a la red interna de las áreas administrativas de cada División. Mediante este sistema, el personal de Producción registra cada SOC que ingresa

a la institución y, posteriormente, la aprobación de estas por los destinos de origen. Por su parte, el personal de las Divisiones realiza una actualización del estado de cada una de ellas, indicando en qué etapa del proceso se encuentra (recepción, evaluación, presupuestación, etc.). Una problemática importante es que, a pesar de la implementación de este software, el Arsenal enfrenta limitaciones en su soporte informático, lo que impide la ampliación de la red a todas las computadoras de las diferentes Secciones de cada División, restringiendo el acceso en tiempo real al estado de la SOC y dificultando el seguimiento por parte del personal involucrado. Además, las Divisiones no pueden descargar su historial de Solicitudes de Obras de Trabajo para un posterior análisis de sus trabajos, por ejemplo, la identificación de equipos con fallas recurrentes o la evaluación de los tiempos promedio de reparación.

Un segundo proceso que analizar es el referente a la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento. Respecto a la planificación del mantenimiento, las unidades navales se rigen por las directrices establecidas en los manuales de los fabricantes, por las recomendaciones proporcionadas por los astilleros de origen o las NOCEM (en ausencia de indicaciones específicas). Basándose en estas directrices, se implementan estrategias de mantenimiento correctivo y preventivo, cuya elección depende de la criticidad del equipo o sistema en cuestión. Para la definición de estas estrategias y la eventual generación de SOC, las Divisiones del ARMP suelen mantener comunicación y asesoramiento con el personal militar de la unidad naval con responsabilidad directa sobre los sistemas bajo su incumbencia.

En cuanto al proceso de ejecución dentro del ARMP, una vez aprobada la SOC, la priorización de las tareas se realiza en función de su urgencia, determinada por la criticidad del equipo o sistema en cuestión. Cada SOC es asignada a un responsable, quien tiene la tarea de recabar información, revisar el manual del equipo o sistema, los planos e informes técnicos precedentes (si aplica). A su vez, conforma su equipo de trabajo y se encarga de identificar las herramientas, equipos especiales, materiales y repuestos necesarios para la ejecución. Una vez completado el trabajo, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la normativa de la Armada, se lleva a cabo la verificación del correcto funcionamiento del equipo o sistema intervenido.

Luego, elabora un informe técnico detallado que incluye toda la documentación relevante, como informes de mediciones, informes de pruebas, imágenes, entre otros. Cabe mencionar que, cuando los trabajos exceden la capacidad interna del Arsenal, se recurre a la tercerización de servicios. En estos casos, personal designado del Arsenal elabora un pliego de especificaciones técnicas, y una vez contratada, esta realiza las tareas bajo la supervisión conjunta de personal del Arsenal y de la unidad naval solicitante.

En estos procesos, suelen presentarse los siguientes inconvenientes. Por un lado, los problemas de comunicación alrededor del proceso de Solicitudes de Obras de Trabajo frecuentemente interfirieren en la priorización efectiva de los trabajos a realizar. Esto puede llevar incluso a tener que suspender tareas en curso para concentrar los esfuerzos en la reparación de un equipo que se identifican como de mayor prioridad que aquellos en los que se está trabajando. Por otro lado, la constante limitación de recursos financieros, que ha obligado a reducir el alcance del mantenimiento preventivo, priorizándose la ejecución de tareas correctivas. Esta situación impacta negativamente en la disponibilidad operativa de los equipos y sistemas, incrementa la frecuencia de fallas y eleva los costos de mantenimiento a largo plazo.

Otro aspecto importante es la gestión de materiales, repuestos y herramientas. Cada División cuenta con su propio pañol para el almacenamiento de materiales, repuestos de alta rotación, herramientas y equipos especiales. La gestión de estos pañoles recae en el criterio personal del responsable designado, quien suele cambiar tras cierto periodo, lo que puede dificultar la continuidad en las prácticas de gestión. Un inconveniente frecuente es la falta de actualización de los inventarios, lo que ocasiona una pérdida de tiempo en la verificación de la disponibilidad de repuestos o materiales. También, suelen presentarse problemas con respecto al seguimiento de herramientas o equipos especiales retirados, ya que frecuentemente se necesita un ítem y no se sabe quién lo tiene en su poder. Además, en el caso de no disponer del repuesto o material necesario para la ejecución de las tareas, se debe iniciar un proceso de compra mediante licitación pública, generando demoras en la finalización de los trabajos.

El último aspecto a analizar es la gestión de los documentos en el ARMP. Actualmente, los manuales y la documentación técnica relacionada con el uso y

mantenimiento de las unidades militares coexisten en dos formatos: papel para los buques más antiguos y digital para las unidades más recientes como las OPV. Si bien una parte importante de esta documentación se encuentra centralizada en la Biblioteca del Arsenal o almacenada por las propias Divisiones (particularmente el material específico de su área), otra parte se encuentra exclusivamente en los buques. Esta fragmentación genera inconvenientes cuando el personal del Arsenal necesita consultar manuales o documentos que no están disponibles localmente, obligándolos a solicitar dicha documentación a la unidad correspondiente. Con frecuencia, esta información no se obtiene de forma inmediata, lo que ocasiona retrasos en la ejecución de las tareas. Por otro lado, si bien los informes técnicos de los trabajos realizados por el personal ARMP son archivados por una de sus Divisiones, la División que elaboró el informe también conserva una copia digital de este y de toda la documentación relevante asociada. Sin embargo, la organización de estos archivos, en la División que los generó, suele depender del criterio del responsable del área técnica, lo que genera un problema recurrente: si la persona no se encuentra disponible, encontrar la información específica para una consulta se vuelve una tarea dificultosa.

En conjunto, estas deficiencias en los procesos de gestión de solicitudes, planificación, ejecución, manejo de materiales y documentación, muestran la ineficiencia del sistema actual de mantenimiento y la necesidad de una modernización integral que le permita al Arsenal cumplir con sus objetivos.

3.3 Diagnóstico de las Prácticas Actuales de Mantenimiento.

Con el propósito de realizar un diagnóstico integral de la situación actual de las prácticas de mantenimiento en el Arsenal Naval Mar del Plata (ARMP), se empleará una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para evaluar tanto los aspectos positivos como sus principales limitaciones.

La construcción de la matriz FODA se inicia con la identificación de los elementos internos positivos, denominados Fortalezas (F), y de las problemáticas internas que requieren resolución, conocidas como Debilidades

(D). De manera similar, se identifican los elementos externos positivos, categorizados como Oportunidades (O), y los elementos externos negativos, designados como Amenazas (A).

3.3.1 Fortalezas

A continuación, se detallan las Fortalezas (F), entendidas como los elementos internos positivos que posee el ARMP:

- Personal profesional y técnico altamente capacitado en trabajos con equipos específicos, sensibles y con características particulares.
- Conocimiento de los procesos internos para la confección de documentación técnica
- Experiencia en la resolución de las problemáticas y los desafíos que le son propuestos.
- Implementación de mantenimiento preventivo en equipos críticos.
- Seguimiento parcialmente digitalizado de las SOC, mejorando la trazabilidad en comparación con un sistema exclusivamente en papel.
- Trabajos de calidad, cumpliendo con los estándares solicitados.
- Capacidad de las Divisiones para adaptar sus estrategias de mantenimiento de acuerdo con los nuevos equipos que pasan a estar bajo su responsabilidad.
- Mecanismos de tercerización para trabajos especializados que exceden las capacidades internas del Arsenal.

3.3.2 Debilidades

A continuación, se detallan las Debilidades (D), entendidas como los aspectos internos negativos que posee el ARMP:

- Proceso de SOC ineficiente debido a la burocracia y la dependencia del formato físico.
- Software de seguimiento de SOC con limitada capacidad de análisis.
- Predominio del mantenimiento correctivo sobre el preventivo, con impacto en la disponibilidad y costos.
- Control deficiente y desactualizado de inventarios en pañoles.

- Documentación técnica heterogénea, descentralizada y de difícil acceso.
- Restricciones de la red que limitan el acceso y seguimiento de SOC.
- Falta de un sistema formalizado para la gestión y transferencia del conocimiento.
- Deficiencia en la planificación y asignación del personal para las SOC aprobadas
- Canales de comunicación interna entre áreas del Arsenal mejorables, afectando la coordinación de trabajos.
- Posible resistencia a la adopción de nuevas tecnologías o procesos.

3.3.3 Oportunidades

A continuación, se detallan las Oportunidades (O), entendidas como los aspectos externos positivos que pueden beneficiar al ARMP:

- Avances tecnológicos en software de gestión de mantenimiento (CMMS).
- Potencial colaboración e intercambio de conocimientos y mejores prácticas con otros arsenales en la modernización de la gestión del mantenimiento.
- Disponibilidad de profesionales y expertos para apoyar la implementación y capacitación en nuevas tecnologías de gestión y metodologías de mantenimiento.
- Posibilidad de acceder a líneas de financiamiento para la modernización tecnológica, como mejoras en la infraestructura de red.
- Disponibilidad de herramientas de digitalización que facilitan la transición del papel a formato digital.
- Mayor conciencia sobre la importancia de llevar adelante un mantenimiento proactivo.

3.3.4 Amenazas

A continuación, se detallan las Amenazas, entendidas como los aspectos externos negativos que pueden afectar al ARMP:

- Limitaciones en la asignación de fondos que comprometan la implementación, mantenimiento o actualizaciones del CMMS y la infraestructura necesaria.

- Falta de apoyo sostenido o cambio de prioridades de la jefatura a nivel nacional, lo que podría resultar en la pérdida de impulso, recursos o, incluso, la discontinuidad del proyecto.
- Cambios en la estructura organizacional y las líneas de mando superiores pueden afectar la continuidad de políticas y proyectos del ARMP.
- Riesgo ante posibles ataques cibernéticos o filtraciones de datos sensibles almacenados en el CMMS.
- Riesgos asociados a la continuidad del soporte, obsolescencia del software, aumentos de costos o desaparición del proveedor, para el caso de CMMS comerciales.
- Procesos de aprobación de SOC lentos y burocráticos en los destinos de origen.

3.3.5 Matriz de Estrategias

Como complemento al diagnóstico FODA, se ha construido una matriz de estrategias para mostrar cómo los factores identificados podrían cruzarse para generar líneas de acción, ofreciendo un marco de referencia más amplio.

Fortalezas – Oportunidades:

- Liderar la implementación y personalización del CMMS con personal capacitado para adaptarlo a las necesidades del ARMP.
- Desarrollar un programa de capacitación del CMMS, liderado por personal experto del ARMP, adaptado a los perfiles de usuario.
- Mejorar y ampliar el mantenimiento preventivo utilizando el CMMS y la experiencia actual del ARMP.
- Facilitar la adopción y personalización del CMMS en cada División del ARMP, capitalizando su cultura de adaptación a nuevas herramientas y procesos.

Debilidades – Oportunidades:

- Mejorar el proceso de SOC mediante la digitalización y automatización de su flujo en un CMMS, para eliminar la dependencia del formato físico, reducir la burocracia y agilizar los tiempos de respuesta

- Implementar un módulo de gestión de inventario en el CMMS, optimizando el control de stock.
- Aprovechar las capacidades de CMMS para crear un repositorio documental, superando la heterogeneidad de formatos y mejorando el acceso a la información.
- Gestionar la mejora de infraestructura de red para soportar el CMMS.
- Utilizar el CMMS para fortalecer y expandir el mantenimiento preventivo.

Fortalezas - Amenazas:

- Demostrar cómo la optimización del mantenimiento preventivo mediante un CMMS puede generar ahorros y mitigar las limitaciones presupuestarias.
- Utilizar la experiencia en tercerización de servicios para gestionar los riesgos con proveedores del software.
- Fortalecer las capacidades internas en ciberseguridad, apoyándose en el personal técnico capacitado y en los protocolos existentes.
- Comunicar los beneficios y la calidad del trabajo del ARMP para asegurar el apoyo y presupuesto para el CMMS.

Debilidades - Amenazas:

- Implementar el CMMS gradualmente, capacitando al personal con el fin de facilitar la adaptación y minimizar la resistencia al cambio.
- Implementar controles de acceso y registros de auditoria en el CMMS, junto a protocolos de respuesta a incidentes, para mitigar los riesgos de ciberseguridad y proteger la información.
- Asegurar el acceso a la documentación técnica critica mediante funcionalidades offline del CMMS o copias locales actualizadas.
- Establecer cláusulas contractuales y planes de contingencia con el proveedor de CMMS (si se adopta un software comercial) para reducir los riesgos de dependencia y continuidad del servicio.

Capítulo 4: Análisis comparativo de CMMS para el Arsenal

La adquisición de un CMMS presenta fundamentalmente dos caminos: la adopción de un software comercial o el desarrollo de un programa propio, diseñado específicamente para las necesidades particulares de la institución, en este caso, el ARMP.

Este capítulo tiene como objetivo analizar las ventajas y desventajas de cada una de estas opciones mediante la comparación de factores clave como el costo, personalización, implementación, entre otros. Con esto se busca proporcionar una base sólida para justificar la opción más adecuada para el Arsenal.

4.1 Tipos de Software de Gestión de Mantenimiento Computarizado

4.1.1 CMMS Comercial

Los sistemas CMMS comerciales representan una herramienta tecnológica para la optimización integral de las actividades de mantenimiento en una amplia gama de industrias, desde el sector alimenticio hasta el naval. Estas soluciones buscan centralizar la información y facilitar los procesos de mantenimiento, trascendiendo la mera gestión de tareas para alcanzar una mayor eficiencia operativa, una reducción de los costos asociados al ciclo de vida de los activos y un aumento significativo en su disponibilidad y confiabilidad operativa.

El núcleo de este tipo de CMMS se fundamenta en una arquitectura de base de datos, diseñada para interconectar información crítica, permitiendo una visión general del ciclo de vida del activo, desde su adquisición e instalación, pasando por su operación y mantenimiento, hasta su eventual disposición final, lo que resulta necesario para la planificación estratégica del mantenimiento y la

optimización de la inversión a largo plazo. La evolución de estas soluciones se caracteriza por la integración progresiva de capacidades de análisis predictivo, que aprovechan el análisis de datos históricos de fallas e información en tiempo real de redes de sensores IoT (Internet de las Cosas) para anticipar posibles fallas con una mayor precisión, permitiendo intervenciones proactivas y minimizando el tiempo de inactividad no planificado.

La implementación de un CMMS en la industria naval suma un grado más de complejidad debido a una serie de requisitos operativos y regulatorios particularmente exigentes, como el cumplimiento de las normas establecidas por la Organización Marítima Internacional[2] (OMI) en materia de seguridad y prevención de contaminación, y a los estándares definidos por las Sociedades de Clasificación[3], tales como Bureau Veritas, Lloyd's Register, DNV y ABS, cuya certificación es un requisito indispensable para la operación de buques mercantes. (Simion, 2020)

Si bien en el mercado existen proveedores generales de este software de mantenimiento como IBM, Rockwell Automation y Fracttal, el sector naval cuenta con empresas que han desarrollado soluciones acordes a sus necesidades. Estos proveedores (p. ej., Sertica, TeroTAM, ManWinWin, ABS Nautical Systems) comprenden las particularidades del mantenimiento naval, como la necesidad de gestionar el mantenimiento durante las navegaciones, la planificación de diques secos, la gestión de inspecciones regulatorias y la documentación requerida por la OMI y las Sociedades de Clasificación.

4.1.2 CMMS de Desarrollo Propio

Un software de desarrollo propio se piensa, diseña y construye internamente por la institución o mediante la contratación de un equipo de

[2] La Organización Marítima (OMI) es el organismo especializado de las Naciones Unidas que establece estándares globales para la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental de la navegación internacional. Sus regulaciones, como el Código ISM (International Safety Management), impactan directamente en los sistemas de gestión y mantenimiento a bordo de los buques

[3] Las Sociedades de Clasificación son organizaciones no gubernamentales que desarrollan y aplican estándares para el diseño, construcción y mantenimiento de buques y estructuras offshore. Emiten certificados de clase que atestiguan la conformidad de un buque con sus reglas, siendo esto a menudo un requisito para el seguro y la operación comercial.

desarrollo externo, con el objetivo principal de satisfacer de manera precisa las necesidades y requerimientos específicos de dicha institución. Este camino permite una adaptabilidad propia a los flujos de trabajo particulares, la infraestructura tecnológica preexistente y las demandas singulares de la gestión de activos y el mantenimiento, ofreciendo un potencial de personalización que las soluciones comerciales, no siempre pueden alcanzar.

Este tipo de soluciones personalizadas permiten integrar la seguridad como un componente fundamental desde las etapas iniciales del desarrollo, un principio clave de los enfoques modernos de seguridad por diseño (Radanliev, 2024). Esta práctica facilita la adaptación a los estándares de seguridad requeridos. Además, ofrece la flexibilidad de almacenar los datos sensibles dentro de una infraestructura segura y controlada por la organización, eliminando la dependencia de servidores externos y los riesgos potenciales asociados con la custodia de la información clasificada a terceros. Para el caso particular del ARMP, esto proporciona una mayor soberanía sobre los datos y facilita el cumplimiento de las normativas internas de seguridad de la Armada Argentina.

Por otro lado, al tener el control total sobre el código fuente y la arquitectura del sistema, la institución no depende de un proveedor externo para realizar modificaciones, integraciones o actualizaciones. Esto reduce la vulnerabilidad a la obsolescencia del software enlatado o a los cambios de estrategia de los proveedores.

Cabe mencionar también que el desarrollo a medida fomenta la creación de capital intelectual dentro de la institución. Durante el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta su implementación y el mantenimiento progresivo, el personal involucrado (o el equipo de TI que recibe la transferencia de un equipo externo) adquiere conocimiento del funcionamiento interno del sistema. Este conocimiento no solo es importante para el soporte técnico diario y la realización de ajustes, sino que también le da a la institución la capacidad para tomar decisiones sobre futuras mejoras y adaptaciones del CMMS.

4.2 Tabla Comparativa entre CMMS Comercial y de Desarrollo Propio.

La siguiente tabla (Tabla 1) presenta una comparación detallada entre el software CMMS enlatado y de desarrollo propio, abordando aspectos fundamentales desde los costos, la escalabilidad y el soporte hasta la seguridad de la información. La evaluación de estas características permitirá comprender las ventajas y desventajas de cada solución, que luego servirán para justificar la elección del modelo de CMMS más adecuado para el ARMP.

Tabla 1

Comparación entre CMMS comercial y CMMS de Desarrollo Propio según Criterios Clave

Criterios	CMMS comercial	CMMS desarrollo propio
Costos	Inversión inicial baja en modelos SaaS[4], más alta en modelos On-Premise[5]. Se deben considerar los costos de implementación, personalización y las licencias por usuario o suscripciones periódicas (mensuales o anuales).	Inversión inicial elevada debido a los gastos de diseño y desarrollo (equipo y herramientas). No tiene costos de licencia de usuarios o suscripciones periódicas, aunque existen costos de mantenimiento y evolución del sistema e infraestructura.
Personalización	Limitada, ofreciendo un cierto grado de configuración a través de parámetros y campos personalizados. Las instituciones deben adaptar sus procesos a la lógica y funcionalidades predefinidas del sistema.	Completa y sin restricciones permitiendo una adaptación precisa a los flujos de trabajo y necesidades específicas de la institución.
Implementación	Metodologías y cronogramas a menudo estandarizados por el proveedor, adaptándose la institución al proceso. Los tiempos pueden ser relativamente predecibles pero la adaptación puede ser compleja.	Proceso y cronograma flexible, adaptado a las prioridades y recursos de la institución, lo que otorga mayor control interno sobre el proceso. Los tiempos pueden ser más largos y variables.

[4] Software como Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés Software as a Service): Modelo en el que un proveedor aloja aplicaciones y las pone a disposición de los clientes a través de internet mediante una suscripción, eliminando la necesidad de que el cliente instale o ejecute la aplicación en sus propios servidores.

[5] On-Premise (o "en las propias instalaciones"): Modelo de implementación de software donde la aplicación se instala y se ejecuta en los servidores y la infraestructura de TI que son propiedad y están gestionados por la propia organización (el cliente), en lugar de en servidores externos o en la nube de un proveedor (como en el modelo SaaS).

Escalabilidad	En soluciones SaaS suele ser sencilla mientras que en modelos On-Premise pueden requerir inversiones adicionales de infraestructura. La capacidad de personalización para escalar el sistema puede verse limitada por su arquitectura.	Control total sobre la escalabilidad del sistema permitiendo optimizar el rendimiento y la infraestructura en función de los requerimientos específicos. La integración con nuevas tecnologías o sistemas puede realizarse de forma más fluida y adaptada.
Flexibilidad	Limitada por el diseño y el plan de desarrollo del proveedor. La institución se adapta a las funcionalidades y actualizaciones del software (mejoras o cambios no deseados en flujos de trabajo). Menor capacidad para modificaciones profundas o integraciones con otros sistemas.	Máxima flexibilidad. El sistema se diseña y evoluciona según las necesidades y prioridades de la institución. Permite modificaciones profundas, adaptaciones a nuevos proceso e integración con otros sistemas.
Soporte y mantenimiento	Soporte técnico proporcionado por el proveedor cuya calidad y velocidad es variable, según el nivel de servicio contratado. Mantenimiento del software base (bugs, seguridad) a cargo del proveedor. Actualizaciones periódicas.	Soporte y mantenimiento bajo responsabilidad de la institución. Puede ser ágil y adaptado si se cuenta con personal TI capacitado y disponible. Responsabilidad total sobre la corrección de bugs, seguridad del código y evoluciones futuras del sistema.
Seguridad	Incorpora medidas de seguridad estándar para la protección de los sistemas y los datos de su cliente. El control sobre la seguridad es limitado y la personalización de estas medidas para cumplir con requisitos muy específicos podría no estar disponibles.	Permite la implementación de medidas de seguridad personalizadas para cumplir con los estrictos requisitos de la institución. Los datos sensibles pueden almacenarse dentro de la infraestructura segura y controlada de la institución, garantizando una mayor soberanía sobre la información.

El análisis anterior muestra que los sistemas CMMS comerciales, especialmente los SaaS, ofrecen ventajas en cuanto a la velocidad de implementación y, en algunos casos, en los costos iniciales. Sin embargo, un aspecto importante a considerar para el ARMP está en las limitaciones de estos sistemas en términos de personalización y flexibilidad. La eficiencia operativa y la capacidad de respuesta del Arsenal puede verse restringida por la necesidad de adaptar sus flujos de trabajo a la lógica de un software enlatado. Además, las modificaciones profundas o la integración a futuras evoluciones específicas de la institución suelen ser difíciles o costosas de implementar en este tipo de plataformas.

Un segundo factor a tener en cuenta es la seguridad y soberanía de la información. Si bien los modelos comerciales On-Premise permiten un mayor control sobre los datos ya que son almacenados en infraestructura propia, la personalización de las medidas de seguridad para cumplir con los protocolos de la Armada Argentina sigue siendo limitada debido a la arquitectura del proveedor. Por otro lado, los modelos SaaS almacenan los datos sensibles en servidores de terceros, presentando desafíos adicionales en cuanto a la custodia y el control de información, lo que los hace menos factibles para el contexto del Arsenal.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la alternativa que mejor se alinea con las necesidades del ARMP es el desarrollo de un CMMS personalizado. Esta opción otorga la capacidad de diseñar un sistema que no solo refleje los procesos de mantenimiento, la terminología y los flujos de trabajo específicos del Arsenal, sino que también permite implementar protocolos de seguridad robustos y personalizados, garantizando la soberanía de los datos en la infraestructura controlada por la institución. Además, ofrece un control total sobre la evolución futura del sistema, permitiendo adaptaciones agiles a nuevas tecnologías o requerimientos sin depender de un proveedor externo.

Si bien el desarrollo propio implica una inversión inicial posiblemente mayor, los beneficios en términos de adaptación, control de la información, seguridad a medida y flexibilidad a largo plazo resultan decisivos para el ARMP. En consecuencia, el presente trabajo se enfocará en el diseño conceptual de un sistema con estas características. El siguiente capítulo detallará sus módulos, funcionalidades y perfiles de usuario.

Capítulo 5: Intervención Profesional

Como se analizó en el capítulo anterior, el desarrollo personalizado de un CMMS permite abordar las limitaciones de los software comerciales frente a las particularidades operativas, requisitos de seguridad, soberanía tecnológica y adaptabilidad a largo plazo que necesita el Arsenal.

En este capítulo, se presentará el diseño conceptual de los elementos estructurales y funcionales que conforman el sistema. En primer lugar, se realizará la identificación y caracterización de los perfiles de usuario que interactuarán con el sistema. Luego, se detallarán los módulos principales que compondrán el CMMS, describiendo su propósito y alcance. Además, se especificarán las funcionalidades clave que cada módulo deberá ofrecer para optimizar la gestión de mantenimiento en el ARMP.

5.1 Levantamiento de Requerimientos.

El levantamiento de requerimientos que fundamenta la propuesta de perfiles de usuario, módulos y funcionalidades del CMMS se basó principalmente en dos fuentes de información:

Por un lado, se realizaron entrevistas con diferentes actores involucrados en los procesos actuales de mantenimiento del ARMP, desde el personal técnico, profesionales, hasta jefes de División y Departamento. Las reuniones tuvieron como objetivo comprender en profundidad sus roles, las tareas que desempeñan y métodos que se utilizan actualmente en cada Sección, los principales desafíos y problemáticas que enfrentan en la gestión diaria en su División, y sus necesidades y expectativas ante la implementación de un futuro software. Por ejemplo, durante las entrevistas con el personal técnico de la División Mecánica, se destacó la dificultad de disponer fácilmente los manuales de equipos o Informes Técnicos que les permitan conocer qué reparaciones se realizaron con anterioridad.

Por otro lado, mi experiencia laboral durante 18 años dentro de la institución me ha proporcionado una comprensión profunda sobre los flujos de trabajo, la cultura organizacional, limitaciones existentes y las problemáticas frecuentes en los procesos de mantenimiento. Esta perspectiva me ha permitido

contextualizar la información obtenida de las conversaciones con el personal, identificar las necesidades y asegurar que el diseño propuesto se adapte a las particularidades del Arsenal.

5.2 Perfiles de Usuario.

Con el fin de asegurar que el CMMS sea una herramienta efectiva y adaptada a las necesidades del Arsenal, es importante identificar los diferentes perfiles de usuario que interactuarán con él. Cada perfil tendrá requerimientos específicos de acceso y funcionalidad dentro del software que dependerán de su rol y responsabilidades identificadas durante el relevamiento de requerimientos. A continuación, se describen los perfiles de usuario para el CMMS del ARMP:

5.2.1 Administrador del Sistema CMMS

Responsable técnico de la configuración, mantenimiento, seguridad y correcto funcionamiento del software, asegurando su operatividad y alineación con las necesidades del ARMP.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de usuarios y seguridad.
    - Administrar cuentas de usuario (crear, modificar, eliminar).
    - Definir y asignar roles y perfiles de permiso detallados para controlar el acceso a módulos y datos.
    - Configurar y supervisar las políticas de seguridad del sistema y los registros de auditoría.
- Configuración y parametrización del sistema.
    - Establecer y ajustar parámetros generales de CMMS (flujos de trabajo, inventario, notificaciones)
    - Administrar la estructura jerárquica y atributos de los activos.
- Mantenimiento técnico y operatividad del sistema.
    - Ejecutar instalaciones, actualizaciones y parches del software.
    - Gestionar y verificar copias de seguridad (backups) y los procesos de recuperación de datos.
    - Monitorear el rendimiento, la integridad y la disponibilidad del CMMS.

- Soporte y documentación
    - Proveer soporte técnico avanzado a los usuarios.
    - Mantener actualizada la documentación técnica y de configuración del sistema.

Módulos principales de interacción:

- Administración y configuración del sistema: principal herramienta de trabajo.
- Gestión de Personal: administración de usuarios y roles del CMMS.
- Gestión de Activos: configuración estructural y atributos.
- Informes y Análisis: monitoreo del sistema y auditorias de uso.

5.2.2 Jefatura de Departamento de Producción

Responsable de la gestión general y supervisión del rendimiento de las actividades de mantenimiento dentro de su Departamento, asegurando el cumplimiento de los objetivos del Arsenal.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de órdenes de trabajo.
    - Visualizar y seguir el estado de las SOC asignadas a su Departamento.
    - Revisar y validar (aprobar/rechazar) los presupuestos de las SOC elaborados por las Divisiones.
    - Autorizar la necesidad de contratación de servicios tercerizados que exceden la capacidad interna.
    - Supervisar el estado general y la priorización de las Órdenes de Trabajo (OT) del Departamento.
- Análisis de rendimiento
    - Acceder a los tableros de control (dashboards) e informes consolidados con los KPIs.
    - Analizar datos históricos para la toma de decisiones estratégicas.
- Consulta de información.
    - Consultar información general y estado de activos críticos.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: para seguimiento, validación de presupuestos y autorización de tercerizaciones.
- Gestión de Mantenimiento Preventivo: supervisión.
- Gestión de Activos: consultas sobre activos.
- Gestión documental: acceso a documentación estratégica.
- Informes y Análisis: KPIs, dashboard e informes.

5.2.3 Administrativo de Departamento de Producción

Responsable de la gestión administrativa y el seguimiento documental de las SOC y las OT dentro del Departamento, facilitando el flujo de información.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de solicitudes de obras de trabajo
    - Registrar en el CMMS las SOC recibidas de los destinos/unidades.
    - Realizar el seguimiento del estado de las SOC a lo largo de su ciclo.
    - Registrar la autorización (o rechazo) del destino solicitante de las SOC.
    - Gestionar y archivar la documentación asociada a la SOC y OT.
- Soporte administrativo y comunicación
    - Utilizar el CMMS para consultar y comunicar el estado de las SOC/OT.
- Generación de informes y seguimiento
    - Generar informes operativos sobre el volumen, estado y flujo de las SOC y OT procesadas por el Departamento.
    - Proporcionar datos para el análisis de tiempos de ciclo de las SOC.
    - Visualizar el estado general de los trabajos en curso que se generaron como SOC gestionadas por el Departamento.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: Registro inicial, seguimiento de los estados, registro de autorizaciones de los destinos.
- Gestión de Documental: Archivar y consultar.
- Informes y Análisis: Generar informes.

- Notificaciones/alertas del sistema: Para ser informado de los cambios de estado o acción requerida.

5.2.4 Jefatura de División.

Responsable de la gestión técnica y administrativa del mantenimiento dentro de su División, asegurando la calidad de los trabajos, cumplimiento de los planes y la validación de procesos.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de solicitudes y órdenes de trabajo
    - Recibir y revisar las SOC asignadas a su División para su evaluación general.
    - Supervisar y validar los presupuestos asociados a las SOC.
    - Validar y proponer la tercerización de trabajos que excedan la capacidad de la División, adjuntando la justificación técnica.
    - Realizar seguimiento del progreso y estado general de las OT.
    - Intervenir en la re-priorización de OT en caso de ser necesario.
    - Autorizar solicitudes de participación de otras Divisiones.
- Supervisión del mantenimiento preventivo y correctivo.
    - Supervisar el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo.
    - Revisar y validar la necesidad de repuestos, materiales o insumos críticos o de alto costo solicitado para los trabajos.
- Control de documentación y calidad
    - Revisar y aprobar los Informes Técnicos finales elaborados por los Responsables de Sección.
    - Validar la conformidad técnica de los trabajos realizados por terceros asignados a su División, antes del cierre de la OT.
- Análisis y reporte Divisional
    - Visualizar el estado de los trabajos, la carga de trabajo de las Secciones.
    - Acceder a informes y KPIs específicos de su División.
    - Analizar el historial de mantenimiento de los activos bajo la responsabilidad de la División.

- Gestión documental
    - Acceder a la documentación técnica relevante.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: Supervisión, validación de presupuestos, seguimientos de OT.
- Gestión de Mantenimiento Preventivo: Supervisar el cumplimiento.
- Gestión de Activos: Consulta de historial y estado general.
- Gestión de Documental: Consulta
- Informes y Análisis: Informes de rendimiento.
- Gestión de Inventario: consulta y validación de solicitudes de compra.
- Notificaciones/alertas del sistema: Para ser informado de los cambios de estado o acción requerida.

5.2.5 Responsable de Sección.

Responsable de la planificación, asignación de tareas, supervisión y control de calidad de los trabajos ejecutados por el personal de su Sección, así como de la gestión de recursos (personal, herramientas, materiales).

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de solicitudes de obras de trabajo
    - Recibir notificación de SOC relevantes para su Sección.
    - Realizar la estimación y el requerimiento de los recursos necesarios estimados para la elaboración del presupuesto de la SOC.
    - Registrar o proponer el alcance técnico y los pasos principales del trabajo para la SOC.
- Planificación y ejecución de OT
    - Recibir y revisar las OT asignadas.
    - Planificar y programar la ejecución de las OT, considerando prioridades y disponibilidad de recursos.
    - Gestionar la disponibilidad y asignación de herramientas y equipos especiales.
- Gestión de materiales y repuestos

    - Generar solicitudes de materiales y repuestos necesarios para las OT.
    - Registrar el consumo de materiales y repuestos utilizados en las OT.
    - Seguimiento, control y cierre de OT
    - Monitorear el progreso de las OT en ejecución, incluyendo la información y novedades registradas por los técnicos.
    - Validar, complementar o corregir la información registrada en las OT antes de proponer su cierre.
    - Supervisar la correcta documentación de los trabajos realizados por terceros.
    - Realizar la revisión técnica final y validar la finalización de las OT ejecutadas.
    - Adjuntar los Informes Técnicos finales y otra información relevante (fotos, videos, registros de mediciones) a la OT.
    - Asegurar la correcta vinculación y archivo de esta documentación dentro del CMMS para su futura consulta.
- Análisis e informes
    - Consultar KPI y generar informes sobre el rendimiento de la Sección.
    - Acceder al historial de mantenimiento de los equipos para análisis y toma de decisiones
- Gestión documental
    - Acceder a manuales técnicos, planos, procedimientos y normativas relevantes para los trabajos.
    - Asegurar que el personal tenga acceso y utilice la documentación técnica actualizada.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: Evaluación de SOC, planificación, asignación, seguimiento y cierre de OT.
- Gestión de Mantenimiento Preventivo: Programar, asignar y dar seguimiento a las tareas preventivas.

- Gestión de Activos: Consulta información técnica, historial y registrar datos de mantenimiento.
- Gestión de personal: Asignar personal a las tareas y registrar tiempos.
- Gestión de Documental: Consulta y carga de informes, videos, etc.
- Informes y Análisis: Informes de rendimiento.
- Gestión de Inventario: solicitar y registrar el consumo de materiales, insumos, repuestos, etc.
- Notificaciones/alertas del sistema: Para ser informado de los cambios de estado o acción requerida.

5.2.6 Técnico

Personal encargado de la ejecución directa de las tareas de mantenimiento correctivo y preventivo en los equipos, sistemas e instalaciones, siguiendo las Órdenes de Trabajo (OT) asignadas.

Necesidades específicas en el CMMS:

  - Gestión de tareas asignadas
    - Visualizar su lista de OT asignadas, con indicación de prioridad y detalles del trabajo a realizar.
    - Acceder a toda la información relevante para la OT.
    - Registrar el inicio y la finalización de las tareas o de la OT completa.
    - Reportar el progreso del trabajo.
- Acceso a la información técnica
    - Consultar manuales, planos, diagramas, procedimientos asociados al activo o la OT.
    - Acceder al historial de mantenimiento del equipo o sistema en el que está trabajando.
- Registro de datos de ejecución
    - Registrar el trabajo realizado, incluyendo acciones correctivas o preventivas efectuadas y observaciones técnicas relevantes.
    - Registrar códigos de falla, las causas de falla y soluciones aplicadas.
    - Registrar mediciones, lecturas de parámetros y resultados de pruebas realizadas durante el mantenimiento.

    - Adjuntar material visual (fotos, vídeos)
- Gestión de materiales y repuestos
    - Consultar la disponibilidad de repuestos, materiales o insumos necesarios para la OT.
    - Registrar los repuestos y materiales específicos utilizados durante la ejecución de la OT.
- Notificaciones
    - Notificar al Responsable de Sección sobre problemas imprevistos, hallazgos adicionales, necesidad de trabajos no planificados, etc.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: Visualizar tareas, registrar progreso, horas, materiales y observaciones.
- Gestión de Activos: Consulta información técnica e historial
- Gestión de Documental: Acceder a manuales, procedimientos y planos.
- Gestión de Inventario: Consultar disponibilidad y solicitar/registrar consumo de repuestos.
- Notificaciones/alertas del sistema: Para ser informado de nuevas asignaciones o actualizaciones importantes.

5.2.7 Encargado de Pañol

Responsable de la gestión física y administrativa del inventario de repuestos, materiales, insumos, herramientas y equipos especiales del pañol asegurando su correcta recepción, almacenamiento, control, despacho y registro.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Gestión de catálogo.
    - Crear, modificar y mantener actualizado el catálogo de todos los ítems del pañol.
    - Clasificar y categorizar los ítems para facilitar su búsqueda y gestión
- Recepción y almacenamiento
    - Registrar la recepción de nuevos ítems.

    - Asignar y gestionar la ubicación física de los ítems dentro del pañol.
- Control de inventario y stock.
    - Mantener un registro preciso y actualizado de los niveles de stock.
    - Registrar conteos cíclicos
    - Registrar ajustes de inventario, documentando las razones.
    - Gestionar ítems con vida útil limitada
    - Identificar y gestionar stock de seguridad y niveles mínimos/máximos.
- Despacho y seguimiento de ítems
    - Registrar las salidas de repuestos, materiales, insumos y herramientas asociándolas a OT específicas.
    - Realizar seguimiento de herramientas o equipos especiales prestados o asignados temporalmente.
    - Gestionar la devolución de herramientas o repuestos no utilizados.
- Reabastecimiento
    - Identificar ítems que alcanzan niveles de stock bajos.
    - Iniciar solicitudes de compra para el reabastecimiento de ítems.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Inventario: Todas las operaciones de catálogo, recepción, almacenamiento control, despacho y reportes.
- Gestión de Órdenes de Trabajo: Asociar el consumo de materiales y repuestos a las OT, y para ver las necesidades de las OT planificadas.
- Informes y análisis: Generar informes específicos de la gestión de inventario.

5.2.8 Administrativo de División

Brinda apoyo en la gestión administrativa y documental de la División, facilitando el flujo de información, preparación de presupuestos y el seguimiento de tareas.

Necesidades específicas en el CMMS:

- Soporte en la gestión de SOC y OT
    - Asistir en la preparación y formato de los presupuestos de las SOC.

    - Realizar el seguimiento de estado de las SOC y OT de la División.
    - Facilitar la recopilación de información y preparación de documentación para OT que requieran tercerización.
    - Ingresar o actualizar datos específicos de las SOC/OT según indicaciones.
- Gestión documental de la División
    - Cargar y archivar documentos digitales asociados a las SOC/OT.
    - Facilitar la búsqueda y recuperación de documentos para el personal.
- Soporte en la generación de informes
    - Extraer datos y generar informes operativos básicos según se solicite.

Módulos principales de interacción:

- Gestión de Órdenes de Trabajo: Preparación de presupuestos de SOC, seguimiento de estados, carga de información y documentación.
- Gestión documental: Cargar, archivar y consultar documentos.
- Informes y análisis: Extraer datos y generar informes básicos.

5.3 Módulos y Funcionalidades Clave

Se propone un CMMS con una estructura general basada en un conjunto de ocho módulos interconectados los cuales están pensados para gestionar aspectos específicos del ciclo de mantenimiento. En la figura 6 se puede observar las interrelaciones principales, donde las líneas sólidas representan los flujos de datos operativos directos entre módulos, mientras que las líneas discontinuas indican la influencia configurativa del módulo de Administración y Configuración del Sistema sobre los datos y parámetros de los demás módulos.

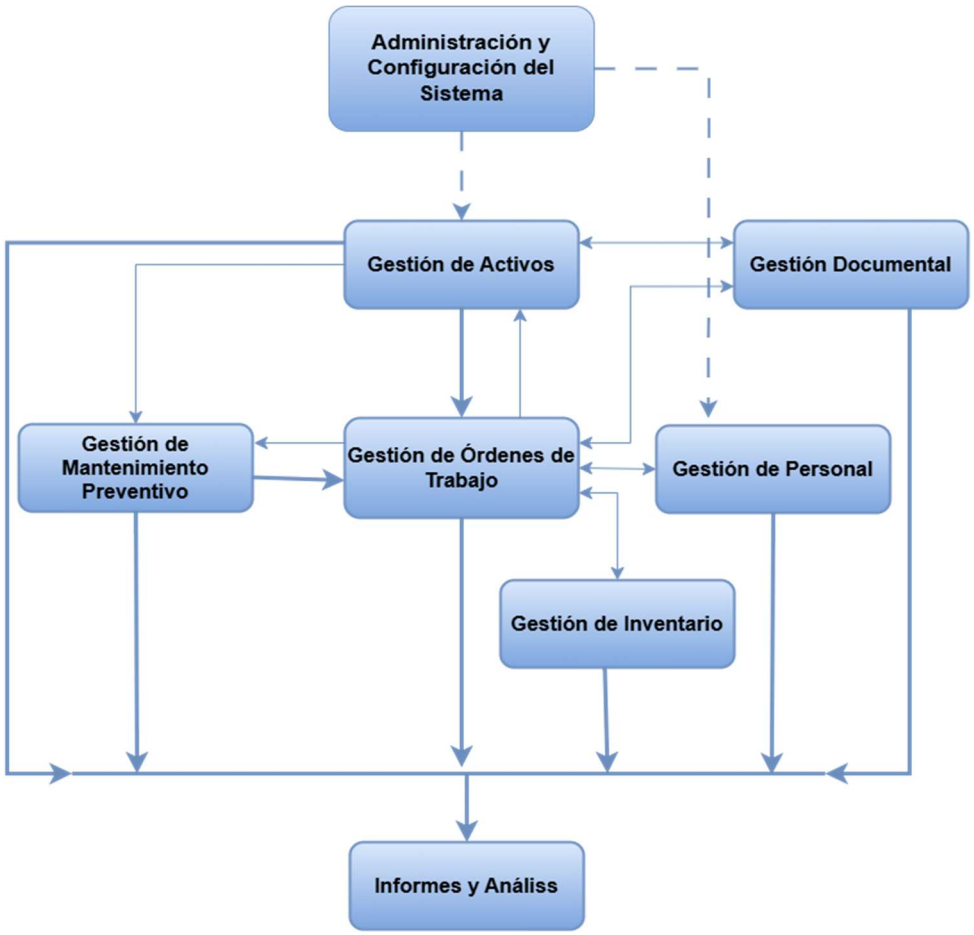


Figura 6 - Diagrama de interrelación de módulos

A continuación, se describe cada módulo junto a su propósito, alcance y funcionalidades clave que ofrecerá a diferentes perfiles de usuario.

5.3.1 Gestión de Activos

Este módulo tiene como propósito proporcionarle al ARMP un inventario estructurado y detallado de todos los destinos terrestres, unidades marítimas, sistemas, equipos, componentes principales e instalaciones donde el Arsenal tiene competencia y que son objeto de tareas de mantenimiento. Es la base sobre la cual se registrarán y analizarán todas las intervenciones.

Alcance General

Los activos deberán ser registrados con la siguiente información:

- Nombre
- Descripción
- Marca, número de serie y fabricante (en el caso que corresponda)
- Fecha de adquisición e instalación (en caso de que se tenga registro)
- Criticidad (según los criterios del ARMP)
- Ubicación física (p.ej., sala de máquinas< ARA “Bouchard”)
- Estado operativo actual (en servicio, en reparación, fuera de servicio)

Los mismos deberán estar definidos dentro de una estructura jerárquica que facilite la localización de los componentes dentro de un sistema o unidad. Dicha estructura deberá ser flexible, soportando activos con diferente número de niveles y permitiendo su fácil modificación para adaptarse a nuevas necesidades.

Por otro lado, cada activo deberá estar asociado directamente con documentación técnica (manuales, procedimientos, planos, diagramas) y con su historial completo de mantenimiento, el cual se construye a partir de las OT realizadas, descripción de fallas, reparaciones realizadas, repuestos utilizados, entre otros.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Crear, editar, dar de baja y consultar Activos	• Permitir el registro detallado de activos en el sistema. • Permitir la modificación de la información de los activos existentes. • Gestionar el estado del activo (p. ej. en servicio, en reparación, fuera de servicio, radiado[6]) manteniendo su historial. • Facilitar su búsqueda y la visualización de su ficha completa.

[6] Radiado/a: En el contexto administrativo y de gestión de bienes, se refiere al acto de dar de baja formalmente un activo del inventario o registro de una organización, usualmente por haber llegado al final de su vida útil, por obsolescencia, destrucción o por no ser ya necesario. Implica su retiro definitivo del servicio activo.

Gestionar jerarquía	• Permitir la creación y modificación de la estructura jerárquica (árbol de activos). • Facilitar la navegación y visualización de la estructura jerárquica.
Asociar y gestionar documentación	• Permitir adjuntar múltiples documentos (imágenes, vídeos, PDF, etc.) a la ficha de cada activo. • Facilitar la visualización y descarga de la documentación asociada directamente.
Visualizar historial de Mantenimiento	• Presentar de forma clara y cronológica todas las OT realizadas sobre un activo. • Permitir la consulta de SOC generadas para el activo, incluyendo su estado (p. ej.: pendiente, aprobada, rechazada), la justificación del estado y la fecha. (Esto permitirá analizar, por ejemplo, el impacto de las SOC rechazadas que posteriormente derivaron en fallas mayores) • Mostrar un resumen de las fallas reportadas y las principales intervenciones.
Búsqueda avanzada y filtrado	• Proporcionar herramientas de búsqueda que permitan localizar activos por diferentes criterios combinados.
Campos personalizados por Tipo de Activos	• Permitir al Administrador crear diferentes tipos de activos (p. ej.: Compresor, Bomba de Aceite, Giroscopio) y definir para cada tipo un conjunto de atributos específicos.
Gestionar lista de materiales por Activo/Tipo de Activo	• Permitir crear y asociar una lista de repuestos y materiales que son comúnmente utilizadas o requeridas para el mantenimiento de un activo especifico o tipo de activo.

5.3.2 Gestión de Órdenes de Trabajo

El módulo se centrará en seguir de manera integral y eficiente las necesidades de mantenimiento, desde el ingreso al sistema de las SOC por parte del personal del Departamento de Producción, hasta la planificación, ejecución, documentación y cierre de las OT resultantes. Este buscará optimizar la comunicación, agilizar los flujos de aprobación internos y proporcionar una trazabilidad completa de las intervenciones de mantenimiento realizadas por el ARMP.

Alcance General

Las SOC recibidas iniciarán su ciclo en el CMMS con su registro y procesamiento donde se incluirá la información del solicitante, el activo involucrado y la descripción de tareas, entre otros datos. Luego, se acompañará

el proceso de evaluación técnica y presupuestación de estas SOC por parte de las áreas competentes, así como su validación interna y la gestión de la autorización externa (unidad/destino solicitante) necesaria para su ejecución.

Una vez autorizada la SOC, el sistema la transformará en una OT formal y permitirá su completo desarrollo. Esto comprende la clasificación y priorización de la OT, su planificación detallada con la definición de tareas, estimación de recursos y su programación. Se podrá realizar el seguimiento de ejecución de cada OT, permitiendo el registro de la mano de obra, los materiales e insumos consumidos, las mediciones realizadas, observaciones técnicas y las causas de falla identificadas.

En cuanto a la gestión de la documentación asociada, permitirá la carga de Informes Técnicos y el seguimiento de su flujo de aprobación, que culminará con el cierre formal y administrativo de una OT específica. Este cierre asegura que toda la información relevante quedará registrada, actualizando el historial de mantenimiento de los activos involucrados y manteniendo un archivo completo para futuras consultas y análisis. Por otro lado, la gestión de los aspectos relativos a los trabajos tercerizados, documentados a través de una OT, también se encontrarán dentro del alcance de este módulo.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Registrar SOC	• Permitir el ingreso los datos de las SOC recibidas (unidad solicitante, activo, tipo de tarea, descripción, fecha, etc.) y adjuntar documentación de origen.
Gestionar flujo de revisión y presupuestación de SOC	• Asignar la SOC a la División/Sección competente para su evaluación técnica. • Permitir a los usuarios autorizados añadir información y elaborar o registrar de un presupuesto para la SOC. • Facilitar el flujo de validación interna de presupuestos por las Jefaturas correspondientes. • Registrar el envío del presupuesto al solicitante y estado de la SOC (p. ej. “Pendiente Autorización Solicitante”).
Convertir SOC a OT	• Permitir el registro de la autorización (o rechazo) recibida del Destino/Unidad. • Habilitar la conversión de las SOC autorizadas en OT formales, asignándole un número único y transfiriendo la información relevante.

Crear OT directa	• Permitir la creación directa de OT para trabajos no planificados o tareas internas, sin un flujo de SOC previo.
Clasificar y Priorizar OT	• Asignar tipo de OT (Inspección, Correctiva, Preventiva, etc.) y establecer su prioridad según criterios definidos (con posibilidad de priorización automática y ajuste manual).
Asignar OT a División/Sección	• Permitir la asignación formal de la OT a la División y Sección responsables de su ejecución.
Planificar tareas de OT	• Permitir el desglose de la OT en tareas específicas y secuenciales, estimando duración y recursos (personal, material, herramientas) para cada una.
Gestionar requerimientos de materiales	• Permitir listar materiales/repuestos necesarios durante la planificación para verificar stock e iniciar solicitudes al pañol o de compra.
Coordinar recursos y permisos	• Registrar la necesidad de permisos de trabajos y facilitar la coordinación de tareas con otras Divisiones/Secciones.
Programar OTs/Tareas	• Asignar fechas/hora de inicio y fin programas a las OT o tareas individuales con visualización en calendarios o listas.
Asignar tareas a personal	• Permitir a los responsables de Sección asignar tareas específicas al personal técnico (individual o grupo), considerando su disponibilidad.
Registrar ejecución de Tareas	• Permitir al usuario autorizado a registrar el inicio/fin de tareas, horas hombre, repuestos/materiales consumidos, mediciones, resultados de prueba y observaciones técnicas.
Gestionar estado de la OT	• Actualizar y visualizar el estado de la OT a lo largo de su ciclo de vida (Asignada, Pendiente de repuestos, En progreso, completada, etc.), con trazabilidad de cambios y generación de notificaciones automáticas.
Gestionar trabajos tercerizados	• Marcar OT como tercerizada, registrar proveedor, adjuntar documentación y registrar seguimiento de supervisión interna.
Adjuntar documentos a la OT	• Permitir adjuntar múltiples archivos (fotos, videos, PDF, informes parciales) a la OT en cualquier etapa de su ciclo.
Gestionar Informes Técnicos	• Permitir adjuntar el Informe Técnico final y facilitar un flujo de revisión y aprobación digital por los roles designados (Resp. Sección > Jefe División).
Cerrar OT	• Permitir el cierre formal y administrativo de la OT una vez completado los trabajos, registrada toda la información relacionada y aprobados los Informes, asegurando la actualización del historial del activo.
Búsqueda y filtrado de SOC/OT	• Herramientas robustas para la buscar y filtrar las SOC y OT por múltiples criterios combinados.

5.3.3 Gestión de Mantenimiento Preventivo.

Con el objetivo de reducir las posibilidades de fallas en los equipos, extendiendo su vida útil y asegurando la operabilidad de las unidades navales, este módulo le permite al usuario realizar la planificación, programación, seguimiento y control de las tareas de mantenimiento ejecutadas en periodos de tiempo predefinidos o según criterios de uso.

Alcance General.

El usuario podrá gestionar y definir Programas de Mantenimiento Preventivo que serán aplicados sobre activos individuales o grupos de activos. Para tareas de inspección o rutinas menores, estará disponible la generación automática de OT, las cuales seguirán el flujo normal de planificación, ejecución y cierre dentro del módulo de Gestión de Órdenes de Trabajo. Cuando se trate de tareas de mantenimiento preventivo más significativas, por ejemplo, aquellas que impliquen el reemplazo de un componente, el software generará una alerta al personal designado del ARMP y facilitará la creación de una propuesta de trabajo (borrador SOC), que servirá como base para que el ARMP coordine con el Destino/Unidad correspondiente la creación de una SOC, iniciando el proceso de aprobación y presupuestación habitual.

Por otro lado, podrá interactuar con el Módulo de Gestión de Inventario para prever los repuestos y materiales necesarios para las tareas de mantenimiento preventivo programadas, ya sea por las OT directas o las provenientes de las SOC asociadas a la propuesta de trabajo. Además, se podrán vincular procedimientos o manuales a las tareas programadas en este módulo. Por último, los datos generados, como cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, proporción de mantenimiento preventivo versus correctivo, luego serán utilizados en el Módulo de Informes y Análisis para el cálculo de métricas de desempeño de mantenimiento.

Funcionalidades Clave.

Funcionalidad	Descripción
Crear y gestionar Programa	• Definir programas de mantenimiento preventivo, asignarles nombre y asociarlos a tipos de activos.

Definir tareas estándar	• Crear una biblioteca con tareas de mantenimiento (descripción, procedimiento, duración estimada, etc.) • Clasificar las tareas (inspección, reemplazo de pieza, etc.) para determinar si se genera OT directa o notificación para SOC. • Asignar tareas estándar a los Programas
Configurar frecuencia	• Establecer la frecuencia y los disparadores para cada tarea asociada al tipo de activo.
Generar OT	• Permitir la generación automática o manual de OT preventivas según configuración del programa y los disparadores. • Proyectar futuras OT.
Generar alertas y notificaciones	• Crear alertas internas a los usuarios correspondientes cuando las tareas requieran de una SOC. • Crear una propuesta de trabajo (borrador SOC) para que el ARMP gestione la creación de la SOC con el Destino/Unidad.
Monitorear cumplimiento del Programa	• Realizar seguimiento de los programas de Mantenimiento Preventivo, visualizando OT completadas, vencidas, pendientes y el estado de las SOC generadas a partir de las propuestas de trabajo.
Optimizar Programas	• Permitir la revisión y optimización de los Programas de Mantenimiento Preventivo (modificar tareas, frecuencias, disparadores y la clasificación de tareas) basada en el historial de mantenimiento, análisis de falla o cambios en las condiciones.
Previsión de Materiales	• Integrar con el módulo de Gestión de Inventario para listar los materiales, repuestos y herramientas necesarios para las tareas programadas.

5.3.4 Gestión de Inventario

El propósito de este módulo es gestionar y controlar de manera eficiente el stock de repuestos, materiales, insumos, herramientas y equipos especiales (p. ej., alineador laser) almacenados en el pañol de cada División del ARMP, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de los ítems y proporcionar una trazabilidad completa de su uso.

Alcance General

El módulo contará con un catálogo detallado de ítems de inventario, incluyendo repuestos de uso común, materiales consumibles, insumos, herramientas, y equipos especiales. Cada ítem contará con la siguiente información: código único de identificación, descripción completa, número de

parte (si aplica), unidad de medida (si aplica), especificación técnica relevante, y criticidad del ítem.

El stock podrá ser controlado en tiempo real mostrando para cada ítem las cantidades disponibles, reservadas (para OT planificadas) y en tránsito (pedidos realizados, pero no recibidos). El registro de todas las transacciones de inventario contará con estos datos:

- Entradas: Recepción de ítems por compra, devoluciones de ítems no utilizados en OT, o transferencias desde otros pañoles.
- Salidas: Retiro o consumo de ítems para uso en OT, bajas por pérdida, daño u obsolescencia.
- Ajustes: correcciones de stock de conteos físicos o identificación de discrepancias.

Cada pañol podrá establecer los niveles críticos (mínimos y máximos) de stock para ítems seleccionados, lo que permitirá la generación de alertas automáticas al personal responsable y facilitará la creación de solicitudes de compra, en caso de ser necesario.

Por otro lado, el sistema permitirá gestionar el préstamo, devolución y estado de las herramientas y equipos especiales, con seguimiento de quienes las tienen y cuándo deberían ser devueltas, revisadas o calibradas (si aplica).

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Gestionar catálogo	• Crear, consultar editar y dar de baja ítems con todos sus atributos. • Clasificar ítems por categoría, familia, etc.
Registrar Transacciones de inventario	• Registrar entradas, salidas, transferencias y ajustes de stock.
Controlar niveles de stock	• Visualizar stocks disponibles, reservados y en tránsito. • Mantener un historial de todas las transacciones por ítem.
Definir políticas de reabastecimiento	• Configurar stock mínimo/máximo por ítem. • Generar alertas automáticas de bajo stock.

Realizar conteo de inventario	• Soportar la planificación y ejecución de conteos cíclicos. • Registrar las cantidades contadas e identificar discrepancias. • Permitir el ajuste del stock del sistema basado en los resultados del conteo.
Generar Solicitudes de Compra	• Permitir la creación de solicitudes de compra para ítems bajo el punto de pedido o para necesidades específicas de OT.
Gestionar préstamo y devolución de herramientas	• Registrar la salida (préstamo) de herramientas o equipos especiales al personal y asociar el préstamo a una OT o personal específico para seguimiento. • Registrar la devolución de la herramienta.
Búsqueda y filtrado de ítems	• Herramientas para buscar y filtrar ítems por código, descripción, categoría, etc.
Informes de Inventario	• Generar diversos informes como listados de stock actual, informes de movimientos, análisis de rotación.

5.3.5 Gestión Documental

Este módulo establece un repositorio centralizado, organizado y controlado para toda la documentación técnica, administrativa y de procedimientos. Su objetivo es facilitar el acceso rápido y seguro a la información correcta por parte de los usuarios autorizados, y asegurar la utilización de las versiones actualizadas de los documentos.

Alcance General

El sistema permitirá almacenar y organizar de manera eficiente una amplia variedad de documentos, los cuales estarán vinculados de forma lógica a los elementos correspondientes dentro del CMMS. Algunos de los tipos de documentos que se podrán gestionar serán:

- Manuales técnicos de equipos y sistemas.
- Planos y diagramas esquemáticos.
- Procedimientos de mantenimiento y seguridad
- Informes Técnicos generados (vinculados a las OT).
- Normativas internas de la Armada (p.ej., NOCEM)
- Certificados de calibración de equipos e instrumentos.

- Fotografías, videos o cualquier otro material multimedia que sirva de apoyo a las tareas de mantenimiento o al registro de condiciones de los activos.

Los usuarios siempre accederán a la última revisión aprobada de los documentos, asegurando el uso de la información actualizada. Sin embargo, el software mantendrá un historial de versiones anteriores para consulta. Además, los documentos estarán clasificados y etiquetados (p. ej., sistema al que aplica, tipo de documento, palabra clave) mediante un sistema que facilite su organización y búsqueda.

Por otro lado, se gestionarán los permisos de acceso a la documentación basados en el perfil de usuario o roles específicos, asegurando que solo el personal autorizado pueda visualizar, modificar, cargar o aprobar determinados tipos de documentos, garantizando la integridad y confidencialidad de la información.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Cargar y almacenar documentos	• Permitir la carga de documentos en diversos formatos (PDF, JPG, MP4, etc.) • Organizar los documentos en una estructura de carpetas lógica o mediante un sistema de etiquetado/categorización[7].
Versionado de documentos	• Gestionar múltiples versiones de un mismo documento, indicando cuál es la versión vigente. • Permitir el acceso a versiones anteriores. • Registrar quién y cuándo se modificó o actualizó un documento.
Vincular documentos a entidades del CMMS	• Facilitar la asociación de documentos con Activos, Ordenes de Trabajo, etc.
Búsqueda	• Proporcionar herramientas de búsqueda por nombre de archivo, palabra clave en el titulo o descripción, etc.
Visualizar y descargar documentos	• Permitir la previsualización de documentos comunes dentro del sistema (si es factible) o su descarga para su visualización.

[7] Etiquetado/categorizacion

Gestionar metadatos	• Permitir definir y asignar metadatos[8] (etiquetas, categorías, fecha de revisión) a los documentos para mejorar su clasificación y búsqueda.
Control de acceso y permisos	• Definir permisos a nivel usuario, rol, o tipo de documento para controlar quién puede ver, editar, cargar o aprobar documentos.
Crear enlaces	• Permitir crear referencias cruzadas o enlaces entre documentos relacionados.

5.3.6 Gestión de Personal.

La finalidad de este módulo es la gestión de la información clave del personal del ARMP involucrado en las tareas de mantenimiento, asegurando la asignación eficiente de personal a las órdenes de trabajo según sus habilidades y disponibilidad.

Alcance General

Se mantendrá un registro detallado del personal del ARMP involucrado en las actividades de mantenimiento, con los siguientes datos principales:

- Datos personales básicos (nombre y apellido, DNI, Número de matrícula)
- Tipo de personal (Civil o militar)
- Grado/jerarquía (si es militar)
- Título profesional y/o nivel de formación alcanzado.
- Cargo funcional dentro del ARMP (en el caso que corresponda)
- Perfil dentro del CMMS (técnico, jefe de División, etc.)
- Departamento, División y/o Sección a la que pertenece.
- Especialidad o habilidades técnicas específicas.
- Certificaciones relevantes

[8] Metadatos: Comúnmente definidos como "datos sobre datos". En el contexto de la gestión documental, son información descriptiva sobre un documento que facilita su identificación, búsqueda, gestión y comprensión. Incluyen atributos como el autor, fecha de creación, tipo de documento, palabras clave, estado de revisión, etc.

Esta información permitirá que el módulo facilite la asignación de personal a OT y a tareas específicas dentro de ella, permitiendo considerar su disponibilidad (derivada de calendarios laborales y ausencias), sus habilidades y carga de trabajo.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Crear, editar, dar de baja y consultar la Ficha del Personal	• Permitir el registro de los datos personales del personal. • Permitir la modificación (actualización) de la información del personal. • Permitir poner al personal que se va de pase a otro destino en modo inactivo. • Gestionar la baja del personal manteniendo su historial. • Facilitar su búsqueda y visualización de su ficha completa.
Definir y asignar habilidades y certificaciones	• Crear un catálogo de habilidades técnicas, especialidades y certificaciones. • Asignar múltiples habilidades/especialidades/ certificaciones a cada miembro del personal. • Generar alertas para certificaciones próximas a vencer.
Gestionar Disponibilidad	• Definir calendarios laborales estándar. • Registrar las licencias del personal. • Registrar y gestionar “en comisión” para el personal, especificando fechas de inicio y fin, descripción del motivo y lugar de la comisión, y marcándolo automáticamente como “No Disponible” para otras OT. • Visualizar la disponibilidad real del personal en un periodo determinado, considerando todas las variables.
Asignar Personal a OT/tareas	• Permitir la búsqueda de personal por habilidad, especialidad, tipo de personal, disponibilidad, o sección. • Facilitar la asignación de uno o varios técnicos a una OT o tareas específicas dentro de ellas. • Visualizar la carga de trabajo asignada a cada técnico disponible.
Registrar horas hombre a OTs	• Permitir que el personal (o sus superiores) registren las horas reales trabajadas en cada OT/tarea.
Gestionar equipos de trabajo	• Permitir la creación de equipos de trabajo. • Asignar Ots/tareas a un equipo de trabajo.
Informes básicos de Personal	• Generar listado de personal filtrables por especialidad, División, tipo de personal. • Generar informes de personal en comisión. • Generar informes de horas trabajadas por periodo o por OT.

5.3.7 Informes y Análisis.

Este módulo proporciona las herramientas necesarias para acceder, visualizar y analizar la información generada y gestionada por el CMMS. Con él, el usuario pude monitorear el desempeño de los procesos de mantenimiento interno, evaluar la efectividad de las estrategias implementadas e identificar tendencias. Además, proporciona la base para el seguimiento de Indicadores Clave de Desempeño definidos por la institución.

Alcance General

El módulo contará con una biblioteca de informes estándar predefinidos que cubrirán las necesidades de gestión más comunes, extrayendo y consolidando datos de los módulos de Activos, Órdenes de Trabajo, Mantenimiento Preventivo, Inventario y Personal. Algunos de los informes que el usuario encontrará disponibles serán, entre otros:

- Historial de Mantenimiento por Activo (basado en las OT)
- Órdenes de Trabajo Abiertas/Pendientes
- Cumplimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo (ejecutado por el ARMP)
- Ratio Mantenimiento Preventivo vs Correctivo (basado en OT del ARMP).
- Tiempo medio de ciclo de OT (desde la creación en el ARMP hasta el cierre)
- Backlog de mantenimiento[9]
- Consumo de repuestos del Pañol por OT/Activo.
- Horas hombre por Personal/Sección/OT.

[9] Backlog de Mantenimiento: Se refiere a la acumulación de todo el trabajo de mantenimiento identificado (tanto correctivo como preventivo y otras tareas planificadas) que está pendiente de ejecución. Un backlog controlado es normal y necesario para la planificación, pero un backlog excesivo o creciente puede indicar una capacidad de mantenimiento insuficiente, problemas de planificación, falta de repuestos, o un riesgo creciente de fallas y deterioro de activos.

Cada usuario, según sus permisos, tendrá la capacidad de aplicar filtros y parámetros (rango de fechas, tipo de activo, División, Sección, estado de OT) a estos informes para adaptarlos a sus consultas.

Los distintos perfiles de usuario podrán visualizar dashboards adaptados que les presentarán de manera gráfica y resumida la información operativa clave y las tendencias relevantes derivadas de las actividades del ARMP, permitiendo un monitoreo del estado de situación.

Además, el módulo permitirá la exportación de informes generados y de los datos subyacentes a formatos comunes como PDF para presentaciones y CSV para su uso en análisis externos.

Es importante mencionar que el sistema proporcionará los datos y las herramientas de consulta que facilitarán al ARMP calcular y dar seguimiento a KPIs que defina, estos se basarán en la información recopilada y gestionada internamente por el CMMS. La capacidad de calcular KPI que dependen de datos de operación continua de los activos o mantenimiento de primer escalón realizados fuera del ámbito de control del Arsenal (como podría ser MTBF basado en horas de funcionamiento totales de un buque en navegación) no está contemplada, ya que la obtención de dichos datos se encuentra fuera del alcance de este proyecto.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Acceder a Biblioteca de Informes estándar	• Proporcionar un catálogo de informes predefinidos.
Aplicar filtros y parametrizar informes	• Permitir la selección de criterios para refinar los resultados de los informes. • Guardar configuración de filtros recurrentes.
Visualizar Dashboard	• Presentar tableros de control con gráficos y datos relevantes para el perfil del usuario. • Permitir navegación interactiva desde los gráficos a los datos.
Configurar y visualizar KPI internos	• Permitir al administrador definir fórmulas para calcular indicadores basados exclusivamente en los datos disponibles en el CMMS del Arsenal. • Mostrar estos indicadores en dashboards o informes.

Exportar informes y datos	• Facilitar la descarga de la información visualizada en formatos como PDF y CSV.
Constructor básico de informes	• Proporcionar una interfaz simplificada para que los usuarios autorizados puedan seleccionar campos, aplicar filtros y generar informes sencillos y personalizados.

5.3.8 Administración y Configuración del Sistema.

Este último módulo tiene como fin asegurar el correcto funcionamiento, la integridad, la seguridad y la adaptabilidad del CMMS a las necesidades y estructura del ARMP. Por estos motivos, se le proporciona al Administrador las herramientas necesarias para gestionar la configuración del sistema, la seguridad de acceso, la definición de datos maestros y parámetros operativos, y realizar tareas de mantenimiento esenciales del software.

Alcance General

El módulo facilitará al Administrador la gestión completa del ciclo de vida del usuario, desde la creación, modificación y activación/desactivación hasta la eliminación de sus cuentas. Esto incluye la asignación de roles específicos, los cuales estarán asociados a un conjunto de permisos que determinarán a qué módulos, funcionalidades y datos podrán acceder y qué acciones podrán realizar dentro del sistema.

También, se utilizará para la configuración de la estructura jerárquica de activos, la definición y mantenimiento de las listas desplegables utilizadas en el sistema, así como la configuración de parámetros generales del sistema y la definición de la estructura organizativa del ARMP que se reflejará en el programa.

Por otro lado, el módulo proporcionará acceso a herramientas para la realización de copias de seguridad de la base de datos del CMMS y/o la supervisión de procesos de backups automáticos, contribuyendo a los procesos de restauración del sistema. Además, ofrecerá herramientas para el monitoreo básico del rendimiento del sistema y la verificación de la integridad de la base de datos.

Por último, será fundamental la capacidad de registrar y consultar un log de auditoría[10] que rastreará las acciones importantes realizadas por los usuarios dentro del sistema como creación/modificación de datos críticos, inicios de sesión, etc., siendo una actividad crucial para la seguridad, responsabilidad y trazabilidad de las operaciones.

Funcionalidades Clave

Funcionalidad	Descripción
Gestionar Cuentas de usuarios	• Crear nuevas cuentas de usuarios con sus datos de identificación. • Modificar datos de usuarios existentes. • Activar, desactivar o eliminar cuentas de usuario. • Restablecer contraseñas de usuarios.
Gestionar roles y permisos	• Definir roles de usuario. • Asignar permisos a cada rol para acceder a módulos, visualizar, crear, editar o eliminar información específica,
Configurar estructura de activos	• Definir y modificar los niveles superiores de la jerarquía de activos. • Crear y gestionar los “tipos de activos” y los atributos estándar asociados a cada tipo.
Gestionar listas desplegables	• Crear y mantener listas de valores estándar para campos claves del sistema.
Configurar flujos de trabajo.	• Ajustar los parámetros de flujos de aprobación o notificación.
Copias de seguridad	• Proporcionar una interfaz para iniciar copias de seguridad manuales o para verificar el estado de las automáticas. • Facilitar procesos de restauración en caso de necesidad.
Consultar log de auditoria	• Permitir la visualización y filtrado de los registros de auditoría para rastrear cambios y acceso
Gestionar notificaciones y alertas	• Configurar las plantillas y los disparadores para las notificaciones automáticas que envía el software (p. ej. Nueva OT asignada, aprobación requerida)
Configurar parámetros generales del sistema	• Establecer configuraciones globales como formato fecha/hora, idioma por defecto, secuencias de numeración de documentación, etc.

[10] Log de Auditoría (o Pista de Auditoría): Registro cronológico y secuencial de eventos o acciones realizadas dentro de un sistema informático. En el CMMS, este registro incluiría detalles como qué usuario realizó una acción (ej. creación, modificación, eliminación de datos; inicio/cierre de sesión), cuándo la realizó y sobre qué elemento del sistema. Su propósito es proporcionar trazabilidad, facilitar la investigación de incidentes, monitorear el cumplimiento de políticas y mejorar la seguridad y la rendición de cuentas.

Gestionar la estructura organizativa	• Definir y mantener la estructura de Departamentos, Divisiones, Secciones del ARMP dentro del sistema para la correcta asignación de SOC y OT, y la visualización de informes.
Monitoreo básico de rendimiento	• Visualizar indicadores básicos de rendimiento del CMMS.

Conclusión

El presente Trabajo Final Integrador se propuso abordar la necesidad de modernizar la gestión de mantenimiento en el Arsenal Naval Mar del Plata mediante el diseño conceptual de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) adaptado a sus particularidades operativas y estratégicas. A lo largo de este proyecto, se ha buscado proporcionar una solución que no solo optimice la gestión actual, sino que también establezca las bases para futuras evoluciones en la gestión de mantenimiento de los activos de esta institución, considerada una herramienta fundamental para la Armada Argentina.

El diagnóstico de la situación actual reveló un sistema de mantenimiento con significativas limitaciones en términos de eficiencia, marcada dependencia de procesos manuales y burocráticos, y dificultades en la trazabilidad y análisis de la información, impactando directamente en la disponibilidad operativa de las unidades bajo su responsabilidad. Este panorama, sumado a los crecientes desafíos generados por la modernización de la flota, por ejemplo, la incorporación de los modernos patrulleros oceánicos ARA “Bouchard”, ARA “Piedrabuena”, ARA “Almirante Storni” y ARA “Contralmirante Cordero”, evidenció la necesidad de una innovación tecnológica en la gestión del mantenimiento. Luego, el análisis comparativo entre sistemas CMMS comerciales y de desarrollo propio permitió justificar la elección de un diseño a medida debido principalmente a los particulares flujos de trabajo del Arsenal, sus estrictos requisitos de personalización, la seguridad de la información y la soberanía tecnológica propia de una institución de Defensa.

En función de lo anterior, el diseño conceptual del CMMS propuesto se estructuró en torno a ocho módulos interconectados, pensados para cubrir integralmente el ciclo de vida completo del mantenimiento. Se identificaron y caracterizaron los principales perfiles de usuario que interactuarán con el sistema, desde el personal técnico hasta las jefaturas de las diferentes áreas del ARMP, asegurando que las funcionalidades propuestas respondan a sus roles y necesidades. Se detallaron los módulos de Gestión de Activos, Gestión de Órdenes de Trabajo, Mantenimiento Preventivo, Gestión de Inventario, Gestión

Documental, Gestión de Personal, Informes y Análisis, y Administración del Sistema, especificando para cada uno su propósito, alcance y funcionalidades clave. Este diseño busca, por lo tanto, cumplir con los objetivos específicos planteados, al proponer una arquitectura de software funcional, integrada y centrada en el usuario para el ARMP.

La eventual implementación de la propuesta de CMMS desarrollada en este trabajo ofrecería importantes beneficios al ARMP. Entre ellos se destacan una mayor eficiencia en la planificación y ejecución del mantenimiento correctivo y preventivo, mejorando significativamente la calidad de los trabajos, una optimización en la gestión integral de recursos (personal, repuestos, herramientas, insumos, tiempo), un incremento en la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas y equipos de todas las unidades dependientes, y una capacidad fortalecida para la toma de decisiones mediante informes y análisis consolidados. Además, la centralización y estandarización de la información contribuiría a una mayor trazabilidad y al cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad.

Por otra parte, es importante reconocer las limitaciones de este trabajo, el cual se ha centrado en el diseño conceptual y los aspectos funcionales del software CMMS. La materialización de este sistema requerirá de etapas subsiguientes que exceden el alcance de este proyecto, incluyendo el desarrollo del software, la definición de la infraestructura del hardware y red, la migración de datos, y un plan integral de gestión del cambio y capacitación del personal. No obstante estas limitaciones, se considera que el presente diseño conceptual constituye un aporte valioso y una hoja de ruta fundamentada para la modernización de la gestión de mantenimiento en el Arsenal Naval Mar del Plata. Su implementación tiene el potencial de transformar positivamente la eficiencia, la calidad y la capacidad operativa del Arsenal, en apoyo directo al cumplimiento de la misión de la Armada Argentina.

Recomendaciones

Como se ha mencionado, el diseño conceptual de CMMS presentado en este trabajo puede generar un impacto positivo en la gestión del mantenimiento del ARMP, una vez que sea desarrollado e implementado. Para ello, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Desarrollo e Implementación del CMMS en el ARMP:
    - Realizar el desarrollo del software basado en el diseño de este TFI, utilizando arquitectura modular y metodologías ágiles que permitan implementaciones por fases y retroalimentación continua con el personal del Arsenal.
    - Definir e implementar la infraestructura de red y hardware seguro considerando los lineamientos del análisis realizado en el TFI del Ing. Avalos. Además, ejecutar un plan de migración de datos históricos relevantes.
    - Establecer un programa integral de gestión del cambio y capacitación específica por perfiles de usuario para asegurar la correcta adopción y utilización del sistema.
- Monitoreo de KPIs:
    - Una vez operativo el CMMS, establecer un conjunto de Indicadores Clave de Desempeño internos del Arsenal, utilizando las capacidades del módulo de Informes y Análisis, para monitorear la efectividad de los procesos de mantenimiento.
- Evolución y Expansión Futura del Sistema:
    - Integración Ampliada: evaluar la expansión progresiva del CMMS para permitir que las unidades y destinos solicitantes interactúen directamente con el sistema (p. ej., ingreso de SOC, aprobación digital de presupuestos, visualización del estado de los trabajos), con el fin de optimizar los flujos de trabajo, reducir la burocracia y mejorar la transparencia.
    - Incorporación del Mantenimiento de Primer y Segundo Escalón: considerar la posibilidad de que las unidades navales registren sus tareas de mantenimiento de primer y segundo escalón en el

CMMS, enriqueciendo el historial de los activos y permitiendo el cálculo de KPIs más exhaustivos para la planificación estratégica.

- Acceso Móvil en las Unidades: desarrollar y/o asegurar la capacidad de acceso al CMMS desde los buques (p. ej., un Access Point), facilitando la consulta *in situ* de documentación técnica y el registro de datos por parte del personal del Arsenal.
- Adopción de Estrategias Avanzadas: a medida que avance la madurez organizacional y la disponibilidad de datos y tecnología, evaluar la incorporación de enfoques de Mantenimiento Basado en Condición y Mantenimiento Predictivo.

Bibliografía

Armada Argentina. (16 de Junio de 2021). *El Arsenal Naval Mar del Plata cumple 43 años*. Obtenido de Armada Argentina: https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-arsenal-naval-mar-del-plata-cumple-43-anos

Armada Argentina. (2025). *Misiones y capacidades*. Obtenido de Armada Argentina: https://www.argentina.gob.ar/armada/misiones-y-capacidades

Armada Argentina. (2025). *Organigrama.* Obtenido de argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/armada/organigrama

Bengtsson, M. O. (2004). Technical design of condition based maintenance system: A case study using sound analysis and case-based reasoning. *8th Maintenance and Reliability Conference.* Knoxville, TN: Maintenance and Reliability Center, University of Tennessee.

Bureau Veritas. (2022). *NR496: Approval of Computerized Maintenance Management Systems Used on Board Ships.* Bureau Veritas Marine & Offshore.

CEN. (2017). *EN 13306:2017 Mantenimiento - Terminología del mantenimiento.* Comité Europeo de Normalización. Bruselas: CEN.

CEN. (2022). *EN 15341:2019+A1:2022 Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators.* Comité Europeo de Normalización. Bruselas: CEN.

Fernández-Barrero, D. F.-R.-L.-P.-M. (9 de Agosto de 2021). SOPRENE: Assessment of the Spanish Armada’s Predictive Maintenance Tool for Naval Assets. *Applied Sciences, 11*(16). doi:10.3390/app11167322

Labib, A. W. (2008). Computerised maintenance management systems. En U. L. Kumar (Ed.), *Complex systems maintenance handbook* (págs. 417-436). Springer.

Ley N°23.554. (13 de Abril de 1988). *Ley Nacional de la Defensa*. Argentina: Bolentin Oficial de la República Argentina.

Mapa del Estado. (12 de Mayo de 2025). *Organigrana del Ministerio de Defensa*. Obtenido de http://www.mapadelestado.jefatura.gob.ar

Ministerio de Defensa. (2025). *MIsiones y funciones*. Obtenido de http://www.argentina.gob.ar/defensa/misionesyfunciones

Radanliev, P. (2024). Digital security by design. *Security Journal, 37*, 1640-1679. doi:10.1057/s41284-024-00435-3

Simion, D. P. (2020). Maintenance onboard ships using computer maintenance management system. *Scientific Bulletin of Naval Academy, XXIII*(1), 134-141. doi:10.21279/1454-864X-20-11-017

Wienker, M. H. (2016). The Computerized Maintenance Management System: An essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering, 138*, 413-420. doi:10.1016/j.proeng.2016.02.100