



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE

SEBASTIÁN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ

PROFESOR(ES) GUÍA: OSVALDO BENAVENTE ZAMORANO, MIIS
HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

CONCEPCION – CHILE
2023



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE

POR: SEBASTIÁN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Osvaldo Benavente, MIIS y Héctor Valdés González, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 1: José Luis Salazar Navarrete, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: Miguel Ángel González Lorenzo, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 3: (Empresa)

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de
Sistemas.

Enero, 2024

Concepción, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o co-autoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



SEBASTIAN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ
Firma

*A mi familia, por la confianza,
Disposición y entendimiento en cuanto al tiempo
a mi hijo, que a pesar de su corta
edad ha logrado comprender
y realizar un esfuerzo
en pos de los objetivos
de su padre.*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi profesor guía Héctor Valdés-González, PhD el cual ha sido un referente para terminar de forma satisfactoria este desafío, que con sus consejos, dedicación y tiempo me permitió lograr darle forma a este estudio.

También a la dedicación, responsabilidad y colaboración, de cada uno de los profesores del magister, que gracias a ellos y sus enseñanzas, puedo decir que ahora soy un profesional mas competente y con mejores conocimientos en el área de la ingeniería y sistemas, lo que hasta la fecha ya he tenido resultados satisfactorios en mi ámbito laboral.

Quisiera expresar mis mayores reconocimientos a mis camaradas del Magister, que sin su colaboración en los momentos de apremio, que por mi trabajo tuve la necesidad de estar alejado de las aulas y de la capacidad para ingresar vía online, fueron ellos que gracias a su buena voluntad y sin esperan nada a cambio, los que me mantenían al día, para no perder la sintonía con los distintos ramos.

A mi familia que me demuestra día a día el orgullo que sienten al verme interesado en adquirir nuevos conocimientos, apoyándome con concejos y lo más importante su tiempo permitiéndome desarrollarme y dedicarme a sacar adelante este bonito desafío al cual tuve la oportunidad de participar.

También quiero agradecer a la Universidad, la cual gracias a su plataforma y coordinación, me permitió, a pesar de las dificultades presentadas por encontrarme en ocasiones fuera de mi hogar dar la continuidad necesaria, ha estado a la altura de la situación adaptando sus procesos y entregándome las herramientas y las ventajas para desarrollar de manera íntegra el programa de estudios.

Finalmente debo agradecer a todas las personas que de una u otra forma fueron parte de este proceso formativo, las cuales depositaron su confianza, no perdiendo la fe en mí, entregándome su respaldo, consejos, ánimo en los momentos difíciles y su valioso tiempo, muchas gracias.

LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE

SEBASTIÁN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ

Bajo la supervisión de los Profesores Osvaldo Benavente MIIS y Héctor Valdés González, PhD, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo presenta un análisis de las variables que propician factibilidad de la instauración de un modelo de sostenimiento basado en tecnología de la industria 4.0 en buques de la Armada de Chile. El objetivo de esta investigación es proponer un modelo conceptual para la implementación de un sistema sostenimiento de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en la tecnología de la cuarta revolución industrial. Para lograrlo se propone una aproximación cualitativa basada en un estudio focal de 11 usuarios, se toma la opinión de 7 jefes de departamentos del sistema logístico de buques de la Armada de Chile y 4 expertos de las áreas de sistemas de ingeniería, abastecimiento, logística, tecnologías de la información y recursos humanos por medio del uso de entrevistas semiestructuradas, para la identificación de barreras en la implementación de un modelo de sostenimiento con base en industria 4.0, y la determinación de las bases conceptuales y estructuración de dicho modelo. Los resultados muestran dos hallazgos importantes, el primero basado en un modelo para la gestión del cambio y otro modelo en su fase de implementación, así como los índices de eficiencia propuestos presentan una mejora sustantiva respecto del proceso precedente, siendo el más relevante desde el punto de vista jerárquico y operacional, reduciendo al mismo tiempo las barreras culturales, tecnológicas y de formas tradicionales, mejorando la toma de decisiones y el uso de los recursos en el ámbito del sostenimiento. En síntesis, la utilización de la metodología de sostenimiento con base en el modelo propuesto para gestión y el modelo propuesto en la fase de implementación se mejora sustancialmente la gestión logística de los buques, siendo de fácil implementación, transversal en las diferentes reparticiones y unidades de la armada, resultando beneficioso para los integrantes de los equipos profesionales involucrados y tomadores de decisiones, al incorporar tecnología de la industria 4.0.

Palabras claves: Sostenimiento naval; Ciclo logístico; Cuarta revolución industrial; Modelo conceptual; Aplicación de IA en buques; Optimización de recursos públicos.

HIGHLIGHTS

LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE

SEBASTIÁN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ

- Propone modelo para implementación de sistema de sostenimiento de Buques de la Armada
- Utiliza aproximación cualitativa con estudio focal y entrevistas semiestructuradas
- Considera muestra de 11 usuarios y 7 jefes de departamentos
- Propone modelo para la gestión del cambio y otro para su fase de implementación
- Mejora gestión logística de buques, y es transversal en las diferentes reparticiones

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	10
1.1	MEJORA EN LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS DE LOS BUQUES DE LA ARMADA	11
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	11
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	19
1.4	OBJETIVO GENERAL.....	20
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	20
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	20
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO	23
2	INFORMACIÓN Y RESULTADOS	25
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	25
2.2	PROCESO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN.....	28
2.3	LOS DATOS RECOGIDOS:	28
2.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	31
2.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
2.6	MODELO CONCEPTUAL DE SOSTENIMIENTO PROPUESTO.....	37
3	ARTÍCULO	39
4	CONCLUSIONES GENERALES	56
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS	58
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
6	ANEXO: REPORTE DE PLAGIO.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1: MODELO PROPUESTO PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	37
FIGURA 2: MODELO PROPUESTO PARA EL PROTOTIPO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	38
TABLA 1: CATEGORÍAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	28

1 INTRODUCCIÓN

El sostenimiento de flota se tiende a relacionar solo con aspectos relacionados con satisfacer necesidades de pertrechos o mantenimiento, pero según varios autores este concepto abarca muchos otros aspectos, como capacitaciones, sanidad y otros, para el caso de las fuerzas armadas chilenas, esta realidad no es ajena.

Por otra parte, nos entramos en una era donde a las instituciones de carácter público, les exigen adaptarse a la transformación digital y hacer que el uso de los recursos fiscales se haga de una manera eficiente y transparente, además de lo anterior, se debe considerar los procesos legislativos y administrativos para el desarrollo de fuerzas, adquisiciones y solicitudes de iniciativas de inversión, los cuales son procesos lentos y burocráticos, que desencadenan en muchas ocasiones que al hacer el levantamiento del problema, con todas sus etapas, al finalizar éste, el inconveniente pasa a ser otro o el costo ha variado de tal forma que es imposible darle solución, se hace imperativo contar con sistemas que permitan identificar brechas, agilizar soluciones o adelantarse a situaciones complejas.

La Armada de Chile no está ajena a esta realidad, si bien esta institución ha estado en la vanguardia en la transformación digital de sus procesos administrativos, implementando sistemas computacionales que permiten desarrollar estos actos digitalmente, esto no ha sido suficiente.

Para el caso de los buques, el caso se torna un poco más complejo considerando que al momento de hacerse a la mar, éstos pierden la conectividad para el desarrollo de los actos administrativos, además los sistemas y equipos con que cuenta cada una de las unidades navales, trabaja en forma independiente, solo integrado en los sistemas de monitoreos y emergencias, por mencionar algunos ejemplos, en muchos casos producto de no contar con información, los buques presentan desperfectos, produciendo la no disponibilidad de estos por largos periodos de tiempo, en ocasiones solo por no disponer del repuesto o componente necesario para subsanar los desperfectos o la adquisición de pertrechos a un costo mayor por encontrarse próximo a un puerto más costoso, para buscar posibles soluciones a lo descrito anteriormente se analizará la cuarta revolución industrial.

Actualmente, se vive la cuarta revolución industrial denominada industria digital o industria 4.0, basada en el desarrollo de la tecnología digital y el procesamiento de datos. Estos avances, comprenden la tecnología de la información y comunicación (TIC), inteligencia

artificial (IA) y análisis de datos, procesamiento del lenguaje natural (NLP), sistemas automatizados (robótica), nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV), internet de las cosas (IoT), impresión 3D y vehículos autónomos; para el desarrollo de estas tecnologías es fundamental la conectividad.

La industria 4.0 ha permitido contar con avances sustanciales en los procesos productivos mejorando el uso de los recursos haciéndolos más eficientes, con la incorporación de redes de producción digital; y dotar de mejoras en el procesamiento y manejo de gran cantidad de datos, logrando planear, predecir y controlar la producción.

En el presente trabajo de investigación se desarrollará, a través de la experiencia e iniciativa de marinas del mundo que han incursionado en este ámbito y contrastarlo con la realidad de la Armada de Chile a través de la verificación del sistema logístico de la Armada de Chile y con entrevistas semiestructuradas, con el fin de identificar brechas y variables para sentar las bases a través de un modelo conceptual que permita dar el punta pie inicial para su aplicabilidad en esta institución.

1.1 Mejora en la eficiencia de los procesos logísticos de los buques de la armada

Entendida esta realidad, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las variables y parámetros claves que inciden en el ciclo logístico de cara la generación de un sistema de sostenimiento eficiente con base en la industria 4.0?

En efecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de la Armada de Chile, la disponibilidad de un sistema de sostenimiento 4.0 en los buques que permita dar soporte a la flota mientras esta se encuentra en el área de operación.

1.2 Breve discusión de la literatura

El sostenimiento se tiende a relacionar con el aspecto logístico, pero abarca muchos otros aspectos. El General H. Norman Schwarzkopf, comandante en jefe de las fuerzas de la Coalición en la Guerra del Golfo de 1991, expresa en su autobiografía que el sostenimiento de las fuerzas militares era mucho más que la logística y el mantenimiento del material bélico (Schwarzkopf, 1994).

También encontramos lo que se estableció en la Doctrina Nacional Conjunta que se entiende por sostenimiento, en la DNC Acción conjunta del 2011 (Defensa, 2011), donde se definió la función conjunta de sostenimiento como la capacidad de apoyo logístico y administrativo para mantener el potencial bélico de las fuerzas en combate durante el tiempo que sea necesario para obtener los objetivos planteados en la operación, esto debe estar al servicio de las operaciones. Siendo lo anterior un factor determinante para la viabilidad de un plan operacional. Basándose en el Manual de Campo FM 4-0 “Sustainment Operations” del Ejército de U.S. del 2019 (Washington, 2019) y descrito por el Almirante Peter G. Stamatopoulos (Stamatopoulos, 2021), se instituye que el sostenimiento de las fuerzas abarca la logística, el mantenimiento, la preparación de material y personal, la movilidad estratégica y actividades de apoyo (sanidad); y que además se deben desarrollar actividades para contar con una adecuada planificación, programación y presupuestos de las fuerzas. En muchas ocasiones se utiliza como sinónimo de sostenimiento el concepto de apoyo logístico, lo que puede, en ocasiones, propender a un error conceptual. En base a lo descrito, el sostenimiento de flota incluye la logística y las actividades de mantenimiento; contar con el personal capacitado y entrenado; y algunos servicios de apoyo como sanidad y proveer pertrechos que permiten mantener las operaciones de la flota.

Además, se debe considerar que se busca con el sostenimiento o apoyo logístico de la flota; para la OTAN, el sostenimiento le permite alcanzar la economía de los medios con eficacia, permitiendo optimizar el tiempo y los recursos reportando una mayor rentabilidad, cumpliendo con la disponibilidad establecida del material y humano, maximizando la eficiencia en el empleo de los recursos monetarios asignados, para asegurar lo anterior, es fundamental la incorporación de nuevas tecnologías (Fontena, 2005).

Actualmente, se vive la cuarta revolución industrial denominada industria digital o industria 4.0, ésta se basa en el desarrollo de la tecnología digital y el procesamiento de datos. Estos avances, comprenden la tecnología de la información y comunicación (TIC), inteligencia artificial (IA) y análisis de datos, procesamiento del lenguaje natural (NLP), sistemas automatizados (robótica), nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV), internet de las cosas (IoT), impresión 3D y vehículos autónomos; para el desarrollo de estas tecnologías es fundamental la conectividad (Becerra, 2020).

La industria 4.0 ha permitido contar con avances sustanciales en los procesos productivos mejorando el uso de los recursos haciéndolos más eficientes, con la incorporación de redes de producción digital; y dotar de mejoras en el procesamiento y manejo de gran cantidad de datos, logrando planear, predecir y controlar la producción (González et al., 2021).

Industria 4.0: Teoría y definiciones

El concepto de origen alemán es tomado por el presidente de la Academia alemana de Ciencias e ingeniería (Acatech), Henning Kagermann, y fue una iniciativa estratégica impulsada por el estado alemán que incorpora un grupo de recomendaciones para responder a los desafíos que plantea el objetivo europeo (Spri, 2015), este concepto tiene como objetivo un incremento en el nivel de digitalización del proceso productivo, busca unir el mundo físico con el virtual, implementar y crear sistemas inteligentes y dar flexibilidad en los procesos, para el desarrollo de lo anterior se requieren tecnologías habilitadoras como Internet de las cosas, Sistemas Ciber físicos (CPS), Realidad aumentada, Simulación, robótica colaborativa, Fabrica aditiva, Big data, Cloud Computing y ciberseguridad entre otros (Spri, 2015).

Internet de las cosas

Este concepto es bastante amplio y no hay una definición específica para esto, pero lo podríamos definir técnicamente como “paradigma tecnológico que permite dotar de conectividad a internet cualquier objeto sobre el que se pueda medir parámetros físicos o actuar, así como a las aplicaciones y tratamiento de datos inteligentes relativos a ellos” (Cruz et al., 2015).

Desde la perspectiva de la industria encontramos el IIOT (Internet Industrial de las Cosas) emerge desde la perspectiva de la industria y los negocios con la finalidad de establecer una industria inteligente basada en el IOT. Esto permite que las máquinas estén interconectadas e inteligentes, generando información valiosa para la empresa. De esta manera, se pueden obtener datos sobre las máquinas, controlarlas, entre otras cosas (Cabeza, 2018).

Sistemas ciber físicos

Un sistema ciber físico es una entidad que combina elementos físicos y digitales, interconectados a través de redes de comunicación, para supervisar y gestionar procesos físicos. Las características clave de los sistemas ciber físicos incluyen:

Comunicación de doble vía entre el mundo físico y el digital, facilitada por sensores y actuadores que permiten la recopilación y modificación de datos e información.

Computación distribuida y colaborativa entre los componentes del sistema, que pueden ser dispositivos inteligentes, plataformas en la nube, servicios web, etc.

Capacidad de adaptación y autonomía del sistema, que puede aprender y evolucionar en función del contexto y los objetivos, utilizando técnicas de inteligencia artificial, aprendizaje automático, optimización, etc.

Seguridad y fiabilidad del sistema, que debe asegurar la integridad, disponibilidad y privacidad de los datos y los servicios, así como la prevención y mitigación de riesgos y amenazas.

Algunas aplicaciones de los sistemas ciber físicos son:

Industria 4.0: La incorporación de sistemas ciber físicos en los procesos de fabricación y logística permite la automatización, la personalización, la trazabilidad y la mejora de la calidad y eficiencia de los productos y servicios. Por ejemplo, el artículo seleccionado “Procurement 4.0” discute sobre la integración digital en los procesos de compras y las estructuras tecnológicas y organizacionales.

Vehículos autónomos: La fusión de sistemas ciber físicos con sistemas de navegación, percepción, planificación y control permite el movimiento y funcionamiento de vehículos sin intervención humana en diversos entornos y escenarios. Por ejemplo, el artículo “Sistema ciber físico” menciona los sistemas de automóviles autónomos como un ejemplo de CPS.

Salud digital: La implementación de sistemas ciber físicos en el sector de la salud facilita la prevención, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de enfermedades y condiciones de salud, a través de dispositivos médicos, aplicaciones móviles, plataformas en línea, etc. Por ejemplo, el artículo “Sistema ciber físico” también menciona los sistemas de monitorización médica como un ejemplo de CPS (Vasconcelos, 2022).

Inteligencia artificial (IA)

Definir la inteligencia artificial (IA) puede ser un desafío, y no siempre se la considera “inteligencia” en el sentido que le damos los humanos. Los sistemas de IA emplean algoritmos y grandes cantidades de datos para obtener resultados mediante un proceso de aprendizaje.

La Propuesta de Reglamento de IA de la Comisión Europea (2021) admite la dificultad de definir la IA y propone que la definición se base en las características funcionales del software y su habilidad para generar contenidos, predicciones, recomendaciones, decisiones u otra información de salida. Esta propuesta también sugiere que la definición debe mantenerse al día con los avances tecnológicos y del mercado. El software de IA utiliza algoritmos que tratan todos los datos con la misma importancia, lo que puede resultar en resultados sesgados, una disminución en el rendimiento de los modelos y dificultades para entender cómo se llegó al resultado. Por lo tanto, es necesario no solo conceptualizar los algoritmos como el motor interno de los sistemas de IA, sino también proporcionarles un marco jurídico adecuado (Comisión Europea, 2021).

Como bien señalan Cabanes, F. J. G., & Díaz-Díaz, N. (2023) la inteligencia artificial es un campo que busca imitar y desarrollar la inteligencia natural de los humanos y otros seres vivos mediante el uso de computadoras o máquinas¹. Esta disciplina abarca desde acciones automatizadas basadas en algoritmos tradicionales hasta sistemas más avanzados como el aprendizaje profundo o las redes neuronales. Todos estos sistemas se alimentan de big data o datos masivos, que utilizan para proporcionar resultados automáticamente en el caso de los algoritmos tradicionales, o para realizar complejas relaciones de datos en el caso del aprendizaje profundo y las redes neuronales.

Gemelo digital

Una tecnología que permite crear un modelo virtual de un producto, servicio, proceso o sistema, integrando el mundo real y el virtual. El gemelo digital recibe información en tiempo real del elemento físico y permite simular, analizar y optimizar su comportamiento, rendimiento y calidad (García, 2022).

Una herramienta clave para la transformación digital de la industria 4.0. El gemelo digital facilita el diseño, la producción, el mantenimiento y la gestión del ciclo de vida de los productos y procesos, creando cadenas de valor flexibles e interconectadas.

Una solución que se basa en tres elementos principales: los datos, los modelos y el enlace. Los datos son la información que se obtiene del elemento físico y que se usa para crear el modelo virtual. Los modelos son las representaciones digitales que permiten analizar y predecir el

funcionamiento del elemento físico. El enlace es la conexión bidireccional entre el mundo real y el virtual que permite la sincronización y la retroalimentación (Analytics, I. 2020).

Una aplicación que se puede clasificar según diferentes dimensiones, como el nivel, el tipo, el dominio o el dato. El nivel se refiere a la escala del gemelo digital, que puede ser de máquina, línea de producción o planta. El tipo se refiere a la finalidad del gemelo digital, que puede ser de prototipo, de instancia o de agregado. El dominio se refiere al sector o industria al que se aplica el gemelo digital, que puede ser de fabricación, automotriz, aeroespacial, energético, sanitario, etc. El dato se refiere a la fuente de información que se usa para el gemelo digital, que puede ser en tiempo real, de ensayo o histórico (Markets, & Markets. 2022).

Un gemelo digital en el aspecto marítimo es una representación virtual de un buque real que recibe información relevante de sus sistemas, la cual podrá ser almacenada y explotada para dar soporte a diversos procesos de decisión en operaciones y sostenimiento del buque. Un sistema innovador que utiliza paradigmas tecnológicos vanguardistas, un sistema complejo que requiere medidas desde el diseño, integridad y disponibilidad de la información y las interconexiones con otros sistemas. Este sistema proporciona diversos servicios de usuario, como apoyo logístico, apoyo a la operación y adiestramiento, mediante la visualización del estado del buque, el uso de realidad aumentada o virtual y el análisis de datos

Logística en la Armada de Chile

El fin de la logística en la Armada es proveer los medios a la institución y a su sostenimiento durante las operaciones, ésta actúa sobre los medios humanos, materiales y de servicios, el requisito que debe tener la logística es que las necesidades sean satisfechas en el momento oportuno, en el lugar preciso, en la cantidad justa en la calidad apropiada y a un costo aceptable.

Se debe tener presente existen dos niveles la logística de Alto nivel que busca solucionar los problemas que se plantean a nivel de conductor político estratégico (presidente de la Republica), conductor estratégico de las FF.AA. (junta de comandantes en jefe) y conductor estratégico institucional (comandante en jefe de cada institución castrense).

En cambio, la logística operacional estudia y soluciona problemas logísticos que se plantean en las campañas, operaciones mayores y menores y las acciones tácticas, dependiendo de la

clase de fuerza de combate que se apoye y esta puede ser, Terrestre, Naval, Aérea, conjunta y combinada.

Además, según su función objetiva la logística la podemos clasificar como de producción y de consumo, la primera se relaciona con la obtención de los medios y la de consumo se preocupa de la distribución de los medios logísticos, de acuerdo con las necesidades planteadas por los mandos (Fontena, 2005).

Para resolver el problema logístico operacional se debe determinar la solución teórica (Técnica logística) y ejecutar dicha solución (apoyo logístico) de lo anterior se determina Esfuerzo logístico, para lo anterior se requiere una dirección clara, magnitud, sentido y punto de aplicación (Salgado, 1996).

Dado que los medios logísticos son de una amplia diversidad, se establecen los Elementos Funcionales Logísticos (E.F.L.) que se agrupan en las actividades logísticas que contienen técnicas en base a una función básica común, estos son de Abastecimiento, Mantenimiento, Personal, Sanidad, transporte, instalaciones y finanzas (MLA, 1986).

Para dar solución a los requerimientos como ciclo básico logístico se establecen cuatro funciones, la determinación de necesidades donde el mando operativo establece los requerimientos logísticos para ejecutar con éxito las operaciones donde se calcula y definen los medios, luego tenemos la obtención y es la acción de transformar las necesidades de los mandos operativos en medios reales capaces de satisfacerlas, estos deben ser adecuados en calidad, cantidad y tiempo requerido, a continuación tenemos la distribución, que una vez terminada la fase de obtención es necesario hacer llegar a las Fuerzas en el lugar donde se encuentren, en esta fase interactúan los órganos de apoyo logísticos que son los encargados de transportar los elementos, y finalmente la exclusión que es el proceso mediante las Fuerzas o el solicitante consume o determinan que un medio ha terminado su ciclo de vida útil, debido a que existe la necesidad operacional o tecnológica de renovarlo o eliminarlo, debido a su obsolescencia o que los elementos han perdido las características que permitan el cumplimiento de las tareas (MLA, 1986).

¿Cómo lo abordan las Marinas del mundo?

Se analizará el caso exitoso de la Armada Española, Navantia proyecto del año 2022.

Según Recamán & de Navantia (2018) que nos presenta el caso de Navantia como ejemplo de la adaptación de la Industria 4.0 al sector de la naval militar. El artículo define la Industria 4.0 como un paradigma que busca la integración digital de la cadena de valor y el ciclo de vida de los productos, mediante el uso de las nuevas tecnologías digitales habilitadoras, como el internet de las cosas, el big data, la computación en la nube, la inteligencia artificial, la realidad aumentada, la impresión 3D, la robótica y la ciberseguridad. El artículo afirma que la Industria 4.0 tiene como objetivo mejorar la competitividad, la eficiencia, la calidad, la flexibilidad y la sostenibilidad de los procesos productivos, así como ofrecer productos y servicios inteligentes y personalizados a los clientes.

Nos señala que la Industria 4.0 no da suficiente importancia al concepto de productos inteligentes, especialmente cuando se trata de productos complejos como los buques de guerra. Se definen los productos inteligentes como objetos, componentes y máquinas que están equipadas con sensores, controladas por software y conectados a internet, que recogen, analizan y comparten datos de todo tipo, y que posibilitan e impulsan los servicios inteligentes. Introduce el concepto de gemelo digital, que es una representación virtual de un producto físico que se puede usar para simular, analizar y optimizar su comportamiento y rendimiento. El gemelo digital se basa en la integración de datos, modelos y algoritmos, y se puede actualizar en tiempo real con la información del producto físico, es una herramienta clave para el desarrollo de los productos inteligentes, ya que permite mejorar su diseño, operación y mantenimiento, así como ofrecer servicios inteligentes a los usuarios.

El autor nos muestra que el caso de Navantia como ejemplo de la aplicación del concepto de gemelo digital al sector de la construcción naval militar permite hacer eficiente los procesos. Lo anterior explica que en el proyecto se ha desarrollado un proyecto de gemelo digital para sus buques de guerra, con el objetivo de mejorar su ciberdefensa y su capacidad operativa. El proyecto consiste en crear una representación virtual de los sistemas de los buques, que recibe información de sus sensores y que se puede usar para apoyar diversos procesos de decisión en operaciones y mantenimiento. El gemelo digital permite simular diferentes escenarios de ataque y defensa, y evaluar la vulnerabilidad y la resiliencia de los buques frente a las amenazas cibernéticas. El proyecto se basa en la Directiva 3/2021 del AJEMA (2021), que establece la necesidad de contemplar la ciberseguridad desde el diseño de las nuevas unidades de la Flota.

El autor destaca la importancia de las personas, la formación, la colaboración y la innovación en el desarrollo de aplicaciones basadas en la Industria 4.0. Las personas son el factor clave para el éxito de la Industria 4.0 ya que pueden hacer fracasar cualquier proyecto si carecen de conocimientos, incentivos y voluntad de hacer, ya que son las que aportan el conocimiento, la creatividad y el valor añadido a los procesos productivos. Otro aspecto importante es que la formación es esencial para dotar a las personas de las competencias y habilidades necesarias para adaptarse a los cambios tecnológicos y organizativos que implica la Industria 4.0. la colaboración es fundamental para fomentar la cooperación entre los diferentes agentes del sector, como las empresas, las universidades, los centros de investigación y las administraciones públicas, para impulsar la transferencia de conocimiento y la generación de sinergias y finalmente la innovación es el motor de la Industria 4.0, ya que permite crear nuevos productos, servicios y procesos que respondan a las necesidades y expectativas de los clientes y de la sociedad.

La Industria 4.0 es un reto y una oportunidad para el sector de la construcción naval militar, que requiere de una visión estratégica, una transformación digital y una cultura de innovación. El caso de Navantia es un ejemplo de cómo la Industria 4.0 puede mejorar la competitividad, la eficiencia, la calidad, la flexibilidad y la sostenibilidad de los procesos productivos, así como ofrecer productos y servicios inteligentes y personalizados a los clientes. el concepto de gemelo digital es una herramienta clave para el desarrollo de los productos inteligentes, ya que permite mejorar su diseño, operación y mantenimiento, así como ofrecer servicios inteligentes a los usuarios.

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de logística de la Armada de Chile, información suficiente o certeza, respecto de la disponibilidad de un modelo logístico con base en industria 4.0 aplicable a los buques cuando se hacen a la mar en dicha institución. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para la realización de esta investigación ha sido la mejora del uso de

los recursos públicos y la eficiencia en la disponibilidad de los Buques de la Armada de Chile. Se propone entonces un modelo base que facilite la identificación de las brechas, factibilidad y posterior implementación de un sistema moderno de sostenimiento. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de las barreras y herramientas facilitadoras que permitan el desarrollo de un sistema logístico integrado para el servicio de sostenimiento en la Armada.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este proyecto de grado.

1.4 Objetivo general

Proponer un modelo conceptual de sostenimiento y mejora de la disponibilidad operativa de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en tecnología de la cuarta revolución industrial y el uso eficiente de los recursos públicos.

1.4.1 Objetivos específicos

- Estudiar bases teóricas de la industria 4.0 y ejemplos de su implementación en otras marinas del mundo.
- Analizar la perspectiva de los integrantes de la Armada de Chile en Talcahuano, cuyos resultados sean considerados desde la mirada de variables basadas en la experiencia.
- Proponer un modelo conceptual que permita en un futuro la implementación de los conceptos obtenidos de la cuarta revolución industrial, en los buques de la Armada de Chile.

1.5 Propuesta metodológica

Paradigma y diseño: Se ha optado por la utilización de una metodología cualitativa, basada en entrevistas semiestructuradas, entendida como una actividad sistemática, orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos y formas de operar frente a una problemática (Valles, 2014). Se utiliza un enfoque interpretativo, puesto que se considera más adecuado desde una doble perspectiva: permite atribuir un significado a los temas estudiados y descubrir el sentido que tiene para aquellos que lo han experimentado.

Datos sobre la que se efectuó el estudio: Se utilizó un muestreo por conveniencia entre personal de la Armada. El criterio de caso típico condujo a que se seleccionaran a 11 jefes de departamentos del sistema logístico, y a 6 expertos de las áreas de sistemas de ingeniería, abastecimiento, logística, tecnologías de la información y recursos humanos. En total participaron 17 profesionales, con una edad promedio de 39 años, con un máximo de 52 y un mínimo de 32 años. Poseían en promedio 20 años de servicio con un mínimo de 14 y un máximo de 31 años.

Primero se realizaron entrevista a con los jefes de departamentos del sistema logístico para identificar su conocimiento y opinión sobre el tema planteado y el funcionamiento actual de la logística institucional para tener un marco, además se recogió información sobre como realizan su trabajo actualmente, y como podrían mejorar el desarrollo de este con las herramientas actuales, que deficiencias encuentran para tener un trabajo más eficiente.

También se realizaron entrevistas abiertas a profesionales experto del ámbito logístico y sostenimiento de la Armada en sus respectivas aéreas del conocimiento.

Entorno: El Estudio se realizará en la Armada de Chile en el área de Talcahuano, una institución pública de la república de Chile con dependencia en el Ministerio de Defensa, dentro de los participantes del proceso se identifica a priori la Dirección de los Servicios de la Armada, la Dirección de Telecomunicaciones e Informática de la Armada, la Dirección de ingeniería y Sistemas de la Armada y la Dirección de Recursos Humanos de la Armada, jefes de área de ciertos buques de la institución en Talcahuano.

Instrumento: Se aplicaron entrevistas a profundidad y con dos grupos focales para profundizar ciertos aspectos de la información. Las entrevistas a profundidad se utilizaron para adentrarse en las perspectivas de los participantes acerca de la temática de la disciplina, mientras que se recurrió al grupo de enfoque para ampliar la información que se obtuvo mediante las entrevistas y validarlas. El instrumento posee 4 etapas, como se describe a continuación.

Etapas 1: Caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted el proceso de sostenimiento en los buques de la Armada de Chile?

2. ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?
3. En la práctica: ¿Cómo opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada?
4. En la actualidad, ¿cómo afecta la problemática de sostenimiento de cara a los clientes internos?

Etapa 2: Propuesta para mejorar entornos colaborativos y concepción de etapas del modelo

5. ¿Cómo podemos modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad y reducir los tiempos de baja de los buques?
6. ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?
7. Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en un modelo base que facilite la identificación de las brechas, factibilidad y posterior implementación de un sistema moderno de sostenimiento: ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?

Etapa 3: Alertas sobre las transformaciones

8. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?
9. ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?
10. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?
11. ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?
12. ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el modo de sostenimiento actual de flota de la institución?

Etapa 4: Determinación del modelo

13. ¿Cómo dibujaría el modelo? ¿Qué etapas debería contener? ¿Cómo relacionaría las etapas? Puede simplemente mejorar o modificar libremente las propuestas que otros han desarrollado previamente.

Plan de análisis de los datos: Se utilizó la modalidad de documentos escritos para registrar la información, siendo redactados en algunos casos por el investigador (como el diario de campo y las transcripciones de entrevistas) y en otros casos por los participantes. Con el fin de analizar estos documentos, se llevó a cabo una categorización mediante un enfoque deductivo, extrayendo los criterios necesarios para examinar el desarrollo de la industria 4.0 y sus aplicaciones. Sin embargo, también se prestó atención a posibles situaciones emergentes mediante un enfoque inductivo basado en los documentos y las observaciones. Esta categorización consiste en una selección de factores y elementos relevantes, siendo conscientes de que aún se pueden diversificar más debido a la amplitud del concepto y su práctica.

Ética: Se buscó asegurar que los entrevistados participaran de manera informada y voluntaria, se implementaron medidas para salvaguardar la confidencialidad de la información y se validó la misma en conjunto con los propios participantes.

1.6 Organización y presentación de este trabajo

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza como sigue:

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Asociado a recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título

2. Resumen
3. Introducción
 - a. Industria 4.0: Teoría y definiciones
 - b. Internet de las cosas
 - c. Sistemas Ciber físicos
 - d. Inteligencia artificial
 - e. Gemelo digital
 - f. Logística en la Armada de Chile
 - g. ¿Cómo lo abordan las Marinas del Mundo?
4. Metodología
 - a. Paradigma de diseño
 - b. Datos sobre la que se efectuó el estudio
 - c. Entorno
 - d. Plan de análisis de los datos
 - e. Ética
5. Resultados
 - a. Presentación de resultados
 - b. Análisis de resultados
 - c. Discusión de resultados
 - d. Modelo conceptual de sostenimiento propuesto
6. Conclusiones
 - a. Propuesta de trabajos futuros
7. Referencias

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias generales

2 INFORMACIÓN Y RESULTADOS

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación cualitativa, que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis:

2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos

Esta investigación analiza dentro de la organización los conocimientos, las brechas existentes para la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en los buques y la cultura para el cambio y como esta es percibida. Por tal motivo, se llevó a cabo en el año 2023 entrevistas con preguntas abiertas con la finalidad de recoger información para su posterior análisis. En particular se solicitó responder preguntas y temáticas, explicando sus ideas y respuestas con sus palabras.

El método utilizado en este estudio es de carácter descriptivo, dado que se miden y recolecta información de diferentes aspectos o dimensiones del elemento en la investigación.

Fechas en que se recogieron los datos:

Entre el 3 de octubre de 2023 y 16 de octubre de 2023. (4 entrevistas)

Entre el 18 de octubre de 2023 y 10 de noviembre de 2023. (9 entrevistas)

Entre el 14 de noviembre de 2023 y 3 de diciembre de 2023. (3 entrevistas)

El 7 de diciembre de 2023. (1 entrevista al comandante)

Coherencia con lo planificado:

Le entrevista propuesta inicialmente, debió ser modificada parcialmente desde el piloteo de la entrevista, agregando y modificando preguntas en sus etapas, para hacerla más precisa y coherente.

Se aplicó el mismo instrumento a todos los intervinientes.

Fortalezas y debilidades del proceso:

Fortalezas:

- Proceso rápido
- Con consentimiento informado, y transparencia
- Proceso ético
- Bien recibido por la institución
- Permitió dar respuesta a la pregunta de investigación

Las debilidades propias de la investigación de contexto se circunscriben a:

- Para generalizar resultados, la muestra debe ser mayor
- Analizar más exhaustivamente la utilización de otros instrumentos como encuestas, y/o métodos matemáticos-estadísticos
- Investigación no permite desarrollar perfiles, puestos y mallas curriculares necesarias para su desarrollo
- Para un posible desarrollo se requiere de una evaluación financiera

Población y muestras

Además de o planteado en el marco metodológico, en la sección de población sobre la que se efectuará el estudio, donde se identifica la muestra, se hace notar que para la selección de participantes se utilizó una muestra no probabilística ya que se seleccionó a profesionales dentro de la institución porque se estimó que pudieran tener mayor conocimiento de la materia.

Instrumento.

Como se indicó anteriormente, para recoger información sobre el tema denominado logística e industria 4.0: aplicación en buques de la armada de Chile, se utilizó el cuestionario con base en cuatro etapas y una encuesta. Este cuestionario que sirve en una primera instancia para lograr introducir al entrevistado sobre el tema de la industria 4.0, logística en la Armada de Chile y su percepción respecto al tema. Este instrumento consta de trece preguntas, todas respuestas abiertas, de la misma forma como se muestra en la tabla siguiente.

1. ¿Cómo entiende usted el proceso de sostenimiento en los buques de la Armada de Chile?
2. ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?
3. ¿En la práctica como opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada, desde su experticia o dominio de desempeño?
4. ¿Cómo afecta el problema de sostenimiento de cara a los clientes?
5. ¿Cómo se puede modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad en alta mar?
6. Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en la implementación de un sistema de sostenimiento de flota, basado en la industria 4.0 ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?
7. ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile navegando cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?
8. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?
9. ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento de flota basado en la industria 4.0?
10. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?
11. ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el sostenimiento de flota de la institución?
12. ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?
13. ¿Cómo dibujaría el modelo? ¿Qué etapas debería contener? ¿Cómo relacionaría las etapas?

Este cuestionario se aplicó como elemento de consulta durante las entrevistas personales realizadas, previo consentimiento informado. A partir de dichas instancias se provoca un espacio de conversación en relación con la preparación que tiene la organización respecto a la aplicación de los elementos propios de la cuarta revolución en los buques de la Armada de Chile, además de conocer cómo se entiende la realidad actual de los procesos de sostenimiento cuando el buque se hace a la mar.

2.2 Proceso de recogida de información

Como se ha indicado anteriormente, se aplicó un instrumento basado en una entrevista semiestructurada, a través de un cuestionario de respuestas abiertas las que han permitido agrupar las respuestas por categorías claves, concentrando la información para analizarla posteriormente de forma cualitativa.

2.3 Los datos recogidos:

A continuación, se exponen los resultados de los trece ítems, organizados en cuatro etapas. Para mantener la concisión y la claridad, solo se incluye la información pertinente para este proyecto, y la categorización se muestra en la Tabla I.

Tabla 1: Categorías de la investigación

Preguntas	Categorías	Representación
Pregunta 1: ¿Cómo entiende usted el problema del sostenimiento en los buques de la armada de Chile en las áreas de operación?	A1 Conectividad buque tierra.	15%
	B1 Lo necesario para operar.	47%
	C1 No hay capacidad para realizar compras	13%
	D1 Información desactualizada.	25%
Pregunta 2 ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?	A2 No Satisfacer en calidad y tiempo las necesidades.	31%
	B2 Tiempo de procesos administrativos	40%
	C2 Visualización de datos poco clara.	15%
	D2 Baja conectividad entre tierra y mar	14%
Pregunta 3: ¿En la práctica como opera hoy el sistema de sostenimiento de la	A3 Necesidades previas al zarpe	56%
	B3 flujo de información básico	34%

armada, desde su experticia o dominio de desempeño?	C3 Dependencia del operador para buscar información	10%
Pregunta 4: ¿Cómo afecta el problema de sostenimiento de cara a los clientes?	A4 Falta de conectividad. B4 No hay capacidad para predecir C4 Tiempo en satisfacer necesidades. D4 Baja confiabilidad de los buques.	12% 15% 48% 25%
Pregunta 5: ¿Cómo se puede modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad en alta mar?	A5 Automatización. B5 Dando conectividad tierra buque. C5 Sistemas de Predicción. D5 Integración de data con agentes externos.	36% 12% 27% 25%
Pregunta 6: Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en la implementación de una un sistema de sostenimiento de flota, basado en la industria 4.0 ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?	A6 Optimización en los tiempos. B6 Identificar elementos realmente necesarios. C6 Implementación compleja. D6 Optimizar el uso el personal.	59% 11% 21% 9%
Pregunta 7: ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile navegando cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?	A7 Instalar internet en los buques. B7 Usar herramientas de predicción. C7 Contar con más insumos. D7 Homologar equipamiento. E7 Integrar Data automatizada en tiempo real.	14% 27% 7% 20% 32%

Pregunta 8: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?	A8 Costo de implementación para traspaso de data. B8 Cambio cultural asociado. C8 Diversidad de sistemas a bordo. D8 Diferencia generacional.	11% 32% 30% 27%
Pregunta 9: ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento de flota basado en la industria 4.0?	A9 Seguridad de la información. B9 No saber que hacer en caso de falla. C9 Aumento de capacitaciones. D9 Perdida de personal calificado.	58% 5% 17% 20%
Pregunta 10: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?	Facilitadores: A10 Uso de tecnología para el personal B10 Personal profesional y disciplinado. C10 Eficiencia en el uso de los recursos. Obstáculos: A9 Costos de implementación. B9 Burocracia en la tramitación de proyectos. C10 Alta rotación del personal. D10 Ciberseguridad. E10 Retención del personal F10 Cultura organizacional	21% 34% 45% 12% 26% 6% 25% 15% 16%
Pregunta 11: ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el sostenimiento de flota de la institución?	A11 Que no funcione. B11 Que no sea compatible a todos los buques. C11 Que se demore mucho la implementación y salga otra tecnología. D11 Incentivos en el uso de Tecnología E11 La capacitación	19% 7% 21% 12% 41%
Pregunta 12: ¿Qué recomienda para	A12 Generar política de gestión del cambio.	21%

gestionar estos cambios en la institución?	B12 Dar a conocer la tecnología, Charlas, capacitaciones. C12 Instruir a los tomadores de decisiones. D12 Crear área dedicada para efectuar los cambios en la institución.	23% 19% 37%
13. ¿Cómo dibujaría el modelo? ¿Qué etapas debería contener? ¿Cómo relacionaría las etapas? Puede simplemente mejorar o modificar libremente las propuestas que otros han desarrollado previamente.	Se utilizan datos para la confección del modelo	Se utilizan datos para la confección del modelo

2.4 Análisis e interpretación de los datos

ítem 1: ¿Cómo entiende usted el proceso de sostenimiento en los buques de la Armada de Chile?

Si revisamos los resultados generales de la primera pregunta del cuestionario (Tabla I) nos encontramos que un 47% de los entrevistados asocia el proceso de sostenimiento en los buques con la entrega de insumos en un tiempo óptimo, lo que queda de manifiesto en opiniones tales como: “El proceso de sostenimiento en la armada de Chile es la capacidad de la institución de hacer llegar los insumos necesarios para el desarrollo de las operaciones navales en la calidad y tiempo requerido” (entrevistado 1);

y cuando se indica que: " Es la capacidad de los buques para estar operando en un área y tiempo determinado" (entrevistado 4) Por otro lado, el resultado (30%) cuando se asocia a categoría como “Determinar necesidades, obtenerlos, distribuirlos y dar término a los requerimientos”. En dichas respuestas categorizadas, nos encontramos con frases como: Es un proceso donde se determinan las necesidades en el ámbito del material y personal, para luego dar un uso eficiente de estos. (entrevistado 3) Sorprende que un 15% de los

informantes asocie el proceso logístico de un buque navegando con la conectividad entre reparticiones tierra con la unidad (mar), y no a una necesidad presente.

ítem II: ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?

Respecto a los resultados de la segunda pregunta, se obtuvo que un 40% de los entrevistados asocia la problemática al concepto de la logística a la satisfacción en calidad y tiempo de las necesidades, mientras que un 31% considera que el tiempo de la ejecución de los procesos administrativos hace difícil llevarlo mientras el buque se encuentra en altamar. Una situación que refuerza lo anteriormente mencionado, es lo dicho por el entrevistado 4 (mayor a 35 años; 17 años de experiencia) “La problemática es que en los requerimientos no consideran los tiempos de los procesos administrativos”. Mientras que hay quienes identifican esta problemática como solo un inconveniente relacionado con la calidad de la información reflejados en opiniones como “En la logística del material la gran problemática que existe es que, si bien se cuenta con una base de datos robusta, la visualización de estos datos no es clara por lo que dificulta la toma de decisiones al momento de prever deficiencias en el material. (entrevistado 7).

ítem III: ¿En la práctica como opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada, desde su experticia o dominio de desempeño?

En relación a los resultados de la tercera pregunta, se obtuvo que un 56% de los entrevistados identifica que el sistema de sostenimiento de la armada funciona con antecedentes previos al zarpe, mientras que un 34% considera que actualmente se cuenta con el flujo de información es básico, tomando en cuenta la cantidad de procesos que deben realizarse para la obtención de recursos, lo anterior es reafirmado por los entrevistados 11 donde afirma que “ estando a bordo, solo se cuenta con un método para hacer presente las necesidades, a través de correo electrónico, no existen sistemas ERP u otros que permita mejorar la calidad de la información”

Finalmente, un 10% identifica la operación del sostenimiento a la dependencia del operador para la transferencia de información

ítem IV: ¿Cómo afecta el problema de sostenimiento de cara a los clientes?

Un 48% de los entrevistados, considera que el gran problema para los clientes es el tiempo en que se satisfacen las necesidades, lo que se traduce en la baja confiabilidad de los buques, lo anterior con un 25 % de los encuestados, el entrevistado 8 manifiesta “el gran problema que tenemos hoy como operadores de los buques, es el tiempo con que nos llegan las cosas, que en muchas ocasiones la mayor repercusión es la baja confiabilidad de las plataformas”.

ítem V: ¿Cómo se puede modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad en alta mar?

Para un 36% de los entrevistados la solución se centra en la automatización de procesos, entrevistado 5 (mayor de 41 años), “yo creo que, si tuviéramos procesos automatizados para procesar la información provista por los mismos sistemas, podríamos prever nuestras necesidades”, para otro 27%, se subsana con sistemas de predicción y para un 25% con la integración de la información con los sistemas de gestión internos y externos de la institución.

ítem VI: Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en la implementación de un sistema de sostenimiento de flota, basado en la industria 4.0 ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?

El entrevistado 3 menciona “lograríamos optimizar el tiempo de operación y disponibilidad de las plataformas”, en concordancia con el entrevistado un 59% considera que se optimiza el tiempo en la obtención de los insumos, otro 21% considera que sería muy compleja la implementación considerando la diversidad de sistemas y plataformas hoy en uso en la institución.

ítem VII: ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile navegando cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?

La mayoría de los encuestados (un 32%) considera que sería interesante explorar integrar data automatizada en tiempo real, lo anterior se sustenta en el entrevistado 4 que indica “ que sería interesante contar con data que salga directamente de los buques en tiempo real, las unidades en su mayoría cuentan con sensores, eso integrarlo con los sistemas de gestión en tierra sería un tremendo avance “, otro porcentaje (27%) considera que usar herramientas de predicción podría ser ventajoso y finalmente con un 14% es dotar a los buques con internet para el traspaso de data en tiempo real.

ítem VIII: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?

El entrevistado 10 indica que “es ambicioso la implementación considerando que se debería reestructurar la forma de hacer las cosas, pensando en el cambio cultural que esto acarrea”, lo anterior se condice con el 32% de los entrevistados que cree que el mayor costo de implementar un sistema basado en la cuarta revolución industrial está basado en el cambio cultural asociado, sumado a lo anterior con un 30 % indican que los diferentes sistemas, hacer que el costo de implementación se acrecenté, finalmente un 27% piensa que la diferencia generacional hace costosa su implementación.

ítem IX: ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento de flota basado en la industria 4.0?

El mayor riesgo identificado por los entrevistados (58%) es la seguridad de la información que se está traspasando por los canales civiles, el entrevistado 8 menciona “yo creo que lo más crítico de un sistema así es que si no se toman las medidas correspondientes, esta información podría caer en organizaciones, que podrían perjudicar a la Armada y en consecuencia a Chile. Otro riesgo identificado, con un 20 % es la pérdida de personal calificado.

ítem X: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?

la mayoría de los encuestados separó la pregunta en facilitadores y obstáculos, en referencia a los aspectos que facilitan su implementación con un 45% de menciones hacen referencia al uso eficiente de los recursos, lo anterior respaldado por el entrevistado 4 que indica que “ en

un ambiente restrictivo en cuanto la disponibilidad de los recursos públicos, al hacer mención que se utilizarían más eficientemente los recursos, podría ser un elemento que incentive su implementación”, seguido que en la institución se cuenta con personal profesional y disciplinado (34%) para el caso de los obstáculos son más diversas las respuestas identificando a la burocracia en la tramitación de proyectos con la mayor de las preferencias 26%, seguido con un 25% la ciberseguridad, con un 16% la cultura organizacional y finalmente con un 15% la retención del personal.

ítem XI: ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el sostenimiento de flota de la institución?

La principal preocupación de los entrevistados se centra en como capacitar, seguido de que se invierta mucho dinero y que el sistema no funcione (21%), el entrevistado 9 comenta “yo creo que es muy potente contar con un sistema que permita optimizar los recursos, pero actualmente la armada no cuenta con masa crítica que permita desarrollar, mantener y operar estos sistemas, por lo que creo que se debe partir por capacitar al personal”

ítem XII: ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?

La mayoría de los entrevistados (37%) menciona crear un área independiente y dedicada para efectuar los cambios en la institución, otras respuestas interesantes se basaron en generar charlas para interiorizarse de esta tecnología (23%, hacer políticas de gestión relacionadas al cambio (21%) y finalmente instruir a los tomadores de decisiones en relación a la cuarta revolución industrial, el entrevistado 8 dice “si queremos implementar esto debe ser llevada a cabo de forma holística a la institución, sin que se vea influenciada por un área específica, por lo que creo que se debe crear un ente con dedicación exclusiva para generar estos cambios”, lo que sustenta lo indicado por la mayoría.

2.5 Discusión de resultados

Considerando la primera etapa de caracterización del presente y comprensión de la realidad, se puede observar que un número significativo de entrevistados de la Armada de Chile requiere capacitación para comprender los conceptos de sostenibilidad e industria 4.0 en el

primero se centran en la mantención de los sistemas y no como se define el apoyo integral en todas las áreas y lo asocian a problemas en la calidad de la información, en cuanto a la cuarta revolución industrial la gran mayoría lo asocia a modelos predictivos independientes de cada sistema. Se han identificado conflictos entre los trabajadores de diferentes áreas, quienes no abordan el tema del sostenimiento de manera integral y lo relacionan con problemas en la calidad de la información, los procesos administrativos y la toma de decisiones. Sin embargo, es importante destacar que las personas entrevistadas en su mayoría cuentan con las habilidades y conocimientos necesarios que en el futuro podrían utilizarse en la implementación. Por otra parte, se ha detectado que no existen planes estratégicos o de gestión y si existen no se han difundido adecuadamente en todos los niveles, especialmente debido a la falta de conocimiento sobre los procesos de sostenimiento. Además, otro aspecto negativo evidenciado en el estudio es que la gran mayoría de los encuestados vincula los problemas de sostenimiento en los buques a la insatisfacción con el tiempo y la calidad en la satisfacción de las necesidades. Estos descubrimientos concuerdan con los hallazgos previamente presentados por (Recamán & de Navantia, 2018) donde se menciona que para que una organización integre con éxito la tecnología de la industria 4.0 como una pieza central de su desarrollo, es necesario capacitar a los empleados, comunicar de manera efectiva los objetivos y los PDE (Procesos, Directrices y Estrategias), y establecer nuevos perfiles de puestos para reducir la resistencia dentro de la organización. Para abordar las deficiencias identificadas, se sugiere implementar diversas medidas. En primer lugar, se propone proporcionar capacitación a los miembros de la institución de acuerdo con sus niveles jerárquicos, con el objetivo de nivelar sus conocimientos y alinear sus habilidades con los objetivos estratégicos de la institución. También se recomienda revisar los perfiles de los puestos existentes y proponer nuevos perfiles que se adapten a los entornos actuales. Además, se enfatiza en la importancia de fortalecer el plan de comunicaciones, centrándose en la eficacia para asegurar que todo el personal de la Armada de Chile tenga el mismo nivel de información. Es crucial promover acciones participativas, como encuestas, charlas y diálogos, con y entre todos los niveles de la organización, para analizar las percepciones, para así reducir la resistencia organizacional al cambio y fomentar una mayor aceptación de las transformaciones necesarias para la implementación de la tecnología basada en la industria 4.0. También es importante mencionar que dados los resultados y la discusión

presentada se pueden generar dos modelos uno para generar el cambio y otro para la siguiente fase de implementación.

2.6 Modelo conceptual de sostenimiento propuesto

Considerados y analizados todos los resultados, se propone el siguiente modelo conceptual para la gestión del sostenimiento naval (figura 1), y para la implementación se propone un modelo el prototipo (figura 2)

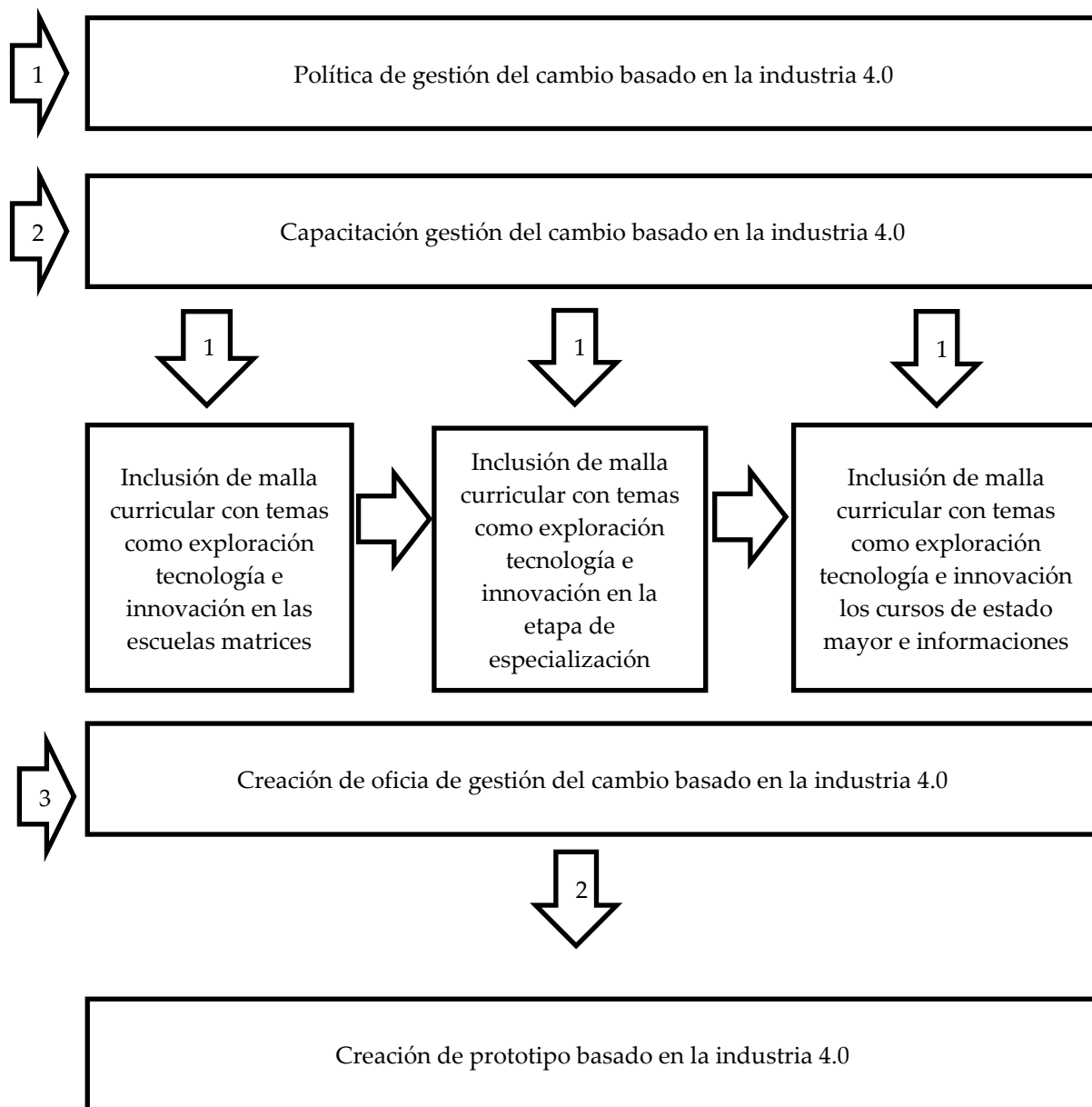


Figura 1: Modelo propuesto para la gestión del cambio (Fuente: Elaboración propia).

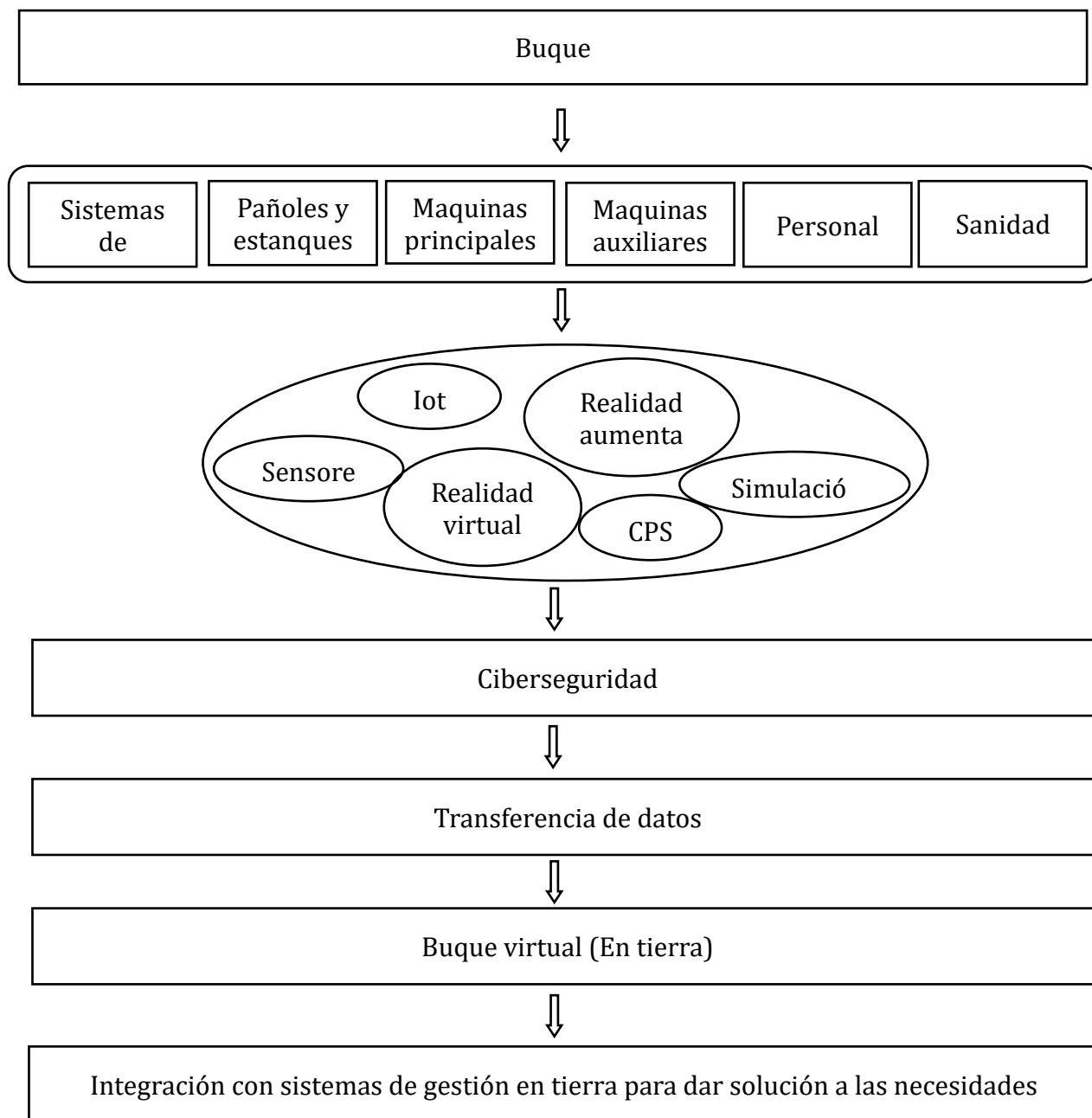


Figura 2: Modelo propuesto para el prototipo (Fuente: Elaboración propia).

3 ARTÍCULO

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relacionada con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada, los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

LOGÍSTICA E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN EN BUQUES DE LA ARMADA DE CHILE

SEBASTIÁN ADOLFO FERNÁNDEZ DÍAZ

RESUMEN:

Este trabajo presenta un análisis de las variables que propician factibilidad de la instauración de un modelo de sostenimiento basado en tecnología de la industria 4.0 en buques de la Armada de Chile. El objetivo de esta investigación es proponer un modelo conceptual para la implementación de un sistema sostenimiento de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en la tecnología de la cuarta revolución industrial. Para lograrlo se propone una aproximación cualitativa basada en un estudio focal de 11 usuarios, se toma la opinión de 7 jefes de departamentos del sistema logístico de buques de la Armada de Chile y 4 expertos de las áreas de sistemas de ingeniería, abastecimiento, logística, tecnologías de la información y recursos humanos por medio del uso de entrevistas semiestructuradas, para la identificación de barreras en la implementación de un modelo de sostenimiento con base en industria 4.0, y la determinación de las bases conceptuales y estructuración de dicho modelo. Los resultados muestran dos hallazgos importantes, el primero basado en un modelo para la gestión del cambio y otro modelo en su fase de implementación, así como los índices de eficiencia propuestos presentan una mejora sustantiva respecto del proceso precedente, siendo el más relevante desde el punto de vista jerárquico y operacional, reduciendo al mismo tiempo las barreras culturales, tecnológicas y de formas tradicionales, mejorando la toma de decisiones y el uso de los recursos en el ámbito del sostenimiento. En síntesis, la utilización de la metodología de sostenimiento con base en el modelo propuesto para gestión y el modelo propuesto en la fase de implementación se mejora sustancialmente la gestión logística de los buques, siendo de fácil implementación, transversal en las diferentes reparticiones y unidades de la armada, resultando beneficioso para los integrantes de los equipos profesionales involucrados y tomadores de decisiones, al incorporar tecnología de la industria 4.0.

Palabras claves: Sostenimiento naval; Ciclo logístico; Cuarta revolución industrial; Modelo conceptual; Aplicación de IA en buques; Optimización de recursos públicos.

1. Introducción

El sostenimiento se tiende a relacionar con el aspecto logístico, pero abarca muchos otros aspectos. El General H. Norman Schwarzkopf, comandante en jefe de las fuerzas de la Coalición en la Guerra del Golfo de 1991, expresa en su autobiografía que el sostenimiento de las fuerzas militares era mucho más que la logística y el mantenimiento del material bélico (Schwarzkopf, 1994)

También encontramos lo que se estableció en la Doctrina Nacional Conjunta que se entiende por sostenimiento, en la DNC Acción conjunta del 2011 (Defensa, 2011), donde se definió la función conjunta

de sostenimiento como la capacidad de apoyo logístico y administrativo para mantener el potencial bélico de las fuerzas en combate durante el tiempo que sea necesario para obtener los objetivos planteados en la operación, esto debe estar al servicio de las operaciones. Siendo lo anterior un factor determinante para la viabilidad de un plan operacional. Basándose en el Manual de Campo FM 4-0 "Sustainment Operations" del Ejército de U.S. del 2019 (Washington, 2019) y descrito por el Almirante Peter G. Stamatopoulos (Stamatopoulos, 2021), se instituye que el sostenimiento de las fuerzas abarca la logística, el mantenimiento, la preparación de material y personal, la movilidad estratégica y

actividades de apoyo (sanidad); y que además se deben desarrollar actividades para contar con una adecuada planificación, programación y presupuestos de las fuerzas. En muchas ocasiones se utiliza como sinónimo de sostenimiento el concepto de apoyo logístico, lo que puede, en ocasiones, propender a un error conceptual. En base a lo descrito, el sostenimiento de flota incluye la logística y las actividades de mantenimiento; contar con el personal capacitado y entrenado; y algunos servicios de apoyo como sanidad y proveer pertrechos que permiten mantener las operaciones de la flota.

Además, se debe considerar que se busca con el sostenimiento o apoyo logístico de la flota; para la OTAN, el sostenimiento le permite alcanzar la economía de los medios con eficacia, permitiendo optimizar el tiempo y los recursos reportando una mayor rentabilidad, cumpliendo con la disponibilidad establecida del material y humano, maximizando la eficiencia en el empleo de los recursos monetarios asignados, para asegurar lo anterior, es fundamental la incorporación de nuevas tecnologías (Fontena, 2005).

Actualmente, se vive la cuarta revolución industrial denominada industria digital o industria 4.0, ésta se basa en el desarrollo de la tecnología digital y el procesamiento de datos. Estos avances, comprenden la tecnología de la información y comunicación (TIC), inteligencia artificial (IA) y análisis de datos, procesamiento del lenguaje natural (NLP), sistemas automatizados (robótica), nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV), internet de las cosas (IoT), impresión 3D y vehículos autónomos; para el desarrollo de estas tecnologías es fundamental la conectividad (Becerra, 2020).

La industria 4.0 ha permitido contar con avances sustanciales en los procesos productivos mejorando el uso de los recursos haciéndolos más eficientes, con la incorporación de redes de producción digital; y dotar de mejoras en el procesamiento y manejo de gran cantidad de datos, logrando planear, predecir y controlar la producción (González et al., 2021).

Industria 4.0: Teoría y definiciones

El concepto de origen alemán es tomado por el presidente de la Academia alemana de Ciencias e ingeniería (Acatech), Henning Kagermann, y fue una

iniciativa estratégica impulsada por el estado alemán que incorpora un grupo de recomendaciones para responder a los desafíos que plantea el objetivo europeo (Spri, 2015), este concepto tiene como objetivo un incremento en el nivel de digitalización del proceso productivo, busca unir el mundo físico con el virtual, implementar y crear sistemas inteligentes y dar flexibilidad en los procesos, para el desarrollo de lo anterior se requieren tecnologías habilitadoras como Internet de las cosas, Sistemas Ciber físicos (CPS), Realidad aumentada, Simulación, robótica colaborativa, Fabrica aditiva, Big data, Cloud Computing y ciberseguridad entre otros (Spri, 2015).

Internet de las cosas

Este concepto es bastante amplio y no hay una definición específica para esto, pero lo podríamos definir técnicamente como “paradigma tecnológico que permite dotar de conectividad a internet cualquier objeto sobre el que se pueda medir parámetros físicos o actuar, así como a las aplicaciones y tratamiento de datos inteligentes relativos a ellos” (Cruz et al., 2015).

Desde la perspectiva de la industria encontramos el IIOT (Internet Industrial de las Cosas) emerge desde la perspectiva de la industria y los negocios con la finalidad de establecer una industria inteligente basada en el IOT. Esto permite que las máquinas estén interconectadas e inteligentes, generando información valiosa para la empresa. De esta manera, se pueden obtener datos sobre las máquinas, controlarlas, entre otras cosas (Cabeza, 2018).

Sistemas ciber físicos

Un sistema ciber físico es una entidad que combina elementos físicos y digitales, interconectados a través de redes de comunicación, para supervisar y gestionar procesos físicos. Las características clave de los sistemas ciber físicos incluyen:

Comunicación de doble vía entre el mundo físico y el digital, facilitada por sensores y actuadores que permiten la recopilación y modificación de datos e información.

Computación distribuida y colaborativa entre los componentes del sistema, que pueden ser dispositivos inteligentes, plataformas en la nube, servicios web, etc.

Capacidad de adaptación y autonomía del sistema, que puede aprender y evolucionar en función del contexto y los objetivos, utilizando técnicas de inteligencia artificial, aprendizaje automático, optimización, etc.

Seguridad y fiabilidad del sistema, que debe asegurar la integridad, disponibilidad y privacidad de los datos y los servicios, así como la prevención y mitigación de riesgos y amenazas.

Algunas aplicaciones de los sistemas ciber físicos son:

Industria 4.0: La incorporación de sistemas ciber físicos en los procesos de fabricación y logística permite la automatización, la personalización, la trazabilidad y la mejora de la calidad y eficiencia de los productos y servicios. Por ejemplo, el artículo seleccionado "Procurement 4.0" discute sobre la integración digital en los procesos de compras y las estructuras tecnológicas y organizacionales.

Vehículos autónomos: La fusión de sistemas ciber físicos con sistemas de navegación, percepción, planificación y control permite el movimiento y funcionamiento de vehículos sin intervención humana en diversos entornos y escenarios. Por ejemplo, el artículo "Sistema ciber físico" menciona los sistemas de automóviles autónomos como un ejemplo de CPS.

Salud digital: La implementación de sistemas ciber físicos en el sector de la salud facilita la prevención, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de enfermedades y condiciones de salud, a través de dispositivos médicos, aplicaciones móviles, plataformas en línea, etc. Por ejemplo, el artículo "Sistema ciber físico" también menciona los sistemas de monitorización médica como un ejemplo de CPS (Vasconcelos, 2022).

Inteligencia artificial (IA)

Definir la inteligencia artificial (IA) puede ser un desafío, y no siempre se la considera "inteligencia" en el sentido que le damos los humanos. Los sistemas de IA emplean algoritmos y grandes cantidades de datos para obtener resultados mediante un proceso de aprendizaje. La Propuesta de Reglamento de IA de la Comisión Europea (2021) admite la dificultad de definir la IA y propone que la definición se base en las características funcionales del software y su habilidad para generar contenidos, predicciones,

recomendaciones, decisiones u otra información de salida. Esta propuesta también sugiere que la definición debe mantenerse al día con los avances tecnológicos y del mercado. El software de IA utiliza algoritmos que tratan todos los datos con la misma importancia, lo que puede resultar en resultados sesgados, una disminución en el rendimiento de los modelos y dificultades para entender cómo se llegó al resultado. Por lo tanto, es necesario no solo conceptualizar los algoritmos como el motor interno de los sistemas de IA, sino también proporcionarles un marco jurídico adecuado (Comisión Europea, 2021).

Como bien señalan Cabanes, F. J. G., & Díaz-Díaz, N. (2023) la inteligencia artificial es un campo que busca imitar y desarrollar la inteligencia natural de los humanos y otros seres vivos mediante el uso de computadoras o máquinas¹. Esta disciplina abarca desde acciones automatizadas basadas en algoritmos tradicionales hasta sistemas más avanzados como el aprendizaje profundo o las redes neuronales. Todos estos sistemas se alimentan de big data o datos masivos, que utilizan para proporcionar resultados automáticamente en el caso de los algoritmos tradicionales, o para realizar complejas relaciones de datos en el caso del aprendizaje profundo y las redes neuronales.

Gemelo digital

Una tecnología que permite crear un modelo virtual de un producto, servicio, proceso o sistema, integrando el mundo real y el virtual. El gemelo digital recibe información en tiempo real del elemento físico y permite simular, analizar y optimizar su comportamiento, rendimiento y calidad (García, 2022).

Una herramienta clave para la transformación digital de la industria 4.0. El gemelo digital facilita el diseño, la producción, el mantenimiento y la gestión del ciclo de vida de los productos y procesos, creando cadenas de valor flexibles e interconectadas.

Una solución que se basa en tres elementos principales: los datos, los modelos y el enlace. Los datos son la información que se obtiene del elemento físico y que se usa para crear el modelo virtual. Los modelos son las representaciones digitales que permiten analizar y predecir el funcionamiento del

elemento físico. El enlace es la conexión bidireccional entre el mundo real y el virtual que permite la sincronización y la retroalimentación (Analytics, I. 2020).

Una aplicación que se puede clasificar según diferentes dimensiones, como el nivel, el tipo, el dominio o el dato. El nivel se refiere a la escala del gemelo digital, que puede ser de máquina, línea de producción o planta. El tipo se refiere a la finalidad del gemelo digital, que puede ser de prototipo, de instancia o de agregado. El dominio se refiere al sector o industria al que se aplica el gemelo digital, que puede ser de fabricación, automotriz, aeroespacial, energético, sanitario, etc. El dato se refiere a la fuente de información que se usa para el gemelo digital, que puede ser en tiempo real, de ensayo o histórico (Markets, & Markets. 2022).

www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html

Un gemelo digital en el aspecto marítimo es una representación virtual de un buque real que recibe información relevante de sus sistemas, la cual podrá ser almacenada y explotada para dar soporte a diversos procesos de decisión en operaciones y sostenimiento del buque. Un sistema innovador que utiliza paradigmas tecnológicos vanguardistas, un sistema complejo que requiere medidas de desde el diseño, integridad y disponibilidad de la información y las interconexiones con otros sistemas. Este sistema proporciona diversos servicios de usuario, como apoyo logístico, apoyo a la operación y adiestramiento, mediante la visualización del estado del buque, el uso de realidad aumentada o virtual y el análisis de datos

Logística en la Armada de Chile

El fin de la logística en la Armada es proveer los medios a la institución y a su sostenimiento durante las operaciones, ésta actúa sobre los medios humanos, materiales y de servicios, el requisito que debe tener la logística es que las necesidades sean satisfechas en el momento oportuno, en el lugar preciso, en la cantidad justa en la calidad apropiada y a un costo aceptable.

Se debe tener presente existen dos niveles la logística de Alto nivel que busca solucionar los problemas que se plantean a nivel de conductor político estratégico

(presidente de la Republica), conductor estratégico de las FF.AA. (junta de comandantes en jefe) y conductor estratégico institucional (comandante en jefe de cada institución castrense).

En cambio, la logística operacional estudia y soluciona problemas logísticos que se plantean en las campañas, operaciones mayores y menores y las acciones tácticas, dependiendo de la clase de fuerza de combate que se apoye y esta puede ser, Terrestre, Naval, Aérea, conjunta y combinada.

Además, según su función objetiva la logística la podemos clasificar como de producción y de consumo, la primera se relaciona con la obtención de los medios y la de consumo se preocupa de la distribución de los medios logísticos, de acuerdo con las necesidades planteadas por los mandos (Fontena, 2005).

Para resolver el problema logístico operacional se debe determinar la solución teórica (Técnica logística) y ejecutar dicha solución (apoyo logístico) de lo anterior se determina Esfuerzo logístico, para lo anterior se requiere una dirección clara, magnitud, sentido y punto de aplicación (Salgado, 1996).

Dado que los medios logísticos son de una amplia diversidad, se establecen los Elementos Funcionales Logísticos (E.F.L.) que se agrupan en las actividades logísticas que contienen técnicas en base a una función básica común, estos son de Abastecimiento, Mantenimiento, Personal, Sanidad, transporte, instalaciones y finanzas (MLA, 1986).

Para dar solución a los requerimientos como ciclo básico logístico se establecen cuatro funciones, la determinación de necesidades donde el mando operativo establece los requerimientos logísticos para ejecutar con éxito las operaciones donde se calcula y definen los medios, luego tenemos la obtención y es la acción de transforme las necesidades de los mandos operativos en medios reales capaces de satisfacerlas, estos deben ser adecuados en calidad, cantidad y tiempo requerido, a continuación tenemos la distribución, que una vez terminada la fase de obtención es necesario hacer llegar a las Fuerzas en el lugar donde se encuentren, en esta fase interactúan los órganos de apoyo logísticos que son los encargados de transportar los elementos, y finalmente la exclusión que es el proceso mediante las Fuerzas o el solicitante consume o determinan que un

medio ha terminado su ciclo de vida útil, debido a que existe la necesidad operacional o tecnológica de renovarlo o eliminarlo, debido a su obsolescencia o que los elementos han perdido las características que permitan el cumplimiento de las tareas (MLA, 1986).

¿Cómo lo abordan las Marinas del mundo?

Se analizará el caso exitoso de la Armada Española, Navantia proyecto del año 2022.

Según Recamán & de Navantia (2018) nos presenta el caso de Navantia como ejemplo de la adaptación de la Industria 4.0 al sector de la naval militar. El artículo define la Industria 4.0 como un paradigma que busca la integración digital de la cadena de valor y el ciclo de vida de los productos, mediante el uso de las nuevas tecnologías digitales habilitadoras, como el internet de las cosas, el big data, la computación en la nube, la inteligencia artificial, la realidad aumentada, la impresión 3D, la robótica y la ciberseguridad. El artículo afirma que la Industria 4.0 tiene como objetivo mejorar la competitividad, la eficiencia, la calidad, la flexibilidad y la sostenibilidad de los procesos productivos, así como ofrecer productos y servicios inteligentes y personalizados a los clientes.

Nos señala que la Industria 4.0 no da suficiente importancia al concepto de productos inteligentes, especialmente cuando se trata de productos complejos como los buques de guerra. Se definen los productos inteligentes como objetos, componentes y máquinas que están equipados con sensores, controlados por software y conectados a internet, que recogen, analizan y comparten datos de todo tipo, y que posibilitan e impulsan los servicios inteligentes. Introduce el concepto de gemelo digital, que es una representación virtual de un producto físico que se puede usar para simular, analizar y optimizar su comportamiento y rendimiento. El gemelo digital se basa en la integración de datos, modelos y algoritmos, y se puede actualizar en tiempo real con la información del producto físico, es una herramienta clave para el desarrollo de los productos inteligentes, ya que permite mejorar su diseño, operación y mantenimiento, así como ofrecer servicios inteligentes a los usuarios.

El autor nos muestra el caso de Navantia como ejemplo de la aplicación del concepto de gemelo digital al sector de la construcción naval militar. Lo anterior explica que en el proyecto se ha desarrollado

un proyecto de gemelo digital para sus buques de guerra, con el objetivo de mejorar su ciberdefensa y su capacidad operativa. El proyecto consiste en crear una representación virtual de los sistemas de los buques, que recibe información de sus sensores y que se puede usar para apoyar diversos procesos de decisión en operaciones y mantenimiento. El gemelo digital permite simular diferentes escenarios de ataque y defensa, y evaluar la vulnerabilidad y la resiliencia de los buques frente a las amenazas cibernéticas. El proyecto se basa en la Directiva 3/2021 del AJEMA (2021), que establece la necesidad de contemplar la ciberseguridad desde el diseño de las nuevas unidades de la Flota.

Se destaca la importancia de las personas, la formación, la colaboración y la innovación en el desarrollo de la Industria 4.0. Las personas son el factor clave para el éxito de la Industria 4.0, ya que son las que aportan el conocimiento, la creatividad y el valor añadido a los procesos productivos. Otro aspecto importante es que la formación es esencial para dotar a las personas de las competencias y habilidades necesarias para adaptarse a los cambios tecnológicos y organizativos que implica la Industria 4.0. la colaboración es fundamental para fomentar la cooperación entre los diferentes agentes del sector, como las empresas, las universidades, los centros de investigación y las administraciones públicas, para impulsar la transferencia de conocimiento y la generación de sinergias y finalmente la innovación es el motor de la Industria 4.0, ya que permite crear nuevos productos, servicios y procesos que respondan a las necesidades y expectativas de los clientes y de la sociedad.

La Industria 4.0 es un reto y una oportunidad para el sector de la construcción naval militar, que requiere de una visión estratégica, una transformación digital y una cultura de innovación. El caso de Navantia es un ejemplo de cómo la Industria 4.0 puede mejorar la competitividad, la eficiencia, la calidad, la flexibilidad y la sostenibilidad de los procesos productivos, así como ofrecer productos y servicios inteligentes y personalizados a los clientes. el concepto de gemelo digital es una herramienta clave para el desarrollo de los productos inteligentes, ya que permite mejorar su diseño, operación y mantenimiento, así como ofrecer servicios inteligentes a los usuarios.

Entendida esta realidad y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las variables y parámetros claves que inciden en el ciclo logístico de cara la generación de un sistema de sostenimiento eficiente con base en industria 4.0?

En efecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de la Armada de Chile, la disponibilidad de un sistema de sostenimiento 4.0 en los buques que permita dar soporte a la flota mientras esta se encuentra en el área de operación, lo que autoriza lo siguiente como contribución para este proyecto de grado.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para la realización de esta investigación ha sido la mejora del uso de los recursos públicos y la eficiencia en la disponibilidad de los Buques de la Armada de Chile. Se propone entonces un modelo base que facilite la identificación de las brechas, factibilidad y posterior implementación de un sistema moderno de sostenimiento. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de las barreras y herramientas facilitadoras que permitan el desarrollo de un sistema logístico integrado para el servicio de sostenimiento en la Armada.

Entendido esto el objetivo de este trabajo es proponer un modelo conceptual de sostenimiento y mejora de la disponibilidad operativa de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en tecnología de la cuarta revolución industrial y el uso eficiente de los recursos públicos.

2. Metodología

Paradigma y diseño: Se ha optado por la utilización de una metodología cualitativa, basada en entrevistas semiestructuradas, entendida como una actividad sistemática, orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos y formas de operar frente a una problemática (Valles, 2014). Se utiliza un enfoque interpretativo, puesto que se considera más adecuado desde una doble perspectiva: permite atribuir un significado a los temas estudiados y descubrir el sentido que tiene para aquellos que lo han experimentado.

Datos sobre la que se efectuó el estudio: Se utilizó un muestreo por conveniencia entre personal de la Armada. El criterio de caso típico condujo a que se seleccionaran a 11 jefes de departamentos del sistema logístico, y a 6 expertos de las áreas de sistemas de ingeniería, abastecimiento, logística, tecnologías de la información y recursos humanos. En total participaron 17 profesionales, con una edad promedio de 39 años, con un máximo de 52 y un mínimo de 32 años. Poseían en promedio 20 años de servicio con un mínimo de 14 y un máximo de 31 años.

Primero se realizaron entrevista a con los jefes de departamentos del sistema logístico para identificar su conocimiento y opinión sobre el tema planteado y el funcionamiento actual de la logística institucional para tener un marco, además se recogió información sobre como realizan su trabajo actualmente, y como podrían mejorar el desarrollo de este con las herramientas actuales, que deficiencias encuentran para tener un trabajo más eficiente.

También se realizaron entrevistas abiertas a profesionales experto del ámbito logístico y sostenimiento de la Armada en sus respectivas aéreas del conocimiento.

Entorno: El Estudio se realizará en la Armada de Chile, una institución pública de la república de Chile con dependencia en el Ministerio de Defensa, dentro de los participantes del proceso se identifica a priori la Dirección de los Servicios de la Armada, la Dirección de Telecomunicaciones e Informática de la Armada, la Dirección de ingeniería y Sistemas de la Armada y la Dirección de Recursos Humanos de la Armada, jefes de área de ciertos buques de la institución en Talcahuano.

Instrumento: Se aplicaron entrevistas a profundidad y con dos grupos focales para profundizar ciertos aspectos de la información. Las entrevistas a profundidad se utilizaron para adentrarse en las perspectivas de los participantes acerca de la temática de la disciplina, mientras que se recurrió al grupo de enfoque para ampliar la información que se obtuvo mediante las entrevistas y validarlas El instrumento posee 4 etapas, como se describe a continuación.

Etapas 1: Caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted el proceso de sostenimiento en los buques de la Armada de Chile?
2. ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?
3. En la práctica: ¿Cómo opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada?
4. En la actualidad, ¿cómo afecta la problemática de sostenimiento de cara a los clientes internos?

Etapas 2: Propuesta para mejorar entornos colaborativos y concepción de etapas del modelo

5. ¿Cómo podemos modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad y reducir los tiempos de baja de los buques?
6. ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?
7. Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en un modelo base que facilite la identificación de las brechas, factibilidad y posterior implementación de un sistema moderno de sostenimiento: ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?

Etapas 3: Alertas sobre las transformaciones

8. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?
9. ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?
10. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?
11. ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?

12. ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el modo de sostenimiento actual de flota de la institución?

Etapas 4: Determinación del modelo

13. ¿Cómo dibujaría el modelo? ¿Qué etapas debería contener? ¿Cómo relacionaría las etapas? Puede simplemente mejorar o modificar libremente las propuestas que otros han desarrollado previamente.

Plan de análisis de los datos: Se utilizó la modalidad de documentos escritos para registrar la información, siendo redactados en algunos casos por el investigador (como el diario de campo y las transcripciones de entrevistas) y en otros casos por los participantes. Con el fin de analizar estos documentos, se llevó a cabo una categorización mediante un enfoque deductivo, extrayendo los criterios necesarios para examinar el desarrollo de la industria 4.0 y sus aplicaciones. Sin embargo, también se prestó atención a posibles situaciones emergentes mediante un enfoque inductivo basado en los documentos y las observaciones. Esta categorización consiste en una selección de factores y elementos relevantes, siendo conscientes de que aún se pueden diversificar más debido a la amplitud del concepto y su práctica.

Ética: Se buscó asegurar que los entrevistados participaran de manera informada y voluntaria, se implementaron medidas para salvaguardar la confidencialidad de la información y se validó la misma en conjunto con los propios participantes.

3. Resultados

A continuación, se exponen los resultados de los trece ítems, organizados en cuatro etapas. Para mantener la concisión y la claridad, solo se incluye la información pertinente para este proyecto, y la categorización se muestra en la Tabla I.

Tabla I: Categorías de la investigación

Preguntas	Categorías	Representación
Pregunta 1: ¿Cómo entiende usted el problema del sostenimiento en los buques de la armada de Chile en las áreas de operación?	A1 Conectividad buque tierra. B1 Lo necesario para operar. C1 No hay capacidad para realizar compras D1 Información desactualizada.	15% 47% 13% 25%
Pregunta 2 ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?	A2 No Satisfacer en calidad y tiempo las necesidades. B2 Tiempo de procesos administrativos C2 Visualización de datos poco clara. D2 Baja conectividad entre tierra y mar	31% 40% 15% 14%
Pregunta 3: ¿En la práctica como opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada, desde su experticia o dominio de desempeño?	A3 Necesidades previas al zarpe B3 flujo de información básico C3 Dependencia del operador para buscar información	56% 34% 10%
Pregunta 4: ¿Cómo afecta el problema de sostenimiento de cara a los clientes?	A4 Falta de conectividad. B4 No hay capacidad para predecir C4 Tiempo en satisfacer necesidades. D4 Baja confiabilidad de los buques.	12% 15% 48% 25%
Pregunta 5: ¿Cómo se puede modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad en alta mar?	A5 Automatización. B5 Dando conectividad tierra buque. C5 Sistemas de Predicción. D5 Integración de data con agentes externos.	36% 12% 27% 25%
Pregunta 6: Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en la implementación de una un sistema de sostenimiento de flota, basado en la industria 4.0 ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?	A6 Optimización en los tiempos. B6 Identificar elementos realmente necesarios. C6 Implementación compleja. D6 Optimizar el uso el personal.	59% 11% 21% 9%
Pregunta 7: ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información),	A7 Instalar internet en los buques. B7 Usar herramientas de predicción. C7 Contar con más insumos. D7 Homologar equipamiento.	14% 27% 7% 20%

para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile navegando cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?	E7 Integrar Data automatizada en tiempo real.	32%
Pregunta 8: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?	A8 Costo de implementación para traspaso de data. B8 Cambio cultural asociado. C8 Diversidad de sistemas a bordo. D8 Diferencia generacional.	11% 32% 30% 27%
Pregunta 9: ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento de flota basado en la industria 4.0?	A9 Seguridad de la información. B9 No saber que hacer en caso de falla. C9 Aumento de capacitaciones. D9 Perdida de personal calificado.	58% 5% 17% 20%
Pregunta 10: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?	Facilitadores: A10 Uso de tecnología para el personal B10 Personal profesional y disciplinado. C10 Eficiencia en el uso de los recursos. Obstáculos: A9 Costos de implementación. B9 Burocracia en la tramitación de proyectos. C10 Alta rotación del personal. D10 Ciberseguridad. E10 Retención del personal F10 Cultura organizacional	21% 34% 45% 12% 26% 6% 25% 15% 16%
Pregunta 11: ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el sostenimiento de flota de la institución?	A11 Que no funcione. B11 Que no sea compatible a todos los buques. C11 Que se demore mucho la implementación y salga otra tecnología. D11 Incentivos en el uso de Tecnología E11 La capacitación	19% 7% 21% 12% 41%
Pregunta 12: ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?	A12 Generar política de gestión del cambio. B12 Dar a conocer la tecnología, Charlas, capacitaciones. C12 Instruir a los tomadores de decisiones.	21% 23% 19%

	D12 Crear área dedicada para efectuar los cambios en la institución.	37%
--	--	-----

3.1 Análisis de datos

ítem 1: ¿Cómo entiende usted el proceso de sostenimiento en los buques de la Armada de Chile?

Si revisamos los resultados generales de la primera pregunta del cuestionario (Tabla I) nos encontramos que un 47% de los entrevistados asocia el proceso de sostenimiento en los buques con la entrega de insumos en un tiempo óptimo, lo que queda de manifiesto en opiniones tales como: "El proceso de sostenimiento en la armada de Chile es la capacidad de la institución de hacer llegar los insumos necesarios para el desarrollo de las operaciones navales en la calidad y tiempo requerido" (entrevistado 1);

y cuando se indica que: " Es la capacidad de los buques para estar operando en un área y tiempo determinado" (entrevistado 4) Por otro lado, el resultado (30%) cuando se asocia a categoría como "Determinar necesidades, obtenerlos, distribuirlos y dar término a los requerimientos". En dichas respuestas categorizadas, nos encontramos con frases como: Es un proceso donde se determinan las necesidades en el ámbito del material y personal, para luego dar un uso eficiente de estos. (entrevistado 3) Sorprende que un 15% de los informantes asocie el proceso logístico de un buque navegando con la conectividad entre reparticiones tierra con la unidad (mar), y no a una necesidad presente.

ítem II: ¿De dónde viene la problemática que actualmente se percibe en la logística asociada al sostenimiento de la armada?

Respecto a los resultados de la segunda pregunta, se obtuvo que un 40% de los entrevistados asocia la problemática al concepto de la logística a la satisfacción en calidad y tiempo de las necesidades, mientras que un 31% considera que el tiempo de la ejecución de los procesos administrativos hace difícil llevarlo mientras el buque se encuentra en altamar. Una situación que refuerza lo anteriormente mencionado, es lo dicho por el entrevistado 4 (mayor a 35 años; 17 años de experiencia) "La problemática es que en los requerimientos no consideran los

tiempos de los procesos administrativos". Mientras que hay quienes identifican esta problemática como solo un inconveniente relacionado con la calidad de la información reflejados en opiniones como "En la logística del material la gran problemática que existe es que, si bien se cuenta con una base de datos robusta, la visualización de estos datos no es clara por lo que dificulta la toma de decisiones al momento de prever deficiencias en el material. (entrevistado 7).

ítem III: ¿En la práctica como opera hoy el sistema de sostenimiento de la armada, desde su experticia o dominio de desempeño?

En relación a los resultados de la tercera pregunta, se obtuvo que un 56% de los entrevistados identifica que el sistema de sostenimiento de la armada funciona con antecedentes previos al zarpe, mientras que un 34% considera que actualmente se cuenta con el flujo de información es básico, tomando en cuenta la cantidad de procesos que deben realizarse para la obtención de recursos, lo anterior es reafirmado por los entrevistados 11 donde afirma que " estando a bordo, solo se cuenta con un método para hacer presente las necesidades, a través de correo electrónico, no existen sistemas ERP u otros que permita mejorar la calidad de la información"

Finalmente, un 10% identifica la operación del sostenimiento a la dependencia del operador para la transferencia de información

ítem IV: ¿Cómo afecta el problema de sostenimiento de cara a los clientes?

Un 48% de los entrevistados, considera que el gran problema para los clientes es el tiempo en que se satisfacen las necesidades, lo que se traduce en la baja confiabilidad de los buques, lo anterior con un 25 % de los encuestados, el entrevistado 8 manifiesta "el gran problema que tenemos hoy como operadores de los buques, es el tiempo con nos llegan las cosas, que en muchas ocasiones la mayor repercusión es la baja confiabilidad de las plataformas".

ítem V: ¿Cómo se puede modificar la situación actual del sistema de sostenimiento para aumentar el grado de actividad en alta mar?

Para un 36% de los entrevistados la solución se centra en la automatización de procesos, entrevistado 5 (mayor de 41 años), “yo creo que si tuviéramos procesos automatizados para procesar la información provista por los mismos sistemas, podríamos prever nuestras necesidades”, para otro 27%, se subsana con sistemas de predicción y para un 25% con la integración de la información con los sistemas de gestión internos y externos de la institución.

ítem VI: Si yo le propusiera una estrategia de cambio basada en la implementación de un sistema de sostenimiento de flota, basado en la industria 4.0 ¿Qué opina de dicha propuesta o del cambio planteado así?

El entrevistado 3 menciona “lograríamos optimizar el tiempo de operación y disponibilidad de las plataformas”, en concordancia con el entrevistado un 59% considera que se optimiza el tiempo en la obtención de los insumos, otro 21% considera que sería muy compleja la implementación considerando la diversidad de sistemas y plataformas hoy en uso en la institución.

ítem VII: ¿Tiene propuestas específicas (pueden ser etapas, variables, parámetros o flujos de información), para fomentar mejoras en el sostenimiento de los buques de la Armada de Chile navegando cuya implementación sea de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?

La mayoría de los encuestados (un 32%) considera que sería interesante explorar integrar data automatizada en tiempo real, lo anterior se sustenta en el entrevistado 4 que indica “ que sería interesante contar con data que salga directamente de los buques en tiempo real, las unidades en su mayoría cuentan con sensores, eso integrarlo con los sistemas de gestión en tierra sería un tremendo avance “, otro porcentaje (27%) considera que usar herramientas de predicción podría ser ventajoso y finalmente con un 14% es dotar a los buques con internet para el traspaso de data en tiempo real.

ítem VIII: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos de implementar sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0 en la armada de Chile?

El entrevistado 10 indica que “es ambicioso la implementación considerando que se debería reestructurar la forma de hacer las cosas, pensando

en el cambio cultural que esto acarrea”, lo anterior se condice con el 32% de los entrevistados que cree que el mayor costo de implementar un sistema basado en la cuarta revolución industrial está basado en el cambio cultural asociad, sumado a lo anterior con un 30 % indican que los diferentes sistemas, hacer que el costo de implementación se acrecenté, finalmente un 27% piensa que la diferencia generacional hace costosa su implementación.

ítem IX: ¿Qué tipo de amenaza o riesgo podría provocar en la organización un sistema de sostenimiento de flota basado en la industria 4.0?

El mayor riesgo identificado por los entrevistados (58%) es la seguridad de la información que se está traspasando por los canales civiles, el entrevistado 8 menciona “yo creo que lo más crítico de un sistema así es que si no se toman las medidas correspondientes, esta información podría caer en organizaciones, que podrían perjudicar a la Armada y en consecuencia a Chile. Otro riesgo identificad, con un 20 % es la pérdida de personal calificado.

ítem X: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían, en esta institución, la implementación de un sistema de sostenimiento basado en la industria 4.0?

la mayoría de los encuestados separo la pregunta en facilitadores y obstáculos, en referencia a los aspectos que facilitan su implementación con un 45% de menciones hacen referencia al uso eficiente de los recursos, lo anterior respaldado por el entrevistado 4 que indica que “ en un ambiente restrictivo en cuanto la disponibilidad de los recursos públicos, al hacer mención que se utilizarían más eficientemente los recursos, podría ser un elemento que incentive su implementación”, seguido que en la institución se cuenta con personal profesional y disciplinado (34%) para el caso de los obstáculos son más diversas las respuestas identificando a la burocracia en la tramitación de proyectos con la mayor de las preferencias 26%, seguido con un 25% la ciberseguridad, con un 16% la cultura organizacional y finalmente con un 15% la retención del personal.

ítem XI: ¿Cuál sería su principal preocupación respecto de la aplicación o implementación de estrategias que permitan reducir la brecha existente en el sostenimiento de flota de la institución?

La principal preocupación de los entrevistados se centra en como capacitar, seguido de que se invierta mucho dinero y que el sistema no funcione (21%), el entrevistado 9 comenta “yo creo que es muy potente contar con un sistema que permita optimizar los recursos, pero actualmente la armada no cuenta con masa crítica que permita desarrollar, mantener y operar estos sistemas, por lo que creo que se debe partir por capacitar al personal”

ítem XII: ¿Qué recomienda para gestionar estos cambios en la institución?

La mayoría de los entrevistados (37%) menciona crear un área independiente y dedicada para efectuar los cambios en la institución, otras respuestas interesantes se basaron en generar charlas para interiorizarse de esta tecnología (23%, hacer políticas de gestión relacionadas al cambio (21%) y finalmente instruir a los tomadores de decisiones en relación a la cuarta revolución industrial, el entrevistado 8 dice “si queremos implementar esto debe ser llevada a cabo de forma holística a la institución, sin que se vea influenciada por un área específica, por lo que creo que se debe crear un ente con dedicación exclusiva para generar estos cambios”, lo que sustenta lo indicado por la mayoría.

3.2 Discusión de resultados

Considerando la primera etapa de caracterización del presente y comprensión de la realidad, se puede observar que un número significativo de entrevistados de la Armada de Chile requiere capacitación para comprender los conceptos de sostenibilidad e industria 4.0 en el primero se centran en la mantención de los sistemas y no como se define el apoyo integral en todas las áreas y lo asocian a problemas en la calidad de la información, en cuanto a la cuarta revolución industrial la gran mayoría lo asocia a modelos predictivos independientes de cada sistema. Se han identificado conflictos entre los trabajadores de diferentes áreas, quienes no abordan el tema del sostenimiento de manera integral y lo relacionan con problemas en la calidad de la información, los procesos administrativos y la toma de decisiones. Sin embargo, es importante destacar que las personas entrevistadas en su mayoría cuentan con las habilidades y conocimientos necesarios que ha futuro podrían utilizarse en la implementación. Por otra parte, se ha detectado que la no existen

planes estratégicos o de gestión y si existen no se han difundido adecuadamente en todos los niveles, especialmente debido a la falta de conocimiento sobre los procesos de sostenimiento. Además, otro aspecto negativo evidenciado en el estudio es que la gran mayoría de los encuestados vincula los problemas de sostenimiento en los buques a la insatisfacción con el tiempo y la calidad en la satisfacción de las necesidades. Estos descubrimientos concuerdan con los hallazgos previamente presentados por (Recamán & de Navantia, 2018) donde se menciona que para que una organización integre con éxito la tecnología de la industria 4.0 como una pieza central de su desarrollo, es necesario capacitar a los empleados, comunicar de manera efectiva los objetivos y los PDE (Procesos, Directrices y Estrategias), y establecer nuevos perfiles de puestos para reducir la resistencia dentro de la organización. Para abordar las deficiencias identificadas, se sugiere implementar diversas medidas. En primer lugar, se propone **proporcionar** capacitación a los miembros de la institución de acuerdo con sus niveles jerárquicos, con el objetivo de nivelar sus conocimientos y **alinear** sus habilidades con los objetivos estratégicos de la institución. También se recomienda **revisar** los perfiles de los puestos existentes y **proponer** nuevos perfiles que se adapten a los entornos actuales. Además, se enfatiza en la importancia de **fortalecer** el plan de comunicaciones, centrándose en la eficacia para asegurar que todo el personal de la Armada de Chile tenga el mismo nivel de información. Es crucial **promover** acciones participativas, como encuestas, charlas y diálogos, con y entre todos los niveles de la organización, para analizar las percepciones, para así reducir la resistencia organizacional al cambio y fomentar una mayor aceptación de las transformaciones necesarias la para la implementación de la tecnología basada en la industria 4.0. También es importante mencionar que dados los resultados y la discusión presentada se pueden generar dos modelos uno para generar el cambio y otro para la siguiente fase de implementación.

3.3 Modelo conceptual de sostenimiento propuesto

Considerados y analizados todos los resultados, se propone el siguiente modelo conceptual para la gestión del sostenimiento naval (figura 1), y para la

implementación se propone un modelo el prototipo (figura 2)

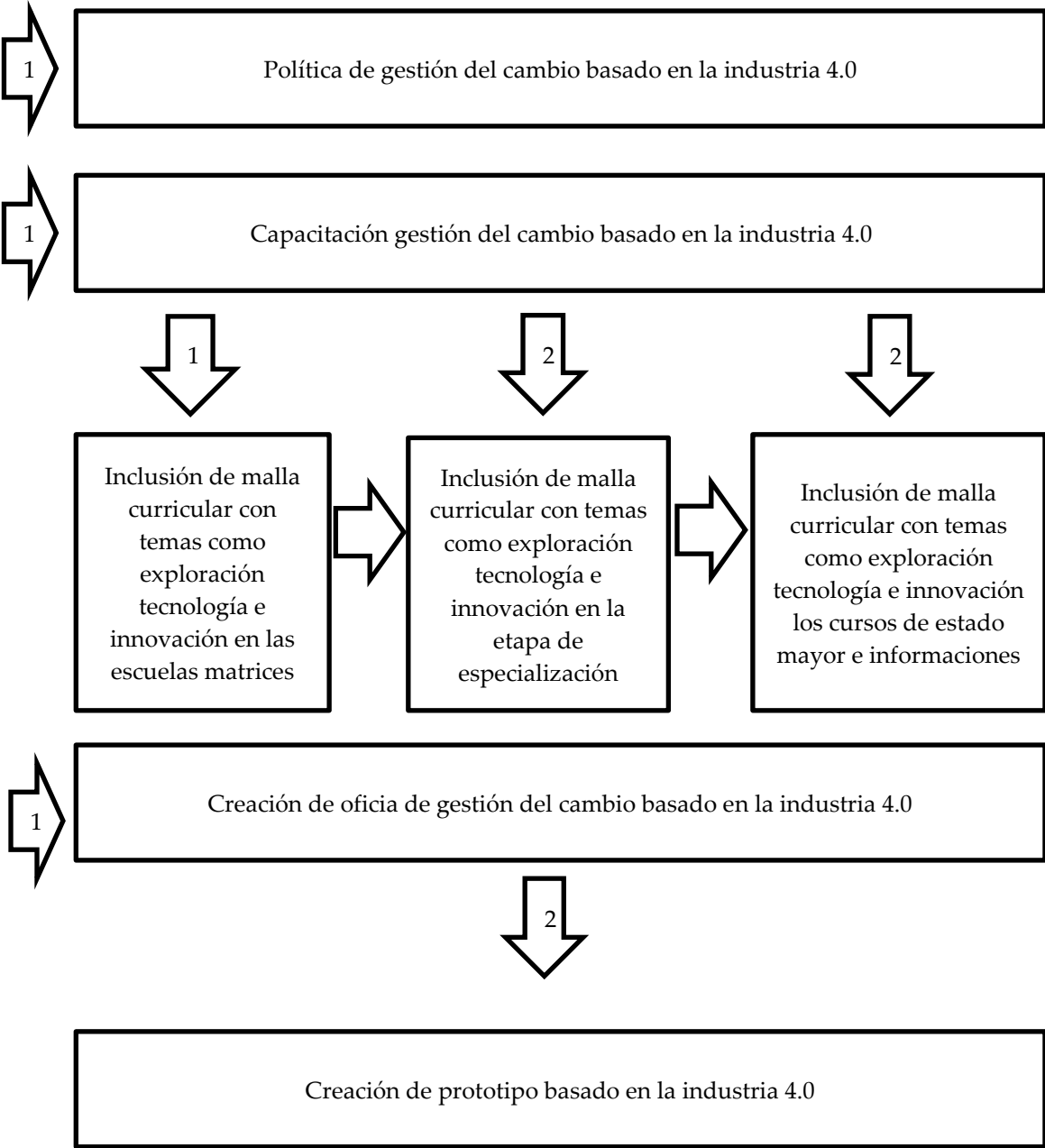


Figura 1: Modelo propuesto para la gestión del cambio (Fuente: Elaboración propia).

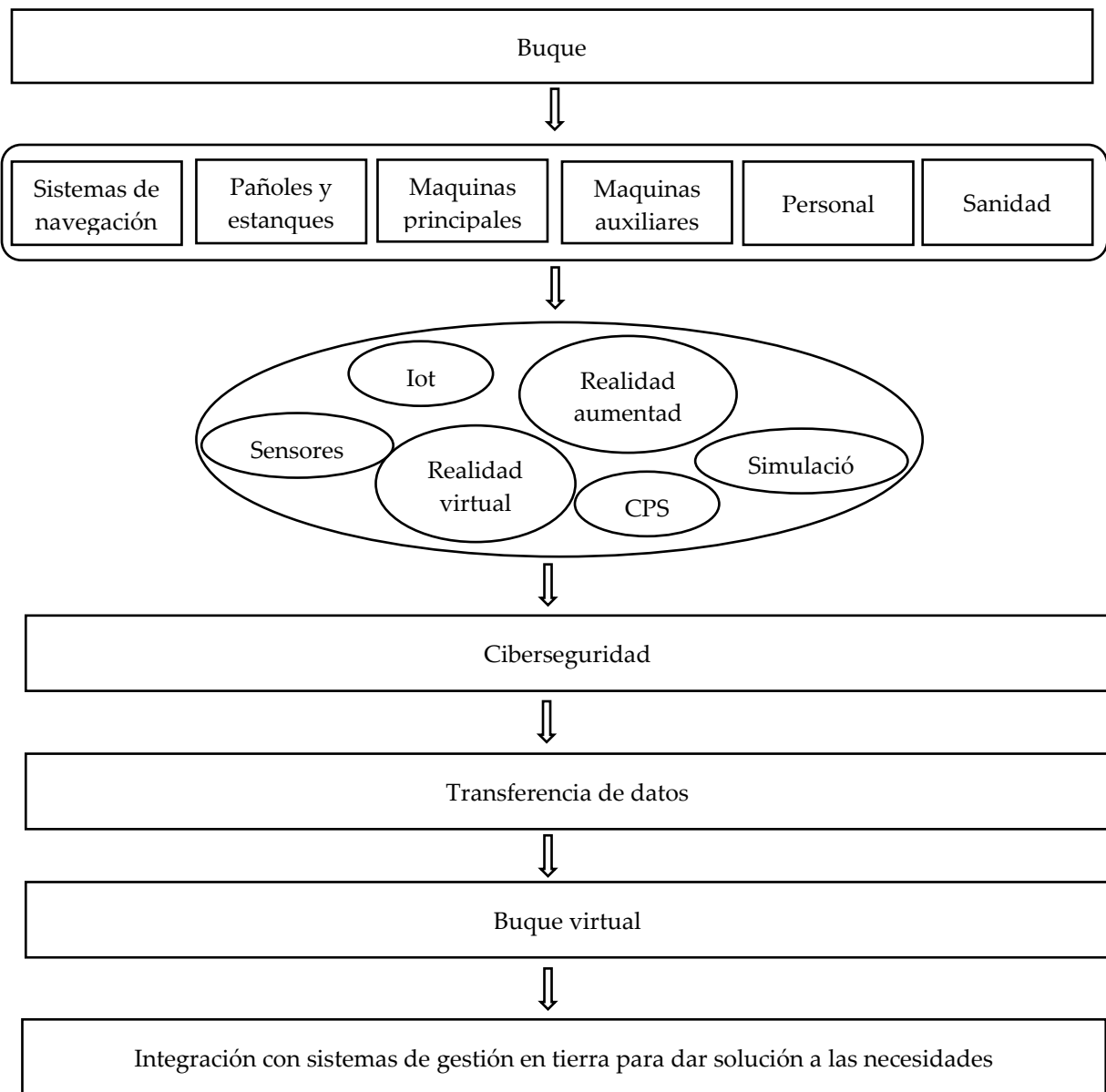


Figura 2: Modelo propuesto para el prototipo (Fuente: Elaboración propia).

4. Conclusiones

Este trabajo establece que las variables y parámetros claves que inciden en el ciclo logístico de cara a la generación de un sistema de sostenimiento eficiente con base en industria 4.0 son: el tiempo en que se realizan la obtención y distribución de las necesidades y el tiempo de operación de los buques, otro parámetro clave es que no se entiende que es el sostenimiento y la cuarta revolución industrial, para minimizar la

resistencia organizacional que puede producir la implementación de nuevas tecnologías para hacer más eficiente el sostenimiento de la armada. Para ello se propuso dos modelos conceptuales el primero para gestionar el cambio y el segundo como marco conceptual de sostenimiento de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en tecnología de la cuarta revolución industrial. En efecto los resultados muestran: que para el

desarrollo e implementación de un modelo que permita optimizar el sostenimiento en la Armada de Chile se debe iniciar este proceso por gestionar el cambio con fuerza la capacitación del personal en todos los niveles jerárquicos, incluyendo en los perfiles elementos que permitan conocer esta tecnología. Esto permitiría minimizar la resistencia cultural, además al realizarlo en los tres niveles educacionales existentes en la armada se lograría abarcar a los operadores, jefes de áreas y tomadores de decisiones. No es el caso de estudio, pero para su implementación se debe analizar cada uno de los Elementos funcionales logísticos para la determinación de mejor forma el tipo de tecnología a aplicar que se base en la cuarta revolución industrial, para lograr la virtualización de la plataforma en su conjunto.

En este contexto, este estudio busca mejorar la comprensión de los obstáculos y factores que promueven el establecimiento de un sistema logístico integrado que beneficie el servicio de sostenimiento en la Armada de Chile.

Los proyectos que son necesario de abordar en un futuro cercano, y que son consecuencia de esta propuesta son:

- Cambio de malla curricular en las diferentes etapas formativas de oficiales y gente de mar de la institución de acuerdo con sus niveles jerárquicos, con el objetivo de nivelar sus conocimientos y alinear sus habilidades con los objetivos planteados.
- Revisar los perfiles de los puestos existentes y proponer nuevos perfiles que se adapten a los entornos actuales. Además, se enfatiza en la importancia de fortalecer el plan de comunicaciones, centrándose en la eficacia para asegurar que todo el personal de la Armada de Chile tenga el mismo nivel de información.
- Promover acciones participativas, donde las opiniones de los empleados sean tomadas en cuenta, para reducir la resistencia organizacional al cambio.
- Fomentar una mayor aceptación de las transformaciones necesarias la para la

implementación de la tecnología basada en la industria 4.0.

- Finalmente analizar la implementación de un prototipo que permita validar la eficacia y eficiencia del uso de esta tecnología en el sostenimiento de las unidades navales.

Referencias

Directiva 3/2021 (2021). AJEMA

Analytics, I. (2020). *How the world's 250 Digital Twins compare? Same, same but different*. <https://iot-analytics.com/how-the-worlds-250-digital-twins-compare/>

Becerra, L. Y. (2020). *Tecnologías de la información y las comunicaciones en la era de la cuarta revolución industrial: tendencias tecnológicas y desafíos en la educación en ingeniería*. Entre Ciencia e Ingeniería.

Cabeza Gavira, R.M. (2018). *Industria 4.0 y sus aplicaciones a la optimización de procesos y eficiencia energética*. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.

COMISIÓN EUROPEA (2021). *Propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A52021PC0206>

Cruz, M.; Oliete, P.; Morales, C.; González, C.; Cendón, B. y Hernández, A. (2015): *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*, Ministerio de industria, energía y turismo – EOI, 1-190.

Defensa, M. d. (2011). *Doctrina Nacional Conjunta de las FF. AA*, Ministerio de Defensa de Chile.

Fontena, H (2005), *Logística civil y logística militar*, Academia de Guerra Naval.

García Martínez, D. (2022). *Gemelo Digital en: UEM STEAM Essentials*. <http://hdl.handle.net/11268/11954>

Cabanes, F. J. G., & Díaz-Díaz, N. (2023). *Capítulo I. ¿Qué es la Inteligencia Artificial? In Inteligencia artificial y sector público: retos, límites y medios*. Tirant Lo Blanch.

- González, G. A. A., Vásquez, M. G., Uribe, J. P. V., & Hernández, A. H. S. (2021). *Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial-Retos, oportunidades y tendencias futuras*. Revista Venezolana de Gerencia: RVG.
- Manual de Logística de la Armada, (1986), Armada de Chile.
- Markets, & Markets. (2022). *Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography – Global Forecast to 2027*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>
- Recamán, Á., & de Navantia, (2022) *Industria 4.0. una perspectiva desde la construcción naval militar*. D. D. C. T.
- Salgado Alba, Jesús. (1994) *Logística General y Naval Operativa*, Academia de Guerra Naval.
- SPRI (2015): *Industria 4.0 - ¿Utopía digital o business case?* – Basque Industry 4.0. [Video] Edita YouTube. (<https://www.youtube.com/watch?v=9dtxBsSeinw>) [Consulta: 31/10/22].
- Stamatopoulos, A. P. (2021). *Naval Sustainment System*. Newsletter, The navy supply corps.
- Schwarzkopf, H. Norman, (1994), *Autobiografía. El general americano que ganó la Guerra del Golfo*, Globus.
- Valles, M. S. (2014). *Cuadernos Metodológicos N°32: Entrevistas Cualitativas*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Vasconcelos, C. R. (2022). *Procurement 4.0: uma revisão de literatura sobre a integração digital em processos de compras e as estruturas tecnológicas e organizacionais. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto*.
- Washington, H. D. (2019). *FM 4-0 Field Manual Sustainment Operations*. United States Government Us Army.

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece que las variables y parámetros claves que inciden en el ciclo logístico de cara a la generación de un sistema de sostenimiento eficiente con base en industria 4.0 son: el tiempo en que se realizan la obtención y distribución de las necesidades y el tiempo de operación de los buques, otro parámetro clave es que no se entiende que es el sostenimiento y los elementos y sistemas que componen la cuarta revolución industrial, otro aspecto relevante de destacar es que para minimizar la resistencia organizacional que puede producir la implementación de nuevas tecnologías, para hacer más eficiente el sostenimiento de la Armada. Para ello se propuso dos modelos conceptuales el primero para gestionar el cambio, el cual permite contar las bases para generar masa crítica que en un futuro permita desarrollar estas iniciativas y el segundo como marco conceptual de sostenimiento de los Buques de la Armada para la optimización del ciclo logístico con base en tecnología de la cuarta revolución industrial. En efecto los resultados muestran: que para el desarrollo e implementación de un modelo que permita optimizar el sostenimiento en la Armada de Chile se debe iniciar este proceso por gestionar el cambio con fuerza, la capacitación del personal en todos los niveles jerárquicos, en escuelas matrices, academias de especialización y de post grado, incluyendo en los perfiles académicos, elementos que permitan conocer esta tecnología. Con esto se lograría minimizar la resistencia cultural, una fácil implementación al estar todos los niveles educacionales de la institución interiorizados de lo que significa la cuarta revolución industrial, además al realizarlo en los tres niveles educacionales existentes en la armada se lograría abarcar a los operadores, jefes de áreas y tomadores de decisiones. No es el caso de estudio, pero para su implementación se debe analizar cada uno de los Elementos funcionales logísticos para la determinación de mejor forma el tipo de tecnología a aplicar, que su base se desarrolle en los sistemas de esta innovación, para lograr la virtualización de la plataforma en su conjunto.

El estudio permitió conocer las bases teóricas de la industria 4.0, recorriendo los diferentes componentes de esta tecnología y sus diversas aplicaciones en su conjunto, al igual que al estudiar lo desarrollado por la armada española, con su proyecto de gemelo digital, donde encontramos que dentro del proceso de implementación uno de los aspectos relevantes, fue la generación de masa crítica en todos los niveles, al igual que los beneficios asociados a su implementación en cuanto a eficiencia y optimización del uso de los recursos en los buques de dicha institución, que permiten justificar su implementación.

Al Analizar la perspectiva de los integrantes de la Armada de Chile en Talcahuano, en base a las entrevistas semiestructuradas, logramos identificar similitudes en ciertas respuestas como, la carencia de conocimientos de la tecnología en cuestión, que los problemas se derivan por una falta de conectividad de los buques y no predecir o contar sistemas que permitan generar escenarios para las soluciones a las necesidades y finalmente una gran parte considera importante, generar políticas de cambio y capacitaciones en los diferentes niveles de la organización, que logren hacer sinergia para la implementación de un sistema logístico basado en la cuarta revolución industrial.

Finalmente la propuesta de un modelo conceptual, para el desarrollo de iniciativas con base en la tecnología de la industria 4.0, nos permite iniciar un proceso cuyo alcance no se limita solo a lo desarrollado en el presente estudio, sino que es la puerta de entrada para la implementación de otras mejoras en línea con hacer un estado más eficiente y probado con el uso de los recursos públicos.

Este estudio busca mejorar la comprensión de los obstáculos y factores que promueven el establecimiento de un sistema logístico integrado que beneficie el servicio de sostenimiento en la Armada de Chile y se adapte a escenarios donde escasean los recursos.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

- Cambio de malla curricular en las diferentes etapas formativas de oficiales y gente de mar de la institución de acuerdo con sus niveles jerárquicos, con el objetivo de nivelar sus conocimientos y alinear sus habilidades con los objetivos planteados.
- Revisar los perfiles de los puestos existentes y proponer nuevos perfiles que se adapten a los entornos actuales. Además, se enfatiza en la importancia de fortalecer el plan de comunicaciones, centrándose en la eficacia para asegurar que todo el personal de la Armada de Chile tenga el mismo nivel de información.
- Analizar se es aplicable a todos los buques de la Armada de Chile.
- Promover acciones participativas, donde las opiniones de los empleados sean tomadas en cuenta, para reducir la resistencia organizacional al cambio.
- Fomentar una mayor aceptación de las transformaciones necesarias la para la implementación de la tecnología basada en la industria 4.0.
- Analizar la implementación de un prototipo que permita validar la eficacia y eficiencia del uso de esta tecnología en el sostenimiento de las unidades navales.
- Para generalizar resultados, la muestra debe ser mayor.
- Analizar más exhaustivamente la utilización de otros instrumentos como encuestas, y/o métodos matemáticos-estadísticos.

- Para un posible desarrollo se requiere contar con una evaluación financiera que permita dar certeza de los costos/beneficios, que supone su implementación.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Directiva 3/2021 (2021). AJEMA

Analytics, I. (2020). *How the world's 250 Digital Twins compare? Same, same but different.* <https://iot-analytics.com/how-the-worlds-250-digital-twins-compare/>

Becerra, L. Y. (2020). *Tecnologías de la información y las comunicaciones en la era de la cuarta revolución industrial: tendencias tecnológicas y desafíos en la educación en ingeniería.* Entre Ciencia e Ingeniería.

Cabeza Gavira, R.M. (2018). *Industria 4.0 y sus aplicaciones a la optimización de procesos y eficiencia energética.* (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.

COMISIÓN EUROPEA (2021). *Propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión Europea.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A52021PC0206>

Cruz, M.; Oliete, P.; Morales, C.; González, C.; Cendón, B. y Hernández, A. (2015): *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0.* Ministerio de industria, energía y turismo – EOI, 1-190.

Defensa, M. d. (2011). *Doctrina Nacional Conjunta de las FF. AA,* Ministerio de Defensa de Chile.

Fontena, H (2005), *Logística civil y logística militar,* Academia de Guerra Naval.

García Martínez, D. (2022). *Gemelo Digital en: UEM STEAM Essentials.* <http://hdl.handle.net/11268/11954>

Cabanes, F. J. G., & Díaz-Díaz, N. (2023). *Capítulo I. ¿Qué es la Inteligencia Artificial?. In Inteligencia artificial y sector público: retos, límites y medios.* Tirant Lo Blanch.

- González, G. A. A., Vásquez, M. G., Uribe, J. P. V., & Hernández, A. H. S. (2021). *Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial-Retos, oportunidades y tendencias futuras*. Revista Venezolana de Gerencia: RVG, 26(93).
- Manual de Logística de la Armada, (1986), Armada de Chile.
- Markets, & Markets. (2022). *Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography – Global Forecast to 2027*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>
- Recamán, Á., & de Navantia, (2022) *Industria 4.0. una perspectiva desde la construcción naval militar*. D. D. C. T.
- Salgado Alba, Jesús. (1994) *Logística General y Naval Operativa*, Academia de Guerra Naval.
- SPRI (2015): *Industrie 4.0 - ¿Utopía digital o business case? – Basque Industry 4.0*. [Video] Edita YouTube. (<https://www.youtube.com/watch?v=9dtxBsSeinw>) [Consulta: 31/10/22].
- Stamatopoulos, A. P. (2021). *Naval Sustainment System*. Newsletter, The navy supply corps.
- Schwarzkopf, H. Norman, (1994), *Autobiografía. El general americano que ganó la Guerra del Golfo*, Globus.
- Valles, M. S. (2014). *Cuadernos Metodológicos N°32: Entrevistas Cualitativas*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Vasconcelos, C. R. (2022). *Procurement 4.0: uma revisão de literatura sobre a integração digital em processos de compras e as estruturas tecnológicas e organizacionais*. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Washington, H. D. (2019). *FM 4-0 Field Manual Sustainment Operations*. United States Government Us Army.

6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 10%



Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

10%



Overall Similarity

Date: dic. 12, 2023
Matches: 774 / 7731 words
Sources: 31

Remarks: Low similarity detected, consider making necessary changes if needed.

Verify Report:
Scan this QR Code

