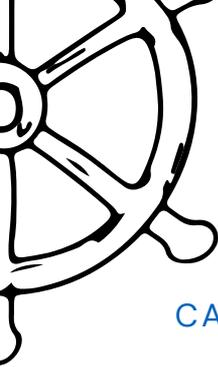


REVISTA

APN XXI

CIENCIA, ESFUERZO Y TRADICIÓN





**REVISTA APN XXI
VOLUMEN 9, NÚMERO 1, 2023**



**COMITÉ EDITORIAL
PRESIDENTE**

**CAPITÁN DE NAVÍO SR. FABIÁN GONZÁLEZ
GONZÁLEZ**

INTEGRANTES

**CAPITÁN DE NAVÍO
SR. FRANCISCO MACKAY IMBODEN**

**CAPITÁN DE NAVÍO
SR. JAIME VALENZUELA RODRÍGUEZ**

**CAPITÁN DE CORBETA
SR. ÁLVARO PARÍS ARANEDA**

COMITÉ EJECUTIVO

**CAPITÁN DE CORBETA AB
SR. HÉCTOR CIFUENTES ESPINOZA**

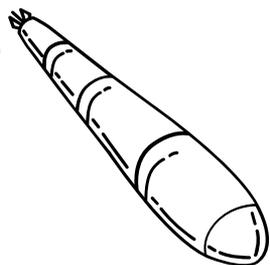
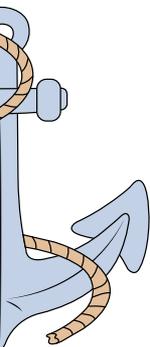
DIEGO LLEDÓ GARCÍA-HUIDOBRO

CARLOS VIDAL STUARDO

CYNTHIA CÁCERES ESCOBAR

DAVID VALENZUELA ZUÑIGA

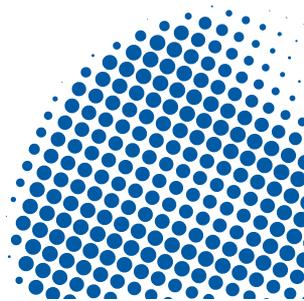
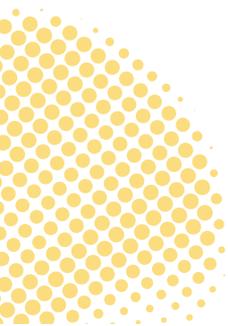
REVISTA APN XXI – EDICIÓN 2023



CONTENIDO



JUAN EGAÑA: PIONERO EN LA EDUCACIÓN MARÍTIMA Y SU APOORTE EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO.	4
"INNOVACIÓN MILITAR Y LA INFLUENCIA DE LA CULTURA ORGANIZATIVA: DESAFÍOS, NECESIDADES Y SOLUCIONES"	23
EL ORDENAMIENTO JURÍDICO DEL BORDE COSTERO: LAS CONCESIONES MARÍTIMAS.	36
CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE TIPOS DE PLATAFORMAS DE SUPERFICIE EN BASE A IMÁGENES ISAR.	50
EVALUACIÓN METALÚRGICA Y MECÁNICA DE ACEROS HY80 Y HLES80 UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASCOS DE LOS SUBMARINOS DE LA ARMADA DE CHILE (METALLURGICAL AND MECHANICAL EVALUATION OF HY80 AND HLES80 STEELS USED FOR BUILDING OF SUBMARINE HULLS OF THE CHILEAN NAVY).	75
"EMPLEO DEL HELICÓPTERO HH-50, PARA EL CUMPLIMIENTO DE OPERACIONES AÉREAS ANTÁRTICAS DE LA ARMADA DE CHILE"	93
DESARROLLO TECNOLÓGICO Y COMPETITIVIDAD EN CHILE	110



Juan Egaña: Pionero en la Educación Marítima y su aporte en la construcción del Estado.

CF Carlos Ramos Chandía

La Educación marítima es una herramienta que, si es usada correctamente, puede marcar las decisiones de la política futura de un Estado. La obra de Juan Egaña, primero como ministro y luego como docente, aparte de alzarse como uno de los primeros pensamientos marítimos posterior al inicio del movimiento independentista, marcó el nacimiento de ideas en torno a la posición que Chile debía ocupar en el Océano Pacífico, influyendo sobre personajes con quienes compartió en aula y que años más tarde, tomarían las riendas de Chile.

Palabras clave: Educación marítima, docencia.

ABSTRACT

Maritime education is a tool that, if used correctly, can mark the decisions of the future policy of a State. The work of Juan Egaña, first as minister and then as a teacher, apart from standing out as one of the first maritime thinkers after the beginning of the independence movement, marked the birth of ideas about the position that Chile should occupy in the Pacific Ocean, influencing people with whom he shared a classroom and who years later would take the reins of Chile. Key words: Maritime education, teaching.

1 Ingeniero Naval Electrónico con mención en Telecomunicaciones, Magister en Ciencias Navales y Marítimas y Magister en Historia de la UAI.



INTRODUCCIÓN

Una vez que se inició el periodo de la Independencia con la Primera Junta de Gobierno en 1810, el rumbo que adoptará la política marítima fue difuso hasta 1817, considerando que crear una República independiente mientras se libraba una guerra, implicaba una ardua tarea para el gobierno, que además no contaba con los recursos necesarios para enfrentar al Imperio Español.

El pensamiento marítimo no estuvo ausente dentro de las preocupaciones del poder político y muy por el contrario, estuvo presente con plena certeza, desde 1810. Si bien el pensamiento marítimo de O'Higgins fue el primero en ser conocido y difundido al marcar los objetivos de la política futura, existió otra visión previa, cuya función abarcó una labor que incidirá en la mente de figuras trascendentales respecto del posicionamiento estratégico de Chile en el Océano Pacífico: este personaje es nada menos que don Juan Egaña Risco, quien, a través del ejercicio de la docencia, marcó el pensamiento marítimo de intelectuales que años más tarde llevarían las riendas del Estado.

El presente artículo pretende mostrar cual fue el pensamiento marítimo de Juan Egaña, a través de fuentes primarias redactadas en los primeros años del nacimiento del movimiento independentista; además, se analizará la importancia de la labor docente que Egaña realizó, en las acciones de tres alumnos del Instituto Nacional, destacando la importancia de educar en torno al mar.



Juan Egaña Risco (1769-1836) nació en Lima; hijo de padres peruanos, estudió en el Colegio Seminario de Santo Toribio, graduándose a los 16 años como profesor de filosofía, teología y leyes, iniciando su labor docente a muy temprana edad. Llegó a Chile en 1790, trabajando como profesor particular (Juan Egaña Risco Reseñas biográficas parlamentarias, 2023).

En 1802 fue nombrado diputado y secretario del Real Tribunal de Minería de las Corona española, situación que una vez iniciado el proceso de Independencia, le significó continuar como miembro de ese tribunal, para luego desempeñarse como Senador, presentando importantes iniciativas como el primer Proyecto Constitucional de 1813, aprobado en 1823 (Juan Egaña Risco Reseñas biográficas parlamentarias, 2023) .

Fue a través de su “Plan de Gobierno” 1 presentado en 1810, donde se plasmó su pensamiento marítimo y naval, proponiendo medidas como fomentar la Marina e impulsar el comercio, a través del apoyo a las industrias y la agricultura, donde el Océano Pacífico se presentaba como el único medio para establecer relaciones comerciales. Al respecto, el Plan de Egaña, cuyo objetivo era reaccionar frente a las graves necesidades, y la parálisis en que se halla la monarquía, planteó primero que Chile difícilmente será acometido por tierra, situación por la que no aconsejó aumentar las fuerzas de terrestres, pero sí las marítimas (Egaña, 1911).

El Plan de Egaña también abarcó otro importante punto para el desarrollo de Chile, como fue el comercio marítimo, comprendiendo que por la geografía esta actividad sería vital para la naciente República, destacando que este rubro “se forma con la población, las necesidades, y sobre todo con una marina propia”. Además, señaló que los ingresos obtenidos de las ganancias del comercio tienen el “único y sagrado destino de fomentar la marina mercante” (Egaña, 1911) .



Probablemente, el pensamiento de Egaña constituye uno de los primeros escritos en lo que al mar se refiere en el periodo de Independencia, y presenta similitud con el que Mahan señalase casi un siglo después, respecto de que los beneficios del comercio deben potenciar la marina.

Eso sí, Egaña señala aumentar la marina mercante y no la fuerza naval, ya que como señala en una nota: “no he tocado la marina militar, porque juzgo que Chile en mucho no proporcionará fondos para ella, y porque ésta debe ser una defensa y costo general de toda la América” (Egaña, 1911) , casi prediciendo los percances que viviría el gobierno de O’Higgins previo a la formación de la Expedición Libertadora del Perú.

PLAN DE GOBIERNO, CONFECCIONADO Y PROPUESTO AL PRESIDENTE DE LA EXCMA. JUNTA DE GOBIERNO, POR DON JUAN EGAÑA.

Si bien es cierto, el Plan de Gobierno de Egaña abordó aspectos de forma bastante somera, cómo el comercio, la política exterior e interior, marcó la antesala de otros pensamientos marítimos posteriores, debido al cargo que ostentó como Ministro de O’Higgins, en el cargo de Secretario de Gobierno y Guerra, precisamente en un periodo donde la conformación y operación del poder naval, era una de los principales apremios del Director Supremo, en 1818. El mismo Egaña redactó junto a José Samaniego y Juan Mackenna, un Plan de Defensa, en el cual analizan de forma detallada, los puntos críticos donde la geografía ofrecía mayores ventajas para un ataque por vía marítima.

El Plan de Defensa constituyó una verdadera guía, donde fue posible visualizar bondades y debilidades de los puertos de San Carlos, Valdivia, Concepción, Valparaíso y Coquimbo. Se elaboró en el escenario de un posible ataque por parte de la Francia napoleónica, bajo el supuesto de una reorganización de su marina, la que podría intentar atacar las colonias españolas (Egaña & Mackenna, 1813a). Cabe destacar que este plan se redactó con el mismo objetivo de la Primera Junta Nacional de Gobierno, es decir, gobernar en nombre del Rey de España.



LABOR DOCENTE

uan Egaña fue uno de los pioneros respecto de las oportunidades que el Océano Pacífico ofrecía para el desarrollo de Chile. Maestro de filosofía, teología y leyes, se dedicó profundamente a la docencia, ejerciendo en el Instituto Nacional desde su creación en 1813, hasta su jubilación en 1826; en los inicios del Instituto, Egaña fue parte de la cátedra de “retórica y latinidad”.

Ningún conocimiento sirve, si no es traspasado a las futuras generaciones; es así, que un pensamiento marítimo como el de Egaña, gestado en una época donde los establecimientos educacionales eran escasos, se constituyó como una herramienta tremendamente poderosa, al incidir en las mentalidades de personajes trascendentales de la futura política nacional. Claramente, su mayor obra fue la influencia que sus enseñanzas tuvieron sobre personajes de la élite chilena, fundamentales en el proceso de formación del Estado.

La extensa labor docente ejercida por más de una década hace reflexionar respecto de la forma en que sus ideas deben haber influido en algunos de sus alumnos, que más tarde desde altos cargos, realizarán diversas obras con miras a posicionar a Chile estratégicamente en el Océano Pacífico, como fue el caso de Diego Portales, Manuel Bulnes y Manuel Montt. Si bien es cierto, no existe claridad respecto al nivel de cercanía entre docente y alumnos, el hecho de que Egaña se desempeñara como jefe de cátedra muestra que en el peor de los casos, debió incidir en la elaboración de planes de estudio y contenidos de las asignaturas.



Diego Portales y Palazuelos (1793–1837) fue uno de los primeros alumnos del Instituto, quien no figura dentro de los graduados, producto de que, tras el avance de las fuerzas de la corona luego la derrota de Rancagua, el establecimiento cerró sus puertas en 1814. Sin embargo, Portales continuó sus estudios de forma particular durante el periodo que el establecimiento permaneció cerrado (Reyno, s. f.). Portales fue uno de los principales pensadores y estadistas marítimos, cuyas visiones se ven con facilidad en sus cartas, en las que no sólo da cuenta de la necesidad de potenciar el poder naval, sino que también de crear una academia náutica para formar pilotos mercantes, normar impuestos para los buques en tránsito, pero por sobre todo, comprendió al igual que O’Higgins, el concepto de Dominio Marítimo, que como ministro dejó plasmado en su famosa carta a Blanco Encalada, donde le señala que Chile debe dominar el Pacífico.



Una prueba concreta de similitud del pensamiento entre Egaña y Portales es la siguiente: En su Plan de Gobierno Egaña señala que “este país difícilmente será acometido por tierra” (Egaña, 1911). Por su parte, Portales menciona en una de sus cartas: “Yo encuentro más necesario en nuestra posición un buque de guerra que un ejército; por grande y bueno que éste sea podremos ser insultados en nuestras costas y en nuestros puertos mismos por un corsario de 4 cañones”(Fariña, 2007).

Egaña entrega el inicio de la idea, pero Portales la desarrolla llevándola a la necesidad de una fuerza naval que sea capaz de disuadir un potencial ataque desde el mar, mostrando una visión prospectiva que por desgracia, no fue considerada en los años futuros, y que podría haber evitado la destrucción del Valparaíso en 1866.

Manuel Bulnes Prieto (1799-1866) fue presidente entre los años 1841 a 1851, además de ser quien lograse la victoria frente a las fuerzas de la Confederación Perú – boliviana en 1839 con la Batalla de Yungay, luego que de Portales iniciara las acciones. Al igual que Portales, también fue de los primeros alumnos del Instituto Nacional.

Manuel Montt Torres (1808-1880) fue Ministro de Bulnes, para luego sucederlo en el sillón presidencial desde 1851 a 1861, siendo alumno del Instituto Nacional en 1822, para luego desempeñar la docencia en ese plantel.

El pensamiento marítimo de bulnes y montt presidente y ministro respectivamente, quedó en evidencia principalmente por sus acciones sobre dos territorios: Chiloé y Magallanes ambos relacionados tras la planificación de la expedición que tomó posesión del Estrecho, con Goleta Ancud en 1843, Armada de la Isla de Chiloé. Esta situación no resulta extraña, ya que uno de los amigos íntimos de Montt, fue Domingo Espiñeira, quien organizó la expedición (García Huidobro 2015, que tomó posesión del Estrecho de Magallanes en 1843).

Domingo Espiñeira Riesco (1812-1880), fue Comisario Contador de Marina, para luego desempeñar el cargo de Intendente de Chiloé desde 1842.



Otras de las obras marítimas de Montt, fue la exploración de nuevos territorios a reconocidos exploradores y naturalistas, y al mismo tiempo, la difusión en la comunidad internacional de las bondades de la geografía de Chile, tareas para las cuales contó con Claudio Gay e Ignacio Domeyko; a este último le encargó explorar los departamentos del norte (García Huidobro, 2015).

De forma similar a lo señalado en el párrafo precedente, Montt buscó aprovechar al máximo las bondades de la geografía, por ejemplo, buscando lugares no habitados. Es así que en 1846, ordenó reconocer y levantar las cartas y planos de Isla Mocha, ubicada entre Valdivia y Talcahuano a aproximadamente 30 kilómetros de la costa, para, de acuerdo a sus palabras, “plantear un establecimiento”(García Huidobro, 2015). Este trabajo se realizó con la goleta de guerra “Colo Colo”.

REFLEXIONES FINALES

Si el pensamiento de O’Higgins fue el que marcó el rumbo para la política, el de Juan Egaña fue el que primero penetró en las élites chilenas. Su extensa labor como docente en el Instituto Nacional, cuna de quienes tomaron las riendas de Chile en los años futuros, debió calar hondo en el intelecto de sus alumnos, de los cuales Bulnes, Montt y Portales son algunos ejemplos.

La obra de Egaña no solo se limitó a sus abundantes y variados escritos, como sus planes de defensa, gobierno y su aporte a la redacción de la Constitución. El hecho de que Egaña hiciera escuela respecto de sus visiones, hace que el efecto de su pensamiento fuese aún mayor.

La educación marítima constituye la primera noción que miles de niños tienen con el mar, especialmente en zonas alejadas del borde costero. La temprana comprensión de las bondades que el mar posee, puede ser una semilla tan potente que una vez cultivada, otorgue al Estado todas las ganancias de su cosecha. Si esta educación parte desde el nivel preescolar, la creación de la conciencia marítima será mucho más simple, ya que brotará de forma instantánea.

Si la educación puede cambiar el rumbo de un Estado, esta herramienta aplicada al vector marítimo puede convertir a ese mismo Estado en potencia marítima, rememorando la célebre frase de Cicerón: “Todo lo posee quien domina el mar”.



BIOGRAFÍA



Egaña, J. (1911). Plan de Gobierno. Imprenta Cervantes.

Egaña, J., & Mackenna, J. (1813a). Plan de Defensa.

Egaña, J., & Mackenna, J. (1813b). Plan de Defensa.

Fariña, C. (2007). Epistolario Diego Portales, Tomo I (1821-1832).
Universidad Diego Portales.

García Huidobro, C. (2015). Epistolario de Manuel Montt (1824-1880),
Tomo I. Dirección de Archivos, bibliotecas y museos.

Juan Egaña. (1812). Reglamento Constitucional Provisional. Bcn.

Juan Egaña. (1823). Constitución Política del Estado de Chile. Imprenta Nacional.

Juan Egaña Risco Reseñas biográficas parlamentarias. (2023, febrero 5).

Biblioteca del Congreso Nacional.

https://www.bcn.cl/historiapolitica/resenas_parlamentarias/wiki/Juan_Ega%C3%B1a_Risco

Reyno, M. (s. f.). Diego Portales. Próceres de Chile (4. a ed.). Gran Enciclopedia La Nación.



"Innovación Militar y la Influencia de la Cultura Organizativa: Desafíos, Necesidades y Soluciones"

Macarena Churruca Muñoz

mchurrucam@apolinav.cl

PAC Academia Politécnica Naval.

La cultura organizativa desempeña un papel esencial en la capacidad de innovación de las organizaciones militares. La resistencia a la innovación se relaciona a menudo con la preservación de tradiciones arraigadas, y superar esta resistencia implica la necesidad de impulsar la innovación de manera constante. Además, se ha observado que la cultura influye en la dirección de la innovación militar de tres maneras: a través de la remodelación por líderes de alto rango, la influencia de factores externos y la emulación entre organizaciones militares. Para superar los obstáculos a la innovación, es esencial promover una cultura de colaboración, descentralizar recursos de innovación y adoptar un enfoque inductivo en la generación de ideas y soluciones. La formación de líderes también debe evolucionar para fomentar la mentalidad de cambio y la apertura a nuevas ideas. La innovación, basada en la observación y la experimentación, se convierte en una herramienta clave para mantener la agilidad y la capacidad de respuesta en un entorno militar en constante evolución.

Palabras clave: Innovación Militar, Cultura Organizativa y Liderazgo Militar



SUMMARY

Organizational culture plays an essential role in the innovation capabilities of military organizations. Resistance to innovation is often linked to the preservation of deep-rooted traditions, and overcoming this resistance requires the constant drive for innovation. Additionally, culture has been observed to influence military innovation in three ways: through remodeling by high-ranking leaders, the influence of external factors, and emulation among military organizations. To overcome obstacles to innovation, it is crucial to promote a culture of collaboration, decentralize innovation resources, and adopt an inductive approach in generating ideas and solutions. Leader training must also evolve to foster a change-oriented mindset and openness to new ideas. Inductive innovation, based on observation and experimentation, becomes a key tool for maintaining agility and responsiveness in a constantly evolving military environment.

Keywords: Military Innovation, Organizational Culture y Military Leadership.

Magíster en ciencias biológicas mención neurociencias.



INTRODUCCIÓN

La innovación militar desempeña un papel fundamental en el éxito de cualquier fuerza armada moderna. En un entorno caracterizado por la constante evolución tecnológica y las cambiantes amenazas globales, la capacidad de adaptación y transformación se vuelve esencial para mantener la eficacia y la ventaja estratégica. Sin embargo, la resistencia a la innovación en el ámbito militar es un desafío complejo que va más allá de la mera adopción de nuevas tecnologías. La cultura organizativa, la necesidad de adaptación constante y la superación de obstáculos arraigados en las tradiciones militares son elementos críticos que influyen en el proceso de innovación.

Este artículo explora la relación entre la cultura organizativa, la necesidad de innovación y los obstáculos que enfrentan las fuerzas armadas en su búsqueda de cambios significativos. A través de un análisis en profundidad, se destaca la importancia de entender cómo la cultura organizativa puede actuar como un determinante clave en la capacidad de innovación de una institución militar. Asimismo, se discuten las implicaciones de la resistencia a la innovación y se presentan recomendaciones para promover un entorno propicio para el cambio.

En un mundo en constante evolución, la Armada de Chile, al igual que otras instituciones militares, se enfrenta al desafío de mantener su relevancia y eficacia. La capacidad de adaptarse y abrazar la innovación organizativa se convierte en un factor crítico para garantizar su éxito continuo en la defensa de su nación y sus intereses en un entorno en constante cambio.

La cultura organizativa como determinante de la innovación

La resistencia a la innovación en el ámbito militar es una preocupación fundamental que a menudo se origina en la preservación arraigada de tradiciones y estilos de vida que conforman la identidad de los militares. Existe un temor palpable de que la innovación no solo pueda transformar la forma en que se llevan a cabo las operaciones militares, sino también alterar la estructura de la sociedad militar y las relaciones entre los miembros de las fuerzas armadas (Morrison, 1950). En esta perspectiva, la innovación es más aceptada cuando se ajusta a la idea preexistente del "buen soldado" y se evalúa por su impacto en la organización militar (Hill, 2015).



Este conflicto entre la innovación y la preservación de la identidad militar se agrava debido a la influencia determinante de la cultura organizativa. La cultura en una organización se define como un conjunto de supuestos compartidos que ejerce una influencia significativa en la percepción y el pensamiento de sus miembros (Schein, 2010). En el contexto militar, esta cultura se arraiga en principios compartidos, influyendo profundamente en la identidad individual de los miembros de las fuerzas armadas. Los conceptos operativos y estratégicos están intrincadamente relacionados con cuestiones de estatus social y la identidad individual, lo que pone de manifiesto la importancia de explorar en detalle cómo la cultura organizativa incide en la innovación.

Los estudios más destacados sobre el tema plantean que las organizaciones militares, por su propia naturaleza, tienden a ser inflexibles, propensas al estancamiento y reacias al cambio. Se les considera grandes burocracias y, según Rosen (1988), "casi todo lo que sabemos en teoría acerca de las grandes burocracias sugiere no solo que son difíciles de cambiar, sino que están diseñadas para resistir el cambio". Esto implica que las organizaciones militares requieren estímulos externos para motivar la innovación. Como sostiene Posen (1984), incluso las organizaciones militares más exitosas necesitan un fuerte impulso por parte de una autoridad externa si desean emprender cambios significativos. Como resultado, los principales modelos de innovación militar operan principalmente de manera jerárquica, desde niveles superiores hacia abajo.

En este contexto, el modelo de investigación denominado "modelo cultural" argumenta que un conjunto de creencias implícitas ejerce una influencia fundamental, aunque en gran medida invisible, sobre la dirección de la innovación militar. Los líderes de alto rango desempeñan un papel crucial en la configuración de esta cultura. En situaciones en las que la cultura no es propicia para la innovación que los oficiales de alto rango consideran necesaria, estos líderes pueden y deben influir en la cultura para asegurar que la mayoría del servicio se alinee con la innovación requerida. Los principales modelos de investigación en este tema sugieren que los oficiales superiores y civiles son los agentes de innovación. Reconocen la necesidad de cambio, diseñan nuevas estrategias de guerra, sitúan a sus organizaciones en condiciones de aprovechar oportunidades de innovación y, en ocasiones, influyen en la organización para que abrace la innovación.



Basándonos en estudios de casos realizados en contextos europeos, americanos y asiáticos orientales, se ha sostenido que la cultura establece el contexto esencial para la innovación militar. Los hallazgos de la investigación de Farrell (1998) sugieren que la cultura puede afectar la innovación militar de tres maneras distintas.

En primer lugar, los líderes de alto rango de los servicios militares pueden emprender la reconfiguración de la cultura para encaminar a la organización hacia la innovación. Farrell (1998) se refiere a este proceso como un cambio planificado.

En segundo lugar, los factores externos pueden tener un impacto significativo en la remodelación de la cultura organizativa, proporcionando así un terreno fértil para la innovación.

En tercer lugar, la cultura militar profesional, que trasciende fronteras nacionales, puede llevar a las organizaciones militares a emularse mutuamente. Una vez que se ha establecido una cultura, esta puede cegar al servicio ante algunas oportunidades de innovación mientras otorga prominencia a otras. Por lo tanto, la cultura se erige como una influencia determinante en la dirección y contenido de la innovación militar.

La necesidad de innovación organizativa en la Armada de Chile

Bernhardi (1913), distinguido filósofo militar, subraya la singularidad de cada conflicto y guerra, destacando la importancia de comprender a fondo las múltiples implicaciones que rodean estas situaciones. A pesar de la pertinencia de aprender de la historia militar, sus éxitos y errores, el filósofo advierte que el próximo conflicto no será una mera repetición del anterior, ya que la naturaleza de la guerra se encuentra en constante evolución. Según su perspectiva, la superioridad militar se deriva de una amalgama de factores que abarcan desde estrategias y tácticas hasta la calidad del liderazgo y los avances tecnológicos. Además, hace hincapié en la necesidad de que las fuerzas militares se adapten a estos cambios en lugar de anclarse en el pasado (Bernhardi, 1913).



En sintonía con estas ideas, la Armada de Chile, al igual que cualquier institución militar, enfrenta un perenne desafío: adecuarse al entorno tecnológico en continua evolución (Stephanidis et al., 2019). La innovación se convierte en una herramienta fundamental para garantizar su adaptación y eficacia sin renunciar a sus arraigadas tradiciones y valores fundamentales. Cabe destacar que la innovación no implica necesariamente el abandono de las tradiciones, sino más bien la búsqueda de formas para mejorar el desempeño y cumplir con su misión en un entorno dinámico. No obstante, existen tres obstáculos fundamentales que dificultan este proceso (Aquilani et al., 2020).

Von Bernhardi (1913) identifica algunas constantes en la naturaleza de la guerra, como el propósito de imponer la voluntad al enemigo y las estrategias, tanto ofensivas como defensivas, para lograrlo. Resalta el papel constante del factor humano en la guerra y cómo la manipulación de individuos o grupos puede influir en su desarrollo. Sin embargo, la guerra es un campo en constante cambio, y basar las reglas de guerra en batallas pasadas, en lugar de lecciones generales, conlleva riesgos. Además, señala que la historia está moldeada por la perspectiva sesgada de los vencedores y los historiadores de la época, lo que dificulta la creación de normas rígidas. Por tanto, en los períodos intermedios, los militares deben basar sus decisiones en conjeturas fundamentadas acerca de lo que podría funcionar en futuros conflictos (Bernhardi, 1913).



Las alternativas disponibles para que las fuerzas militares evolucionen y se preparen para futuros conflictos son limitadas y pueden resumirse en dos enfoques: innovación organizativa e innovación tecnológica. La innovación tecnológica, aunque fácil de comprender en concepto, resulta complicada de definir. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ha establecido un manual conocido como el "Manual de Oslo" con el propósito de definir la innovación en el contexto de la recopilación de datos y la investigación adicional. La innovación tecnológica se divide en dos aspectos: innovación en productos tecnológicos e innovación en procesos tecnológicos (TPP). Según el Manual de Oslo (1997), la innovación en productos tecnológicos se caracteriza por diferir significativamente en características técnicas o usos previstos en comparación con productos previamente fabricados. Estas innovaciones pueden involucrar la adopción de tecnologías completamente nuevas, la combinación de tecnologías existentes en nuevos contextos o derivarse de la aplicación de nuevo conocimiento. E incluye en su tercera edición a un nuevo tipo de innovación: organizacionales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2005).

La innovación organizativa, por otro lado, redefine los procesos y procedimientos militares. Joyce Wycoff (2001) presenta una definición de innovación organizativa que se caracteriza por ser un cambio deliberado. Esta innovación se compone de tres elementos clave: compartir una dirección o visión común, identificar y tomar decisiones relacionadas con oportunidades vinculadas a esa visión, y avanzar de manera deliberada y eficaz hacia el logro de los objetivos establecidos (Wycoff, 2001).

En este artículo, definimos la innovación organizativa como un cambio en el que una rama principal de un servicio militar adopta nuevas ideas sobre cómo se relacionan los componentes de la organización entre sí y con el enemigo, abandonando o reduciendo misiones tradicionales. La innovación organizativa implica el reconocimiento y la toma de decisiones con respecto a nuevas tareas críticas. Un ejemplo de innovaciones organizativas incluyen los Comandos Boer durante la Guerra Boer (Pretorious, 2000). En esta innovación se observa la característica de introducir nuevas capacidades de combate mediante la reorganización de cómo las fuerzas se relacionan entre sí y cómo se emplea la tecnología. La innovación organizativa no necesariamente implica la introducción de nueva tecnología, sino que se centra en aprovechar al máximo lo que ya está disponible.



Según Rosen (1988) argumenta que las fuerzas militares pueden modernizarse a través de la innovación organizativa. Esto implica cambios significativos en la forma en que una rama principal de combate de un servicio opera, sus relaciones con otras ramas de combate y la reducción de misiones tradicionales. Estas innovaciones conducen a nuevas estrategias de guerra, nuevas ideas sobre la organización de la fuerza y procedimientos operativos acordes con esas ideas. También involucran modificaciones en tareas críticas que son fundamentales para la planificación de operaciones militares (Rosen, 1988).

En resumen, la innovación organizativa se presenta como una pieza fundamental para que la Armada de Chile evolucione y se prepare para los desafíos del futuro. Dado el constante cambio en la naturaleza de la guerra y la evolución tecnológica, la adaptación a través de la innovación se convierte en una necesidad imperante.

Superando los Obstáculos a la Innovación

Uno de los desafíos fundamentales es la necesidad de innovar en tiempos de paz. La innovación debe ser un enfoque constante, no solo en situaciones de conflicto, para anticipar desafíos y encontrar soluciones antes de que se conviertan en amenazas reales (Chin, 2019).

La centralización en la toma de decisiones puede limitar la diversidad de ideas y enfoques. Para fomentar la innovación, se debe promover una cultura de colaboración en todos los niveles jerárquicos (Le et al., 2020). La descentralización de recursos de innovación permitirá el surgimiento de ideas frescas y la experimentación con soluciones novedosas.

Además, es crucial abrazar el enfoque de innovación desde la inducción. Es decir, fomentar la generación de nuevas ideas y soluciones a partir de la observación y la experimentación, lo que permite adaptarse a un entorno en constante evolución. En lugar de depender únicamente de enfoques deductivos basados en suposiciones, la innovación desde la inducción se basa en la evidencia empírica y la experimentación para guiar el desarrollo de nuevas ideas y soluciones. En contextos militares, este enfoque se convierte en una herramienta poderosa para mantener la agilidad y la capacidad de respuesta.



El sistema de formación de líderes debe evolucionar para fomentar la mentalidad de cambio y la apertura a nuevas ideas (Cortellazzo et al., 2019). La educación y el entrenamiento deben incluir la capacidad de pensamiento crítico y flexible, promoviendo un ambiente donde las ideas innovadoras sean bienvenidas y valoradas.

CONCLUSIÓN

La resistencia a la innovación en el ámbito militar es un desafío complejo que trasciende la mera adopción de tecnologías. Para mantener una ventaja competitiva en un mundo en constante evolución, las fuerzas armadas deben abrazar la innovación como un pilar fundamental sin renunciar a sus valores y tradiciones fundamentales. La cultura organizativa es un factor crucial, y su influencia en la percepción y el pensamiento de una organización es innegable. A través de la implementación de enfoques de innovación organizativa e innovación tecnológica, la centralización en la toma de decisiones y la formación de líderes con mentalidades abiertas, se pueden superar los obstáculos a la innovación. Las recomendaciones finales subrayan la necesidad de un ambiente que fomente la innovación inductiva, la capacidad de cuestionar suposiciones y la recompensa para aquellos que contribuyen a la innovación en el ámbito militar. En última instancia, la innovación militar es esencial para la supervivencia y el éxito en un mundo caracterizado por un cambio constante.

REFERENCIA

- Bernhardi, F. V. (1913). *Germany and the Next War*. Hugh Rees.
- Cortellazzo, L., Bruni, E., & Zampieri, R. (2019). The role of leadership in a digitalized world: A review. *Frontiers in psychology*, 10, 1938.
- Chin, W. (2019). Technology, war and the state: past, present and future. *International Affairs*, 95(4), 765-783.
- Farrell, Theo G. 'Culture and Military Power', *Review of International Studies* 24/3 (Fall 1998), 407-16.
- Hill, A. (2015). Military innovation and military culture. *The US Army War College Quarterly: Parameters*, 45(1), 9.
- Le, P. B., Lei, H., Le, T. T., Gong, J., & Ha, A. T. (2020). Developing a collaborative culture for radical and incremental innovation: the mediating roles of tacit and explicit knowledge sharing. *Chinese Management Studies*, 14(4), 957-975.
- Manual de Oslo Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1997 y 2005.
- Aquilani, B., Piccarozzi, M., Abbate, T., & Codini, A. (2020). The role of open innovation and value co-creation in the challenging transition from industry 4.0 to society 5.0: Toward a theoretical framework. *Sustainability*, 12(21), 8943.
- Organization for Economic Cooperation and Development, *Oslo Manual Eurostat: European Commission*, 1996
- Posen, Barry R. *The Sources of Military Doctrine*. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1984.
- Pretorius, F. (2000). The Second Anglo-Boer War: An Overview. *Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies*, 30(2), 111-125
- Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (Vol. 2). John Wiley & Sons.
- Stephanidis, C., Salvendy, G., Antona, M., Chen, J. Y., Dong, J., Duffy, V. G., ... & Zhou, J. (2019). Seven HCI grand challenges. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(14), 1229-1269.
- Rosen, S. P. (1988). New ways of war: Understanding military innovation. *International Security*, 13(2), 107-131.
- Wycoff, Joyce. "Defining Innovation." *ON Business*. 1 January 2001.





EL ORDENAMIENTO JURÍDICO DEL BORDE COSTERO: LAS CONCESIONES MARÍTIMAS

PC Sr. Antonio Baros Mansilla

Barosmansilla@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo tiene por objeto analizar y determinar, desde la perspectiva de la autoridad marítima, el ordenamiento jurídico y las regulaciones de las concesiones marítimas.

Palabras clave: Autoridad marítima, línea de la playa, concesión marítima, borde costero.

ABSTRAC

This article analyzes and determines, from a maritime authority perspective, legal order and regulations of the maritime concession.

Key Words: Maritime authority, shoreline, maritime concession, coastal zone.

INTRODUCCIÓN

La autoridad marítima nacional representada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y su personal dependiente, debe cumplir múltiples funciones en la jurisdicción marítima, de acuerdo a lo que se desprende de su misión contenida en la ley orgánica aprobada mediante el DFL N° 292 de 1953.

En relación a dichas funciones, quizás una de las más desconocidas para el usuario marítimo y la comunidad en general, corresponde al tema de la tramitación de las concesiones marítimas en el borde costero, sea éste marítimo, fluvial o lacustre, en lo que corresponda.



La autoridad marítima nacional representada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y su personal dependiente, debe cumplir múltiples funciones en la jurisdicción marítima, de acuerdo a lo que se desprende de su misión contenida en la ley orgánica aprobada mediante el DFL N° 292 de 1953.

En relación a dichas funciones, quizás una de las más desconocidas para el usuario marítimo y la comunidad en general, corresponde al tema de la tramitación de las concesiones marítimas en el borde costero, sea éste marítimo, fluvial o lacustre, en lo que corresponda.

Ello queda demostrado cada cierto tiempo al revisar en los medios de prensa de circulación nacional y regional, la existencia de diversas informaciones y comentarios que dan cuenta de los requisitos que implica este tipo de solicitudes las cuales guardan relación con los usos y actividades que se verifican en el citado espacio físico. En un número importantes de casos, la opinión pública erróneamente por desconocimiento, tiende a asignar a la autoridad marítima responsabilidades y/o capacidades de resolución

Capitán de Navío LT (R). Ingeniero (E) en Administración Marítima (APOLINAV); Diplomado en Gestión Ambiental (Universidad de Tarapacá); Diplomado en Administración de Recursos Humanos (Universidad Católica del Norte); Magister en Desarrollo Regional y Medio Ambiente (Universidad de Valparaíso).

que van más allá de lo dispuesto en los distintos cuerpos normativos existentes sobre la materia.

De allí nace la necesidad por parte de quienes desean obtener algún acto administrativo basado en estos procesos, de conocer cabalmente los alcances de los requisitos, formalidades y obligaciones que impone su concreción. Y en el mismo sentido, sin lugar a dudas, para quienes forman parte de las dotaciones de las distintas gobernaciones marítimas, capitanías de puerto y unidades a flote diseminadas por todo el litoral nacional, el conocimiento de cómo se ejecuta este procedimiento normado, constituye una obligación permanente, por cuanto conforme lo dispone el reglamento respectivo, son ellos los encargados de aclarar las dudas de los interesados, para posteriormente, una vez formalizados los expedientes, emitan los respectivos informes de conglomerado técnico, sobre el cual el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas cimenta su resolución final.



Por tanto a través del presente trabajo escrito, se busca entregar las principales recomendaciones y conceptos que debe observar el personal especialista litoral dependiente, cuando se vea enfrentado a situaciones que involucran el uso del borde costero, ya sea con ocasión de un patrullaje de rutina, se deba tomar conocimiento de alguna denuncia, o corresponda atender los requerimientos que se presentan durante la atención de público presencial en el cargo de concesiones marítimas, todo ello de manera de resolver de acuerdo a las responsabilidades establecidas en la normativa vigente de su competencia.

Conforme a esa premisa, el personal dependiente debe considerar la posibilidad de ocurrencia de los siguientes escenarios, los cuales tiene que ponderar antes de actuar y/o responder (DIRECTEMAR, 2006):

¿La materia o actividad está considerada en alguna norma que corresponda controlar, fiscalizar y/o supervisar a la autoridad marítima?

¿Las personas, materiales o artefactos se encuentran bajo el control y fiscalización de la autoridad marítima?

¿El lugar involucrado es de jurisdicción de la autoridad marítima?

Del resultado de dicho análisis, es probable que se den simultáneamente los tres supuestos planteados, como también sólo uno de ellos. Sin lugar a dudas que de las opciones mencionadas la más relevante la constituye el conocimiento que deben tener las dotaciones respecto de los deslindes que conforman cada jurisdicción marítima desde el punto de vista del territorio y la calidad de los bienes allí considerados. Un paso importante para comprender la relevancia de esta norma, lo constituye el conocer cuál fue su origen y cómo se ha aplicado a lo largo de los años hasta llegar al tiempo presente.

ALGO DE HISTORIA



Mientras Chile fue una de las colonias de la corona española, quedó sometida a las Ordenanzas Generales de la Armada fijadas en 1793, las cuales establecían que los sectores costeros “debían quedar francos o libres para el uso de la artillería de las murallas, castillos y otras fortificaciones, a cargo de los capitanes de puerto”. Dichas ordenanzas siguieron vigentes en Chile hasta años posteriores a la independencia nacional y certificaron la condición estratégica del borde costero (Calderón et al, 2001).

En 1819 el Director Supremo, dictó el primer decreto de uso del borde costero que regulaba “el libre uso del mar por los pescadores” de Valparaíso. Dicho texto definía el concepto de “ribera”, como el “distrito de 80 varas de playa desde la más alta marea”, instancia que sería el origen del establecimiento de los posteriores 80 metros de terrenos fiscales colindantes con los sectores de playa. Asimismo, el citado texto estableció la existencia de un “juez de playa”, para el resguardo imparcial e íntegro de este espacio, tarea que recayó sobre el Capitán de Puerto, cargo que había sido creado por la Junta de Gobierno en 1813 (Rivera, 2014).

Posteriormente, por ley de agosto de 1848, se fijó la organización política y administrativa del territorio marítimo (costa y mar jurisdiccional) en un solo departamento, bajo dependencia del Ministerio de Marina, lo que marcaría el nacimiento de la autoridad marítima nacional. El señalado cuerpo legal estableció que la subdivisión del territorio se hiciera como fuese más conveniente para la “matrícula de la gente de mar, la mejor defensa de las costas, a la buena policía de los mares de la República y a la protección de los intereses fiscales”, estableciéndose 11 gobernaciones marítimas y las respectivas subdelegaciones marítimas (Rivera et al, 1998).

En la década de los años 50, se promulgó el Código Civil el cual vino a establecer diversas disposiciones relativas al mar, a las costas y al régimen jurídico de las mismas, conceptos que aún tienen vigencia en la normativa sobre la materia.

En 1887 por ley N° 238 se reorganizó el referido ministerio, creándose una oficina a cargo de la administración marítima, precursora de la primera Dirección del Territorio Marítimo, estableciéndose en la Ordenanza General de la Armada que correspondía a la autoridad marítima todo lo concerniente “a la policía, seguridad y limpieza de los puertos”. Acto seguido, por DS N° 2.160 de 1892, se asignó idéntica función a la Subsecretaría de Marina en su respectivo nivel político-administrativo, situación que se



ha mantenido concordante y vigente en el tiempo, con las adecuaciones pertinentes conforme a la realidad de cada época. En el mismo sentido, seis años después por ley N° 1.060 de 1898, se readección los servicios de la Armada, creándose la Dirección del Territorio Marítimo, lo cual implicó una mayor participación institucional y ministerial en los asuntos marítimos (Navarrete, 1998).

Por DS N° 1.377 de 1919, se dispuso que a la Dirección del Territorio Marítimo, correspondía "la tramitación y archivo de los expedientes de las chatas, boyas, muelles y demás permisos que se relacionarán con las playas del litoral". Lo anterior resultó concordante con el DFL N° 7.192 de 1927 que modificó la ley ministerial de 1887, disponiéndose que al Ministerio de Marina correspondía "la concesión de varaderos y playas, así como el permiso para construir obras e instalaciones de ese orden" (Navarrete, 1998).

En 1931 mediante el DFL N° 210 se estableció que al Ministerio de Marina correspondía "el control de las playas y terrenos de playa para su arrendamiento", reglamentando sus disposiciones mediante el DS N° 1.500 del mismo año, vigente hasta 1950. A su vez en 1935, mediante el DS N° 1.686 que aprobó el nuevo reglamento orgánico de la autoridad marítima, se detalló dentro de las funciones de la Sección Capitanías de Puerto, "la atención de las concesiones marítimas" (Rivera et al, 1998).

En 1941 mediante el DS N° 1.340, se promulgó el Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República, en el cual se entregaron amplias atribuciones a la autoridad marítima en materias de la aplicación del DFL N° 231 de 1931.

En 1950, mediante el DS N° 1.293 se actualizó el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, fijando una amplia pormenorización de sus materias, con lo cual la Dirección del Territorio Marítimo asumió una posición orgánica funcional más especializada sobre el particular. Tres años después a través del DFL N° 292, se estableció el reglamento orgánico de la Dirección del Litoral y de Marina Mercante vigente a la fecha. En lo medular dispuso, entre otras tareas, "la fiscalización y control de los espacios entregados en jurisdicción al Ministerio de Defensa Nacional" (Rivera, 2014).



En 1960 mediante el DFL N° 340 se reemplazó el DFL N° 210 de 1931, aprobándose un nuevo cuerpo legal “sobre Concesiones Marítimas”. De esta forma el plano político fue confirmado en el Ministerio de Defensa Nacional y lo operativo, en la autoridad marítima. A partir de esa fecha se han promulgado cinco reglamentos sobre concesiones marítimas, siendo el último aprobado el correspondiente al DS N° 009 de 2018.

3.- ¿Qué es una concesión?

La necesidad de aprovechar económicamente los recursos del medio ambiente por parte del ser humano y particularmente de aquellos en donde el Estado no tiene la capacidad de hacerlo, ha determinado en el tiempo la obligación de establecer diversas regulaciones jurídicas, desarrolladas principalmente en los ámbitos del derecho público, del derecho privado y del derecho administrativo, todo ello dependiendo de las cualidades propias de los bienes involucrados. Ello implica la determinación de las potenciales limitaciones del régimen jurídico al cual serán sometidos, así como su supervigilancia, lo que en la práctica señala la mayor o menor libertad y el nivel de aprovechamiento que tendrá el titular reconocido respecto de la explotación y/o administración otorgada, todo ello conforme al tipo de concesión o los derechos que de ello se derivan y con la finalidad última de resguardar el interés público. Dichas actividades económicas pueden ser de extracción o consumo directo, o constituirse en el soporte de obras y/o estructuras necesarias para el ejercicio de una actividad productiva mediante su asentamiento en el borde costero (Fuentes, 2013).

En términos generales, se entiende por una concesión el otorgamiento mediante un acto administrativo del derecho de explotación, por un período determinado, de bienes y servicios, por parte de la administración pública, aunque también puede ser de una empresa a otra, generalmente privada. Según el tipo de concesión y bienes involucrados, estas pueden ser eléctricas, de telecomunicaciones, de vialidad, de suministro de agua o gas, de bienes nacionales, de turismo, de transporte, de radiodifusión, aeronáuticas, portuarias, ferroviarias, marítimas y acuícolas, entre otras. A su vez, según el objeto perseguido existen tres grandes categorías de “contratos administrativos concesionales” los que pueden ser: de gestión de servicio público, de ejecución de obras públicas y/o de ocupación de dominio público, en los términos que se explican a continuación:



3.1.- La concesión de servicio público es una convención por la cual un organismo público (concedente) encarga a otra persona (concesionario) la explotación de un servicio público mediante una remuneración determinada por los resultados financieros de la explotación.

3.2.- La concesión de obra pública es una convención por la cual un organismo público encarga a otra persona la realización de una obra pública o la explotación de la obra pública resultante, mediante una remuneración determinada por los resultados financieros de la explotación.

3.3.- La concesión de ocupación de dominio público corresponde a la convención por la cual un organismo público entrega a otra persona, pública o privada, natural o jurídica, ciertas dependencias del dominio público que dependen de su autoridad, las que estas personas podrán ocupar privativamente, quedando entendido que esta ocupación en caso necesario, será un proceso que implique modificaciones materiales en el terreno, como por ejemplo la penetración en el subsuelo o la generación de rellenos que cambien la topografía.

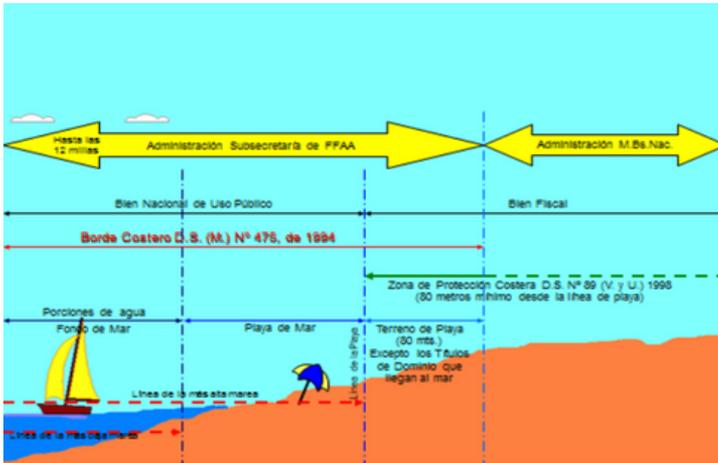
Así las cosas, los bienes integrantes del dominio público, son aquellos de titularidad pública, afectos al uso general o al servicio público, y son parte de las excepciones a la libre adquisición de toda clase de bienes por parte de la sociedad, ya que no son susceptibles de apropiación; son inalienables; son imprescriptibles; no susceptibles de embargos, hipotecas u otros gravámenes del derecho común ni de expropiación; y sólo son entregados privativamente en administración (tuición, conservación y cuidado), según se trate del dominio público terrestre, marítimo, lacustre o fluvial involucrado, mediante un título habilitante de la autoridad competente (Fuentes, 2013).



4.- Situación actual: Principales conceptos

Tal como se señaló de manera precedente, desde tiempos históricos la legislación impuesta por la corona española en primer lugar, y posteriormente por la legislación nacional, se han hecho cargo del borde costero, creando una normativa especial para regular su uso y administración bajo jurisdicción de la misma autoridad, a quien también compete la administración de los espacios marítimos adyacentes. Este procedimiento jurídico está contemplado en el DFL N° 340 de 1960, sobre Concesiones Marítimas y sus reglamentos y resoluciones complementarias (Rosas, 1995).

En conformidad con el referido texto legal, se entregó al Ministerio de Defensa Nacional, a través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas “el control, la fiscalización y supervigilancia de toda la costa y el mar territorial de la República, y de los ríos y lagos navegables por naves de más de 100 toneladas; y de aquellos que no siéndolo, estén influenciados por las mareas” (Rosas, 1995). Lo anterior implica que jurídicamente, el borde costero del litoral “corresponde a una franja del territorio que incorpora los espacios de tierra y mar ubicados, desde la línea de más alta marea 80 metros hacia tierra adentro y 12 millas de mar territorial, medido desde la línea de baja mar en dirección al mar, comprendiendo los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores” (Núñez, 2000). En los casos que la propiedad privada alcanza sólo hasta la línea de la playa, no existe terreno de playa, por lo cual el uso y goce de la franja de 80 metros de ancho, medida desde la línea de la playa hacia tierra adentro, se rige por las normas generales del derecho, obligándose al propietario a otorgar servidumbre de paso, para acceder a la playa, según lo establecido en el citado DL N° 1.939.



Ordenamiento Jurídico del Borde Costero (Fuente: DIRECTEMAR)

En lo particular, para la administración de los terrenos de playa, sectores de playa, fondos de mar y porciones de agua, el citado DFL N° 340, creó la figura de las “concesiones marítimas”, acto administrativo a través del cual el referido Ministerio, otorga en forma privativa a una persona natural o jurídica, un derecho de uso y goce precario del bien entregado en concesión (playas, terrenos de playa, etc.), para el desarrollo de un proyecto específico (Rosas, 1995). Dicha prerrogativa se debe entender dentro de las excepciones legales contempladas en el DL N° 1.939 de 1977, sobre normas de adquisición, administración y disposición de los bienes del Estado.

Los principales conceptos contenidos en la normativa del borde costero para los efectos jurídicos de otorgamiento de derechos, se definen de la siguiente forma:

- Fondo de mar, río o lago: Extensión de suelo comprendido desde la línea de más baja marea, aguas adentro, en el mar, y desde la línea de aguas mínimas en sus bajas normales, aguas adentro, en ríos o lagos.
- Línea de la playa: Aquella que, de acuerdo con el artículo 594 del Código Civil, señala el deslinde superior de la playa de mar hasta donde llegan las olas en las más altas mareas.
- Línea de la playa oficial: Aquella fijada por resolución de la Autoridad Marítima.



- Línea de las aguas máximas en ríos y lagos: Nivel hasta donde llegan las aguas en los ríos o lagos, en sus crecientes normales de invierno y verano.
- Línea de más baja marea: Línea que representa el nivel mínimo alcanzado por una marea vaciante en el período de sicigias y cuando la luna se encuentra a su menor distancia de la tierra.
- Línea del límite de terreno de playa: Línea que fija el límite superior de los terrenos de propiedad del Fisco sometidos al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, ubicada a una distancia de hasta 80 metros, medida desde la línea de la playa de la costa del litoral o desde la línea de aguas máximas en los ríos o lagos, sin considerar para estos efectos los rellenos artificiales hechos sobre la playa o fondos de mar, río o lago.
- Playa de mar: Extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente comprendida entre la línea de más baja marea y la línea de la playa.
- Playa de río o lago: Extensión de suelo que las aguas bañan en sus crecidas normales comprendido entre la línea de aguas mínimas y aguas máximas.
- Porción de agua: Espacio de mar, río o lago, destinado a mantener cualquier elemento flotante comprendido desde la línea de más baja marea, aguas adentro, en el mar, y desde la línea de aguas mínimas en sus bajas normales, aguas adentro, en río o lagos.
- Terreno de playa: Faja de terreno de propiedad del Fisco sometida al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de la playa de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos o lagos.



- Para efectos de régimen de propiedad, la naturaleza jurídica de los espacios en el borde costero, corresponde a la categoría de un “bien nacional”. No obstante, tal como se ha indicado de manera precedente existen algunas consideraciones que diferencian su tratamiento administrativo, según sean “bienes de uso público” o “bienes fiscales”:
- Bien fiscal: Terrenos de playa fiscales dentro de una faja de hasta 80 metros medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral; terrenos fiscales ribereños de ríos y lagos navegables por buques de más de 100 toneladas; o en los que no siéndolos, en la extensión en que están afectados por las mareas, hasta la distancia de 80 metros desde donde comienza la ribera; y las mejoras fiscales. Los terrenos de playa fiscales señalados en el DL N° 1.939 de 1977, cuya enajenación se prohíbe a cualquier título, sólo son susceptibles de actos de administración del Ministerio de Defensa Nacional.
- Bien nacional de uso público: Playas de mar; fondos de mar; porciones de agua dentro y fuera de las bahías; rocas; los ríos y lagos navegables por naves de más de 100 toneladas; o en los ríos que no sean navegables por buques de dicho tonelaje, comprenden sólo sobre la extensión en que están afectados por las mareas.

Finalmente, desde el punto de vista del derecho administrativo es posible que los distintos sectores costeros estén sujetos a regímenes variados de propiedad, por lo cual los derechos que en cada caso se reconozcan, deben compatibilizarse dependiendo de su tipificación. En razón a ello, se pueden encontrar tres tipos de propiedad diferentes (Artigas, 1996):

- Propiedad privada: Que involucra derechos otorgados por el Estado a individuos o grupos privados.
- Propiedad pública o fiscal: Referida a derechos otorgados por el Estado a un organismo público.
- Propiedad común: Que involucra derechos sobre los recursos naturales entregados por el Estado a una clase de usuarios en igualdad de derechos.



5.- Comentarios finales

Las concesiones marítimas son un acto administrativo a través del cual el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, otorga derechos a favor de una persona natural o jurídica, sobre determinados bienes nacionales de uso público, o bienes fiscales, ubicados en el borde costero hasta las 12 millas de mar territorial, para su uso y goce por un tiempo determinado, según procedimiento establecido por respectiva ley.

Inicialmente la aplicación de la normativa sobre concesiones marítimas tenía por función proteger los bienes nacionales del borde costero por razones de orden estratégico tal como fue heredado el concepto desde la corona española, ejerciéndose un control directo y permanente a través del citado ministerio, teniendo como brazo ejecutor a la autoridad marítima. Sin embargo, con el paso del tiempo y producto de la diversificación de las actividades económicas productivas presentes en este espacio físico, se generó un mayor interés por explotar determinados recursos, así como la necesidad de desarrollar infraestructura de índole comercial capaz de soportar en forma segura y eficiente, la logística que implica dichas explotaciones. De allí nace la necesidad de compatibilizar el permanente interés estratégico que representa el borde costero por parte del Estado, con los procesos evolutivos empresariales de tipo particular.

El resultado de dichas acciones significan que a través del respectivo acto administrativo, el privado satisface sus deseos de obtener ventajas personales mediante la adquisición de un derecho de uso sobre espacios de dominio público, y el Estado, satisface el interés público mediante la facultad privativa que le otorga la legislación vigente, respecto a permitir dicho uso particular, a través de la promoción de los recursos naturales contenidos en ese espacio, sin menoscabo del interés común.

En estos procesos la autoridad marítima ha estado presente desde el nacimiento de la patria misma, con ocasión de la designación del primer capitán de puerto con asiento en Valparaíso, lo que se ha mantenido en el tiempo mediante la promulgación de diversos cuerpos legales, que han fortalecido su accionar profesional y técnico en beneficio de los intereses superiores de la nación. En la actualidad cumple una función eminentemente calificada que involucra compatibilizar por un lado los conceptos del derecho y por el otro, la representación georreferenciada del territorio en relación a los sectores, naturalezas y obras involucradas que formarán parte de un proyecto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



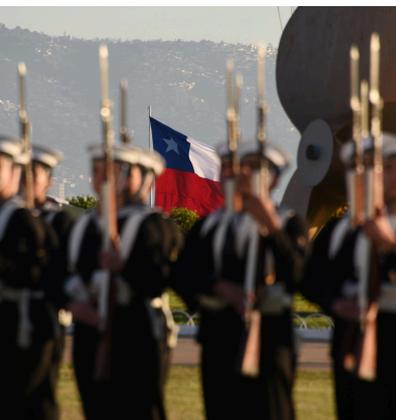
ARTIGAS C. 1996. "Manejo integrado de la zona costera: la política del borde costero como un instrumento de desarrollo sostenible". Primer seminario nacional de la Política Nacional de Uso del Borde Costero: regulación, implementación y aplicación". CEPAL. Ministerio de Defensa Nacional. Subsecretaría de Marina. Santiago, Chile.

CALDERÓN A.; SCHLOTFELDT M. 2001. "Memorial de Valparaíso". RIL editores. Primera edición. Santiago, Chile.

DIRECTEMAR. 2006. "Manual de Atribuciones y Deberes de Alcaldes de Mar". Resolución DGTM y MM Ord. N° 6055/1 vrs., de fecha 03 de junio de 2006. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Valparaíso, Chile.

FUENTES J. 2013. "Análisis comparado de los regímenes de las concesiones marítimas y de acuicultura". Revista de Derecho N° 41. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile.

NAVARRETE A. 1998. "Régimen jurídico de las concesiones marítimas". Revista Chilena de Derecho. Volumen 25, N° 4. Santiago, Chile.



NUÑEZ S. 2000. "El territorio marítimo chileno". Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Universidad Marítima de Chile. Viña del Mar, Chile.

RIVERA J.; GARÍN J. 1998. "Historia de la autoridad marítima en Chile". Oficina de Reglamentos y Publicaciones Marítimas. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Primera edición. Valparaíso, Chile

RIVERA J. 2014. "Historia de los puertos y caletas de la parte central de Chile". Primera edición. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Valparaíso, Chile.

ROSAS A. 1995. "El territorio oceánico de Chile y la investigación científica marina". Seminario Mes del Mar. Armada de Chile. Valparaíso, Chile.



Clasificación automática de tipos de plataformas de superficie en base a imágenes ISAR.

T2. Cristóbal Balmelli Scheel

cbamellis@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo se refiere a un proyecto realizado que tiene como principal objetivo proponer un modelo de Machine Learning que permita clasificar a qué tipo de plataforma de superficie corresponde una imagen ISAR, para poder asignarle una clase respectiva entre buques mercantes y no mercantes de acuerdo con la información que se extraiga de ella. La nueva imagen clasificada es almacenada en una base de datos para posteriormente utilizarlas en un nuevo entrenamiento del sistema de aprendizaje de máquinas, mejorando la discriminación y generando clasificaciones más acertadas.

Palabras claves: Automatización, Clasificación, ISAR, Machine Learning, CNN.

ABSTRAC

This article refers to a project carried out with the main objective of proposing a Machine Learning model to classify to which type of surface platform an ISAR image corresponds, in order to assign a respective class between merchant and non-merchant ships according to the information extracted from it. The new classified image is stored in a database to be used later in a new training of the machine learning system, improving discrimination and generating more accurate classifications.

Key Words: Automatization, Classification, ISAR, Machine Learning, CNN.



Introducción

El radar de apertura sintética inversa o ISAR (por sus siglas en inglés Inverse Synthetic Aperture Radar), tiene la capacidad de poder entregar una imagen de los contactos que esté procesando, donde se puede apreciar una silueta de éste. En variadas ocasiones, debido a una serie de factores, esta imagen tiende a verse distorsionada y poco legible, donde es el operador del equipo quien debe clasificar la imagen. Es aquí donde comúnmente pueden presentarse errores en la clasificación, producto de las distorsiones anteriormente expuestas, las deficiencias humanas de cansancio, conocimiento, experiencia, entre otros. Las principales repercusiones de esta problemática son en la pérdida de certeza de la información entregada para la toma de decisiones, la incertidumbre de las plataformas de superficie a las cuales se les está vigilando con el radar y la necesidad de mantener usuarios altamente experimentados operando el equipo.

Ingeniero Naval Electrónico.

Con las avanzadas tecnologías de los últimos años en métodos de clasificación con Machine Learning, en especial con redes neuronales convolucionales, que permiten darle solución a esta problemática. Implementando un modelo de redes neuronales que efectúe la clasificación de las imágenes de manera automática, se les da solución a varios de los potenciales errores nombrados, como la rapidez de la clasificación y los errores producto de los factores humanos. Las mejoras son principalmente porque una máquina efectúa los procesos, lo cual automatiza este proceso y logra reconocer patrones que un humano no es capaz de ver.

IMÁGENES ISAR

El modelo de clasificación que se quiere diseñar tiene su fundamento en las imágenes ISAR que entregan los radares de vigilancia aérea-superficie en los aviones de exploración aeromarítima, ya sean de aviones de marinas de guerra, guardias costeras, entre otros. Este radar logra obtener una imagen similar a la silueta de un buque y con ella, como fue descrito antes, se identifica a que tipo de plataforma de superficie corresponde. El radar ISAR se basa en dos principales pilares para su funcionamiento: el concepto de la apertura sintética y el análisis por efecto Doppler.

ANALISIS POR AFECTO DOPPLER

Con el efecto de apertura sintética, se tiene una gran resolución de la señal recibida. Es esto lo que permite efectuar un análisis del efecto Doppler producido en la señal en dos dimensiones. Para explicar esto, se referencia lo ilustrado en la Figura 2, donde Kümmerlin (1996) lo explica mediante el cabeceo de un buque. El movimiento de cabeceo y balanceo (pitch y roll) de un buque genera por velocidad angular, un corrimiento Doppler en la señal transmitida por el radar, que luego se analiza para poder determinar las zonas que sí tienen este efecto, pudiendo formar una silueta del buque en cuestión.

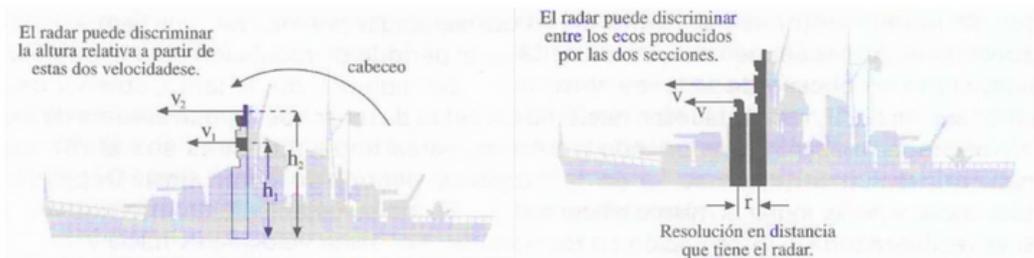


Figura 2: Resoluciones distintas en base a análisis del espectro de frecuencia de la señal obtenida. En *Estudio de Factibilidad de Transformar el Radar VARAN en un Radar de Apertura Sintética Inversa*, por I. Kümmerlin, 1996.

Las imágenes resultantes, si bien no son perfectas ilustraciones de los elementos a identificar, sirven de gran referencia para poder iniciar un análisis sobre qué tipo de plataforma de superficie corresponde. En la Figura 3 se puede apreciar la imagen resultante de este proceso. A partir de esto, se debe generar una base de datos de imágenes de los tipos de plataformas de superficie que se quiera clasificar, agrupadas en las correspondientes categorías.

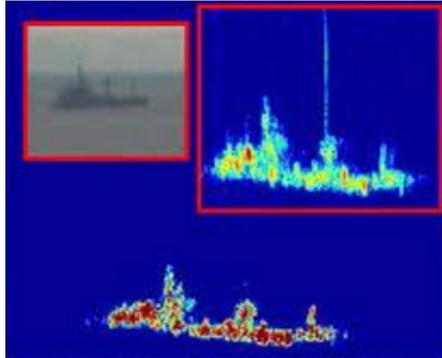


Figura 3: Imagen de un buque mercante por radares ISAR. En Synthetic Aperture Radar (SAR) and Inverse SAR (ISAR) Enable an Amazing Range of Remote Sensing Applications | The Lyncean Group of San Diego (lynceans.org), por P. Lobner, 2016.

CLASIFICACION DE METODOS DE MACHINE LEARNING

Dentro del gran área de estudio correspondiente a la Inteligencia Artificial, muy estudiada y aplicada hoy en día, existe el campo del Machine Learning. Gerón (2019) lo define, citando al informático Arthur Samuel, como el campo de estudios que le da a las computadoras la habilidad de aprender a partir de datos sin ser necesariamente programadas. Para comprenderlo mejor, en la Figura 4 se puede ver cómo en la programación tradicional, se le daban reglas y datos a un programa para que generara resultados, mientras que en Machine Learning se le entrega una base de datos y ejemplos de resultados, para que el mismo programa cree sus propias reglas de la manera más eficiente.

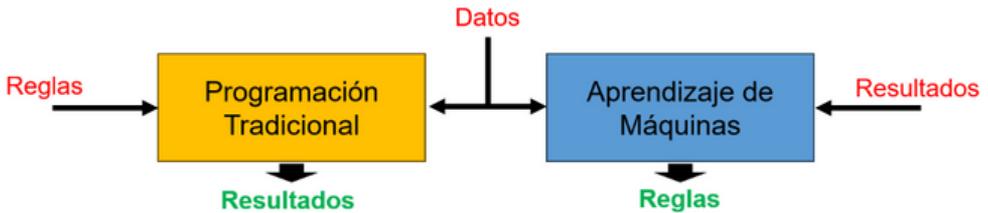


Figura 4: Representación gráfica del cambio de paradigma de programación. Elaboración propia.

Dentro del Machine Learning, existen tres principales tipos de aprendizajes: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje reforzado. Para el problema de clasificación de imágenes en cuestión, el tipo más acertado es el aprendizaje supervisado, ya que se requiere que el programa aprenda a identificar patrones de cada una de las categorías o tipos de plataformas de superficie. Para esto, se utilizaron redes neuronales como modelo de aprendizaje supervisado, en específico su variante llamada redes neuronales convolucionales o CNN (por sus siglas en inglés Convolutional Neural Networks). La elección de las CNN como modelo de clasificación es principalmente a que estas tienen los mejores rendimientos para poder procesar y extraer información de los datos que se compongan de matrices o cuadrículas, como es el caso de las imágenes.

Las CNN se componen de capas convolucionales, capas de agrupación y capas de conexión final o “fully connected”. Las capas convolucionales son las encargadas de extraer la información de la imagen, por medio de aplicación de distintas matrices kernel a estas. Luego se agrupan, se disminuye su tamaño y aumenta su espacialidad para aplicar nuevamente matrices kernel para obtener más información de las imágenes. Terminado el proceso de obtención de información, se lleva esta “imagen” de tamaño pequeño, pero de gran espacialidad a una capa que la analiza elemento por elemento y la introduce a una red neuronal (llamada fully connected), la cual corresponde a una red neuronal convencional que efectúa finalmente la clasificación de esa imagen. En la Figura 5 se puede ver gráficamente como es el funcionamiento general de este tipo de redes neuronales.

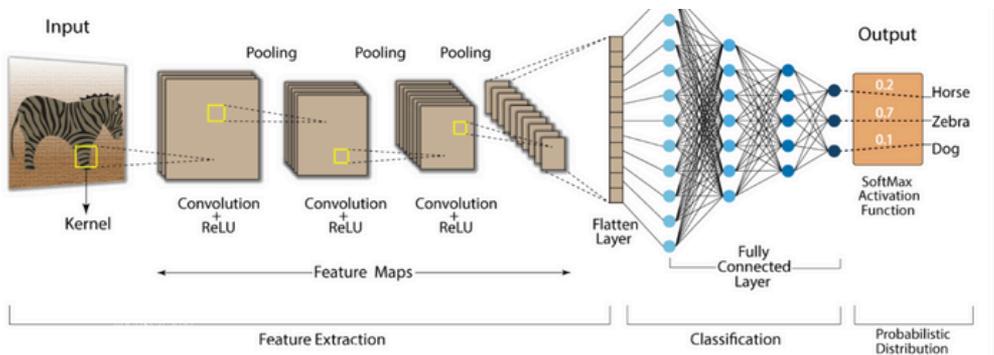


Figura 5: Funcionamiento general red neuronal convolucional. Fuente: Convolutional Neural Network (CNN) | developersbreach.com. 2023.



MODELOS DE CLASIFICACIÓN

Teniendo los conceptos claves para poder abordar una problemática de clasificación con CNN, a continuación, en la Figura 6, se presentarán en forma de diagrama de flujo la arquitectura general del modelo propuesto para la clasificación de las plataformas de superficie con imágenes ISAR. Este modelo fue programado en lenguaje de programación Python, utilizando las librerías de Machine Learning 'TensorFlow' y 'Keras'.

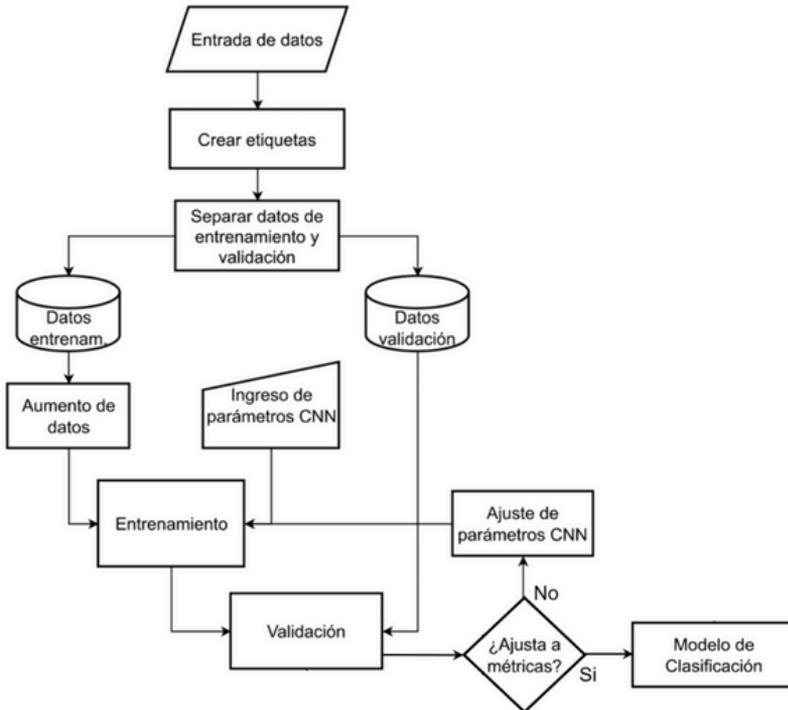


Figura 6: Diagrama de flujo del diseño del modelo de clasificación. Elaboración propia.

La entrada general al sistema está dada por el set o base de datos de imágenes. Es importante destacar que se requiere que las imágenes ya se encuentren separadas por cada tipo o clase requerida. Con esto, se generan etiquetas respectivas a la cantidad de clases que se hayan segregado las imágenes. Esta información es separada en dos bases de datos independientes: una para el entrenamiento de la red neuronal que se llevará el 80% de las imágenes y etiquetas, y otra para la validación de la red con el 20% restante. Para el presente proyecto se utilizaron solo dos clases, correspondiendo si los buques son o no son buques mercantes.



El siguiente paso se refiere al entrenamiento de la red neuronal, donde se le ingresan parámetros específicos con el objetivo de hacer que la red se entrene de la manera mejor ajustada a la problemática de clasificación presente. Este proceso finaliza con el sistema dando “pesos” a cada una de las redes del sistema, donde efectuando un símil con lo visto anteriormente, se refiere a las reglas que el sistema establece para llegar a la solución de clasificación. Posteriormente, se valida el sistema con el set de datos reservado para esto, donde el modelo intenta predecir la clasificación de dichas imágenes, verificando la cantidad de aciertos. En el caso de que la validación no sea satisfactoria, se pueden variar los parámetros de la red neuronal convolucional, si no, la red queda entrenada para la clasificación.

Los parámetros finales del modelo de redes neuronales convolucionales propuesto para la clasificación se encuentran plasmados en Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros finales del modelo de redes neuronales convolucionales.

Layer (type)	Param Definition	Output Shape	Param Qty
Conv2D	Kernel (3,3)	(100, 100, 32)	896
MaxPooling2D	Tamaño Pool (2,2)	(50, 50, 32)	0
Conv2D	Kernel (3,3)	(50, 50, 64)	18.496
MaxPooling2D	Tamaño Pool (2,2)	(25, 25, 64)	0
Flatten	N/A	(None, 40000)	0
Dense	256 unidades	(None, 256)	10.240.256
Dropout	0.3 rate	(None, 256)	0
Dense	2 unidades	(None, 2)	514

Elaboración propia.

PRUEBA DE MODELO DE CLASIFICACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

El modelo que obtuvo mejores curvas de validación fue el que se confeccionó con 2 capas convolucionales y alistándolo con parámetros de redes como Learning Rate de 0.001, dropout de 0.3 y función de optimización 'Adam', cuyo rendimiento de validación se puede apreciar en la Figura 7. En el gráfico de la izquierda se ve como ambas curvas tienden a maximizar los aciertos del sistema tanto en el entrenamiento como en la validación, mientras que en el gráfico de la derecha se ve como las fallas del sistema tienden al mínimo.

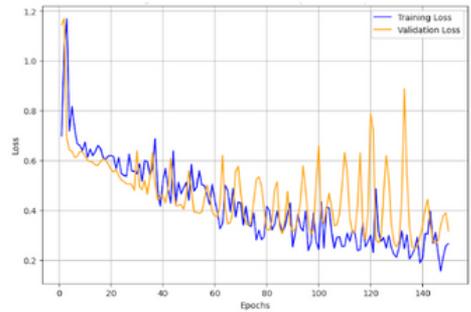
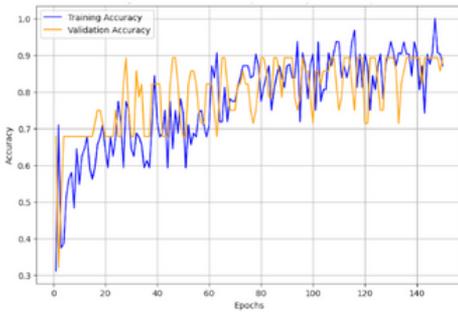


Figura 7: Curvas de entrenamiento y validación de la red neuronal. Elaboración propia.

Las pruebas del modelo se efectuaron utilizando un set de imágenes ISAR que no fueron procesadas por el modelo de clasificación previamente, para evitar posibles sesgos en el entrenamiento y que la prueba mostrara de manera fidedigna las capacidades de clasificación de las redes neuronales. Para realizarle pruebas al modelo, es necesario definir cuatro conceptos que se utilizarán más adelante en las métricas de las pruebas:

- Verdaderos positivos (VP): buques mercantes clasificados correctamente.
- Falsos positivos (FP): no mercantes clasificados correctamente.
- Verdaderos negativos (VN): no mercantes clasificados como mercantes.
- Falsos negativos (FN): mercantes predichos como no mercantes.

Luego, las métricas utilizadas para medir el rendimiento del modelo de clasificación propuesto en base a las pruebas efectuadas fueron las siguientes:



Accuracy: se refiere a la precisión que tuvo el modelo en predecir correctamente y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Accuracy} = \frac{VP + VN}{\text{TOTAL DE PREDICCIONES}}$$

- Precision: es el porcentaje de las predicciones positivas (o de mercantes) fueron correctas, es decir, los verdaderos positivos frente a todos los positivos. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{precisión} = \frac{VP}{VP + FP}$$

- Recall: esta se trata de qué porcentaje de las clasificaciones positivas se encontraron, dicho de otra forma, la proporción de verdaderos positivos respecto a todas las instancias que son positivas, la cual se calcula:

$$\text{recall} = \frac{VP}{VP + FN}$$

- F1 score: es el porcentaje de predicciones positivas está correcta, es decir, combina el precision y recall en una sola métrica. Se calcula:

$$\text{Accuracy} = \frac{VP + VN}{\text{TOTAL DE PREDICCIONES}}$$

- F1 score: es el porcentaje de predicciones positivas está correcta, es decir, combina el precision y recall en una sola métrica. Se calcula:

$$\text{F1 score} = \frac{2\text{recall} * \text{precision}}{\text{recall} + \text{precision}}$$



Se pasaron 19 imágenes ISAR de buques por el modelo para que se efectuara la clasificación de éstas, luego los resultados de la prueba se graficaron en una matriz de confusión como se muestra en la Figura 8.

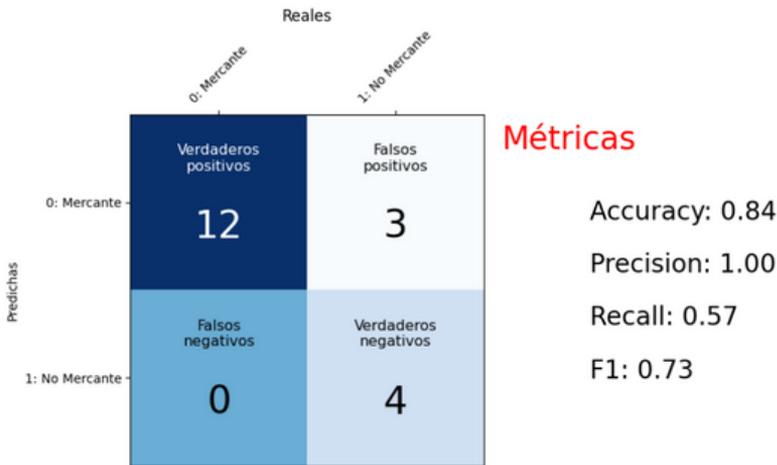


Figura 8: Matriz de confusión y métricas asociadas al modelo. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de las métricas anteriormente expuestas se pueden interpretar de la siguiente manera, con el objetivo de validar el modelo de clasificación expuesto:

- Accuracy, con un valor 0.84, esta métrica indica que el modelo clasificó correctamente el 84% de las imágenes. Aunque es una medida general de rendimiento, la precisión por sí sola puede ser engañosa, especialmente si las clases están desequilibradas como en este caso. Es útil, pero debe ser evaluada para obtener una visión completa.
- Precision, esta métrica revela que, todas las imágenes clasificadas como positivas, todas ellas efectivamente lo son. Esto significa que el modelo es altamente confiable en su identificación de positivos, minimizando los falsos positivos. Es una indicación de la robustez del modelo.
- Recall, con un valor de 0.57, indica que el modelo identificó correctamente el 57% del total de imágenes de mercantes en el conjunto de la prueba, lo que se traduce a un rendimiento moderado pero aceptable en la detección de los buques mercantes.
- F1 score, con un valor de 73%, lo cual indica que la relación o equilibrio entre la precisión y el recall es buena y se acerca a lo deseado, teniendo en consideración que un modelo cercano al 90% es indicativo de un equilibrio sólido entre estas dos métricas.

CONCLUSIÓN



Las problemáticas actuales, tanto en áreas militares como civiles, pueden tener soluciones comunes que gatillen investigaciones y desarrollos transversales en dichas áreas sin importar lo distintas que sean. Este es el caso de la clasificación de las imágenes ISAR, donde se pudo incorporar una tecnología y área de estudio nueva como son las redes neuronales convolucionales, utilizadas en un sin número de nuevas aplicaciones que encontramos en el día a día, pero ahora solucionando problemas más ligados al área de la exploración aeromarítima. Esto obliga a las instituciones a mantener en constante estudio y perfeccionamiento a sus profesionales dedicados a las áreas de proyectos, dándole principal realce a los departamentos de Investigación y Desarrollo de ellas.

En Marcándose en el trabajo realizado con el proyecto, se planteó un modelo de clasificación de plataformas de superficie en base a imágenes ISAR sólido, el cual fue probado con datos reales, validado con distintas métricas y fundamentado teóricamente. Este responde a la problemática inicial planteada como inicio del proyecto, lo que da argumento suficiente a la validez de la investigación. Es importante destacar que esta investigación sirve de punto de partida para varias investigaciones posteriores, donde se puede mejorar este modelo de clasificación agregando una mayor cantidad de clases, o implementarlo en otro ámbito que no sean las imágenes ISAR.

Finalmente, el código de Python que contiene el clasificador de tipos plataformas de superficie en base a imágenes ISAR se encuentra disponible para acceso público en un repositorio en línea en la plataforma github.com, de acuerdo con el siguiente detalle: [CraigTask/ClasificadorISAR: Clasificador imágenes ISAR con CNN \(github.com\)](#). El archivo corresponde a un Jupyter Notebook conteniendo el código y los detalles para su interpretación. No obstante, el repositorio no contiene las imágenes con las cuales se efectuó el proyecto debido su grado de reserva, por lo que se encuentran almacenadas en una red restringida de la Dirección de Programas, Investigación y Desarrollo de la Armada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balmelli, C. (2023). Clasificación de plataformas de superficie en base a imágenes ISAR. Academia Politécnica Naval.
2. Cumming, I. G., & Wong, F. H. (2005). Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data. Artech House, Inc.
3. Kümmerlin, I. (1996). Estudio de Factibilidad de Transformar el Radar VARAN en un Radar de Apertura Sintética Inversa. Academia Politécnica Naval.
4. James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). An Introduction to Statistical Learning with Applications in R (2nd ed.). Springer.
5. Lobner, P. (2016). Synthetic Aperture Radar (SAR) and Inverse SAR (ISAR) Enable an Amazing Range of Remote Sensing Applications.





1. Evaluación metalúrgica y mecánica de aceros HY80 y HLES80 utilizados para la construcción de cascos de los submarinos de la Armada de Chile
- 2.
3. (Metallurgical and mechanical evaluation of HY80 and HLES80 steels used for building of submarine hulls of the Chilean Navy)

T2. Vicente Fresard Sepúlveda
fresard58@gmail.com

RESUMEN

Los aceros HY80 y HLES80, fueron utilizados en la construcción de los cascos de presión de los submarinos actualmente en servicio en la Armada de Chile. Esta investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de la microestructura sobre las propiedades mecánicas, incluyendo la tenacidad a la fractura, en ambos aceros, llevándose a cabo primero una caracterización microestructural, posteriormente un estudio de sus propiedades mecánicas y finalmente una comparación entre dichos aceros. Los resultados mostraron que, tanto el HY80 como el HLES80, poseen una microestructura de martensita revenida (ferrita con precipitados de carburo de hierro) y una alta tenacidad a la tracción, impacto y fractura, sin embargo, se constató que el HLES80 fue más tenaz a la tracción y al impacto que el HY80, pero menos tenaz a la fractura.

Palabras clave: Aceros. Microestructura. Tenacidad. Fractura.



ABSTREAC

The HY80 and HLES80 steels were used in the construction of the pressure hulls of the submarines currently in service in the Chilean Navy. The purpose of this research was to evaluate the effect of the microstructure on the mechanical properties, including fracture toughness, in both steels, first carrying out a microstructural characterization, subsequently a study of their mechanical properties and finally a comparison between said steels. The results showed that both HY80 and HLES80 have a microstructure of tempered martensite (ferrite with iron carbide precipitates) and high tensile, impact and fracture toughness. However, it was found that HLES80 was more tough to tensile and impact than HY80, but less tough to fracture.

Key words: Steels. Microstructure. Toughness. Fracture.

Ingeniero Naval Mecánico.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo, trata sobre una investigación científica enfocada en la industria de la construcción naval, específicamente en el estudio de dos tipos de aceros pertenecientes a los aceros de alta resistencia y baja aleación (AHSS): HY80 y HLES80.

Estos aceros, fueron utilizados en la construcción de los cascos de presión de los submarinos de la Armada de Chile, de las clases U209-1400L y Scorpéne respectivamente, demandando el análisis de falla de estos un amplio conocimiento técnico referente a su microestructura y propiedades mecánicas.

Por medio de una caracterización microestructural y mecánica, se llevó a cabo una comparación entre ambos aceros, con el propósito de adquirir bases técnicas y confirmar o refutar la hipótesis planteada acerca de la existencia de un diferente comportamiento mecánico ante fallas asociadas a grietas en el material, y dar solución a la falta de conocimiento en la Armada de Chile respecto a el efecto que ejerce la microestructura sobre las propiedades mecánicas.

a. Tratamientos térmicos en aceros HY80 y HLES80

Los aceros HY80 y HLES80, durante sus procesos de fabricación, son sometidos a un tratamiento térmico de temple y revenido, el cual se divide en cuatro etapas: Calentamiento, Mantenimiento, Temple y Revenido [3].

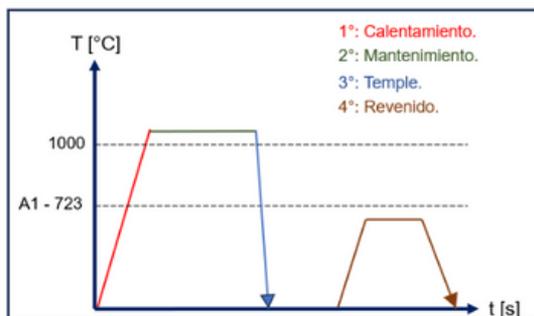


Figura 1

Tratamiento térmico de temple y revenido

La primera etapa, consiste en llevar las piezas de acero a una temperatura de austenización, la cual ronda los 1000°C para estos aceros, producto de sus % m/m de carbono [1] [2].

La segunda etapa consta de la mantención a esa temperatura y comienza cuando se tiene solamente austenita (γ) de carácter homogéneo, microconstituyente de estructura cúbica centrada en las caras (FCC) [4]; manteniéndose por un período de tiempo que depende del tamaño de la pieza, hasta lograr la difusión de carbono y los tamaños de grano deseados [3].

En la tercera etapa, el acero es enfriado de manera rápida en agua, aceite u otro medio de enfriamiento, generando un proceso de transformación martensítica, el cual consiste en una transformación en estado sólido provocada por el enfriamiento instantáneo y se caracteriza por ser adifusional, pues no implica movimientos atómicos de largo alcance, pues se desplazan una distancia menor a la interatómica [5].

Como resultado de esta transformación, el acero resulta con propiedades mecánicas de alta resistencia, pero una gran fragilidad. La martensita es una estructura que posee una configuración tetragonal centrada en el cuerpo (BCT) con una morfología acicular [4].

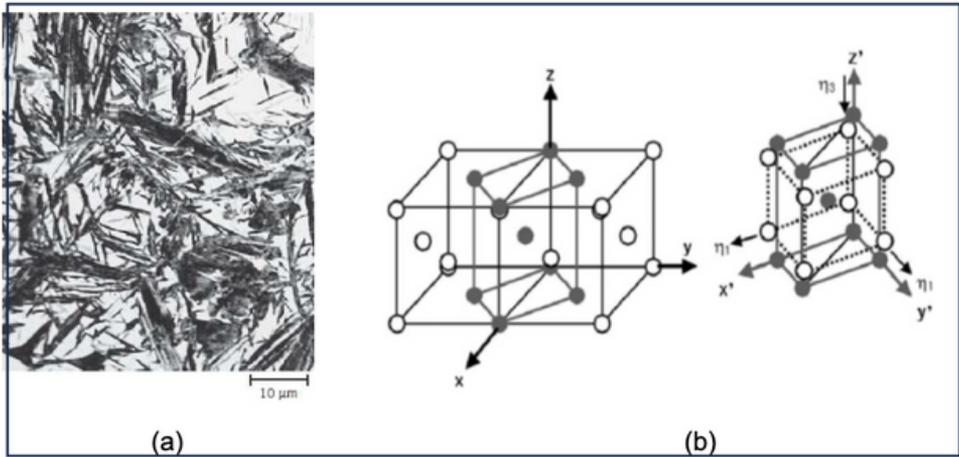


Figura 2

1. Martensita. (b) Relación cristalina entre FCC y BCT desde distorsión de Bain.

Fuente: (a) Tesser, E. (2022). (b) Han, H.N., et al. (2004).

Posteriormente, ya en la cuarta etapa y con el objetivo de lograr un incremento en la tenacidad, reduciendo la fragilidad y manteniendo una alta resistencia, el acero es sometido a un proceso de revenido. En este procedimiento, el acero se somete a una temperatura inferior a la A1 (723°C), típicamente por un tiempo de 120 minutos, para posteriormente enfriarlo al aire.



Propiedades mecánicas clásicas de los aceros HY80 y HLES80

Tabla 1
Propiedades mecánicas clásicas

Tabla 1
Propiedades mecánicas clásicas

Acero	YS [MPa]	UTS [MPa]	ET %	RA %	Charpy [J] a °C
HY80	552	690-793	18	45	190 a -60
HLES80		855	19	40	200 a -85

YS: Límite de fluencia. **UTS:** Resistencia máxima a la tracción.
ET: Elongación total. **RA:** Reducción de área. **Charpy:** energía absorbida al impacto.

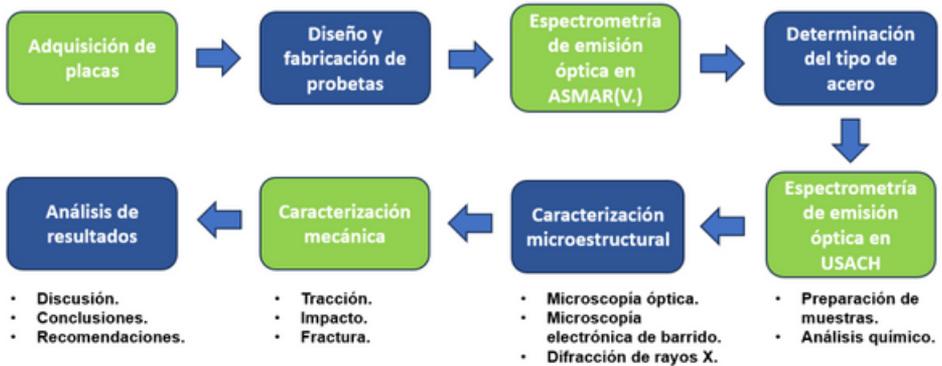
ESTADO DEL ARTE

Producto del nivel de reserva que existe en el ámbito de la industria de submarinos a nivel mundial, tanto por parte de los fabricantes como los usuarios, la existencia de fuentes bibliográficas respecto de los aceros utilizados es bastante acotada.

Referente al HY80, utilizado en los submarinos U-209, existen diversos estudios publicados a lo largo del tiempo; no así con el HLES80, utilizado en los Scorpéne, del cual se evidencio una limitada cantidad de contenido referente a los aspectos tratados en esta investigación. Es por esto que los resultados obtenidos en este estudio son una nueva fuente de conocimientos para la Armada de Chile.



PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN



ADQUISICIÓN DE PLACAS

Por medio de la Dirección de Programas, Investigación y Desarrollo de la Armada (DIPRIDA), se adquirieron 6 placas de acero en ASMAR(T.), de las cuales 3 correspondían a acero HY80 y 3 a HLES80.

DISEÑO Y FABRICA DE PROBETAS

Para los ensayos de tracción, se escogió la probeta “Espécimen 3” en base a la norma ASTM E8M [10]; para los ensayos de impacto, se escogió la probeta con muesca en “V” en base a la norma ASTM E23 [11]; y para los ensayos de tenacidad a la fractura, se escogió la probeta “Espécimen compacto” o C(T), en base a la norma ASTM E1820 [12].

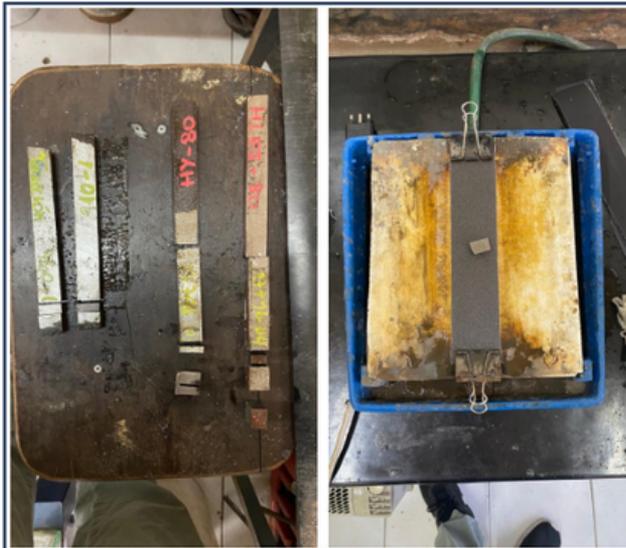
Las 3 probetas fueron diseñadas en el software “Solidworks 2020”, sobre las placas escogidas para la investigación, y posteriormente fueron entregadas a la empresa SIMET para efectuar los cortes por electroerosión.

ESPECTROMANÍA DE EMISIÓN ÓPTICA EN ASMAR (V.)

Las placas fueron analizadas químicamente mediante espectrometría de emisión óptica en ASMAR Valparaíso (ASMAR(V.)). Mediante el INFOTEC N°371/2022/528 se emitieron los resultados, concluyendo que 4 de las placas correspondían a acero HY80, mientras que los 2 restantes no obtuvieron resultados concluyentes.

ESPECTROMANÍA DE EMISIÓN ÓPTICA EN USACH

Para llevar a cabo este procedimiento en la Universidad de Santiago de Chile (USACH), en primera instancia se prepararon las muestras, cortadas en una cortadora de disco refrigerado y posteriormente pulidas con lijas de grano 120 a 2500 y paños ferrosos con una solución de alúmina, dejando libre de impurezas las superficies de estudio para finalmente ser analizadas químicamente.





CARACTERÍSTICAS MICROESTRUCTURAL

Por medio de microscopía óptica (OM), microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X, se llevó a cabo el procedimiento de caracterización microestructural de ambos aceros en estudio, logrando así determinar la microestructura existente en ambos. Todos los procedimientos fueron llevados a cabo entre la USACH y el Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (CEDENNA).

CARACTERÍSTICAS MECÁNICA

Por medio de ensayos de tracción (ASTM E8M [10]), impacto (ASTM E23 [11]) y tenacidad a la fractura (ASTM E1820 [12]), se llevó a cabo el procedimiento de caracterización mecánica los aceros estudiados, obteniendo resultados acerca de las propiedades mecánicas clásicas y modernas, para ser analizadas y comparadas.

RESULTADOS

Espectrometría de emisión óptica en USACH

Por medio de ensayos de tracción (ASTM E8M [10]), impacto (ASTM E23 [11]) y tenacidad a la fractura (ASTM E1820 [12]), se llevó a cabo el procedimiento de caracterización mecánica los aceros estudiados, obteniendo resultados acerca de las propiedades mecánicas clásicas y modernas, para ser analizadas y comparadas.

Tabla 1
Propiedades mecánicas clásicas

Acero	YS [MPa]	UTS [MPa]	ET %	RA %	Charpy [J] a °C
HY80	552	690-793	18	45	190 a -60
HLES80		855	19	40	200 a -85

YS: Límite de fluencia. **UTS:** Resistencia máxima a la tracción.
ET: Elongación total. **RA:** Reducción de área. **Charpy:** energía absorbida al impacto.

CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL

Microscopía óptica (OM): ambas micrografías corresponden a aumentos de 1000x.

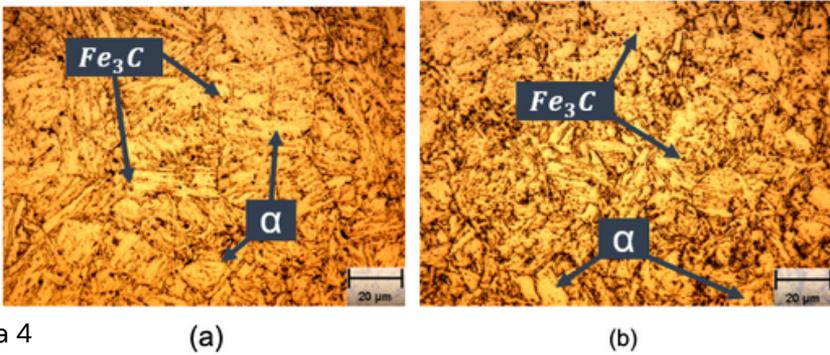


Figura 4

OM en aceros (a) HY80 y (b) HLES80, con aumento 1000x

La ferrita (α) se distingue como una fase brillante, lo cual se evidencia y se indica con certeza en ambas micrografías, apreciándose que existe una gran cantidad de sectores con esta característica.

Además, se indica en las imágenes la presencia de puntos oscuros, los cuales corresponderían posiblemente a precipitados de carburo de hierro, mientras que las líneas oscuras corresponden a límites de grano e intercaras entre la matriz ferrítica y los precipitados de carburos.

Ambos aceros poseen aspectos similares, producto del tratamiento térmico al que son sometidos y de sus aleaciones químicas, presentando características y microestructuras sumamente parecidas, a pesar de que en el HLES80 se evidencian de forma más clara los bordes de grano.

1. Microscopía electrónica de barrido (SEM): ambas micrografías corresponden a aumentos de 5000x.

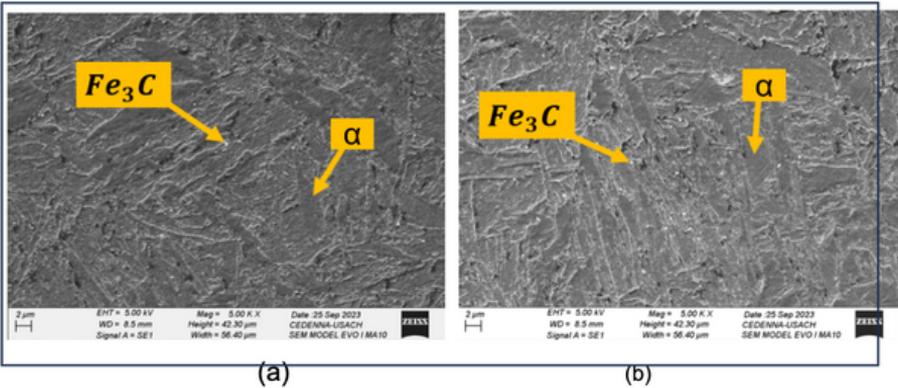


Figura 5

SEM en aceros (a) HY80 y (b) HLES80, con aumento 5000x

La identificación de fases se basa en la disolución química que el Nital 3% provoca sobre la ferrita (α), resultando una apreciación de esta última como una fase profunda y oscura, a diferencia de los carburos que se presentan como fases claras.

La ferrita (α) es claramente distinguible, y es predominante en todos los sectores, distinguiéndose también los límites de grano, que se aprecian de forma nítida en una tonalidad más clara. Con una morfología de puntos blancos o más claros, se aprecian presumibles carburos, confirmando lo resultante de la OM.

DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

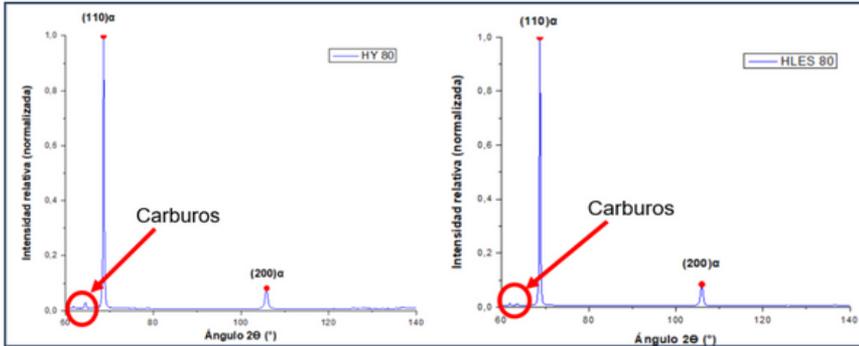


Figura 6
Difractogramas

La tabla 3 muestra los resultados de la DRX efectuada a los aceros HY80 y HLES80, entregando % v/v de austenita retenida (AR), de ferrita (α) y de carburos:

Tabla 3
Resultados DRX

Acero	Resultados DRX		
	% v/v AR	% v/v α	% v/v carburos
HY80	0	96	4
HLES80	0	94	6

La presencia de AR podría ser de carácter inestable, por lo que su inexistencia en estos aceros es el resultado óptimo. La inestabilidad de la AR se traduce en que, al deformarse el acero, sufre una transformación martensítica, endureciendo y fragilizando el material.

Se aprecian valores de % v/v de ferrita (α) correspondientes a 94% y 96% para HY80 y HLES80 respectivamente; además, se discrimina un porcentaje de carburos, lo cual se representa en los difractogramas por pequeños picos que se encuentran al inicio de las gráficas. Estos, corresponderían probablemente a precipitados de carburo de hierro, y poseen una existencia de 4% y 6% respectivamente.

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Ensayos de tracción.

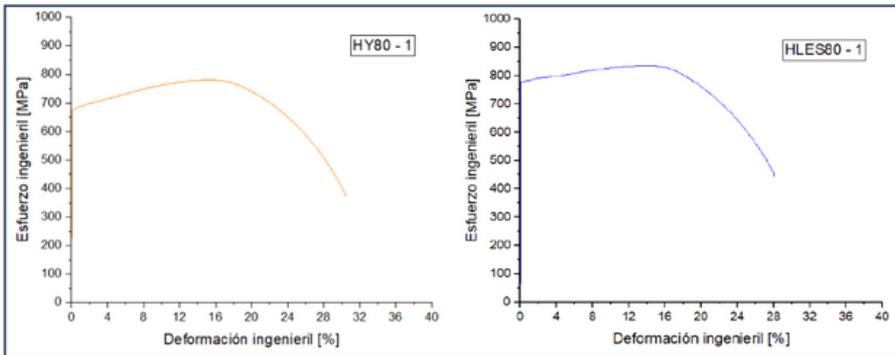


Figura 7
Curvas de esfuerzo ingenieril versus deformación ingenieril

Las curvas presentadas corresponden a uno de los tres ensayos realizados por cada acero y, a continuación, se presentan los valores promedio de las propiedades mecánicas obtenidas de los ensayos de tracción:

Acero	YS [MPa]	UTS [MPa]	YS/UTS [-]	FS [MPa]	EU %	ET %	RA %	n
HY80	675	784	0,86	372	14,7	27,5	69,5	0,15
HLES80	770	828	0,93	427	14,8	25,3	73,7	0,13

YS: Esfuerzo de fluencia. **UTS:** Resistencia máxima a la tracción. **FS:** Resistencia a la fractura. **EU:** Elongación uniforme. **ET:** Elongación total. **RA:** Reducción de área. **n:** Índice de endurecimiento por deformación.

Ambos aceros cumplieron con el mínimo de 552 [MPa] en límite de fluencia, o bien 80 [ksi] (de aquí el número presente en sus designaciones), para ser considerados HY80 y HLES80, siendo este último más resistente a la tracción, aspecto que se evidencia también en el UTS.

Alto porcentaje de reducción de área en ambos aceros, lo cual se traduce físicamente en el encuellamiento presentado por las probetas.



Figura 8
Encuellamiento en probeta de tracción HLES80.

Con las propiedades mecánicas de UTS y ET, se determinó que ambos aceros estudiados pueden ser clasificados dentro de los HSLA.

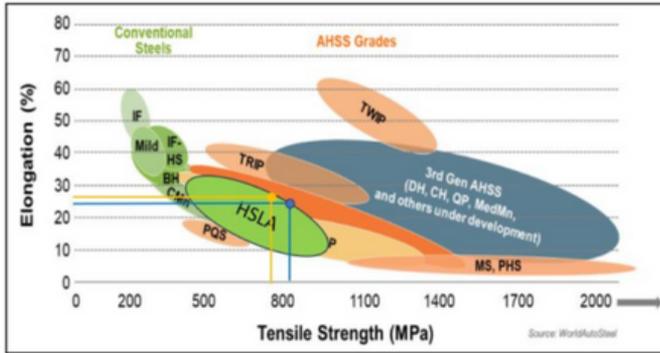


Figura 9
 HY80 y HLES80 dentro de HSLA según resultados de ensayos
Nota: Imagen con adaptación propia

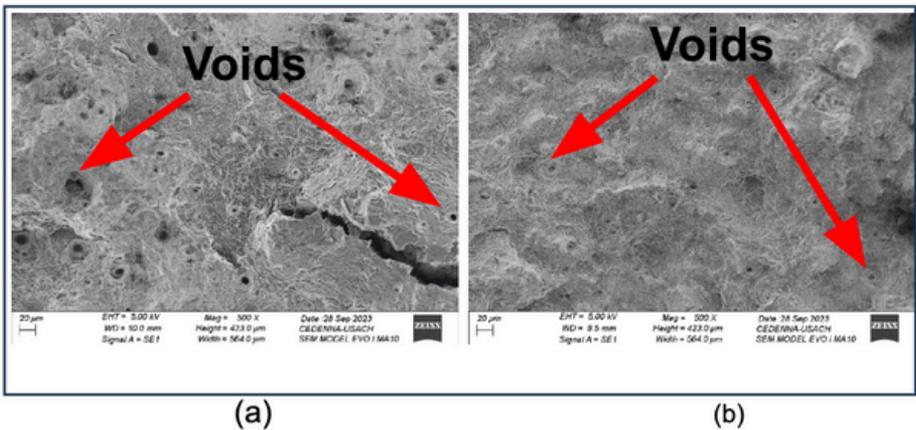


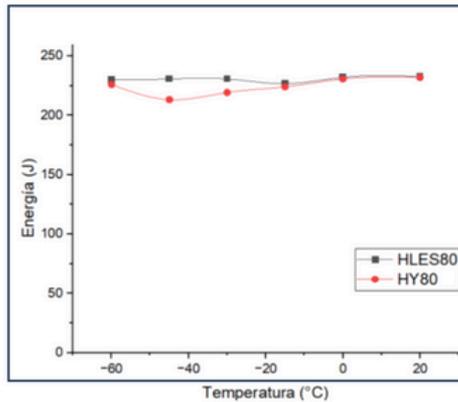
Figura 10
 Superficies de fractura de ensayo de tracción estudiadas por SEM

ENSAYOS DE IMPACTO CVN

Se llevó a cabo la ejecución de ensayos de impacto a las temperaturas que se indican en la tabla 5. Los valores presentados son los promedios de tres ensayos realizados por cada acero a cada temperatura de testeo, y con estos se generó la gráfica presentada en la figura 11.

Tabla 5
Valores promedio resultados ensayos de impacto

Acero	Energía absorbida al impacto [J]					
	Temperatura [°C]					
	20	0	-15	-30	-45	-60
HY80	232	230,7	224,1	219,3	213,3	226
HLES80	232,7	232,1	226,8	230,7	230,7	230



No se evidencia una zona de transición dúctil-frágil, y se concluye que la transición a un comportamiento frágil se encuentra a temperaturas aún más bajas a las de ensayo.

También queda en evidencia que, si bien el HLES80 se comportó de forma más tenaz, ambos aceros son sumamente tenaces al impacto. Esto es de gran interés para el estudio, por cuanto la Armada opera con sus submarinos a temperaturas que se encuentran dentro de los rangos analizados, o bien a temperaturas incluso mayores a 20°C, donde los aceros HY80 y HLES80 tendrán un comportamiento tenaz al impacto.



Figura 12

Probeta de impacto de aceros (a) HY80 y (b) HLES80, ensayadas a -30°C

El estudio de las superficies de fractura de ambos aceros, dejó en claro que ambas fracturas fueron de carácter dúctil, apreciándose en ambas “Voids”, los cuales en esta oportunidad poseen una morfología diferente a los presentados en las superficies de fractura de las probetas de tracción, producto de la orientación respecto de la carga.

En estas superficies, se aprecia una gran cantidad de fractura dúctil y no se evidencia la existencia de fisuras transgranulares, típicas de fracturas con comportamiento frágil.

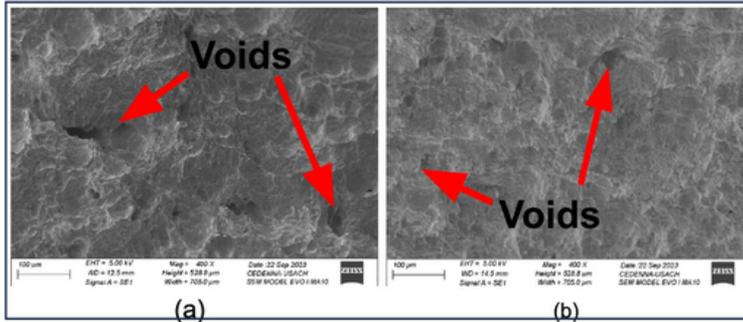


Figura 13

Superficies de fractura de ensayo de impacto a -30°C estudiadas por SEM
(a) HY80 y (b) HLES80, con aumento 400x

ENSAYOS DE TENACIDAD A LA FRACTURA

La carga máxima para utilizar en esta etapa se calculó de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$K_{MAX} = (0,063\sigma_{YS}^f) \quad (1)$$

$$f\left(\frac{a_t}{W}\right) = \frac{\left[\left(2 + \frac{a_t}{W}\right) \left(0,886 + 4,64 \left(\frac{a_t}{W}\right) - 13,32 \left(\frac{a_t}{W}\right)^2 + 14,72 \left(\frac{a_t}{W}\right)^3 - 5,6 \left(\frac{a_t}{W}\right)^4 \right) \right]}{\left(1 - \frac{a_t}{W}\right)^{3/2}} \quad (2)$$

$$K_{aplicado} = \frac{P_{max}}{B(W)^{1/2}} f\left(\frac{a_t}{W}\right) \quad (3)$$



Tabla 6
 Datos y valores pre agrietamiento por fatiga

Parámetros del proceso de pre agrietamiento								
	B	W	a_i	σ_{YS}^f	K_{MAX} $MPa\sqrt{m}$	$f\left(\frac{a_i}{W}\right)$	P_{max}	P_{min}

B : Espesor de la probeta. W : Distancia línea de carga – fondo de la probeta.
 a_i : Distancia línea de carga – punta de la entalla. σ : Esfuerzo de fluencia.
 K_{MAX} : Factor de intensidad de tensiones. $F(a_i/W)$: Factor dimensional.
 P_{MAX} : Carga máxima. P_{MIN} : Carga mínima.

ENSAYOS FRACTURA

Una vez pre agrietadas las probetas con longitudes de 2 [mm], se llevaron a cabo los ensayos de fractura utilizando el método básico descrito en la norma, para el cual se requieren 5 probetas por acero.

Se obtuvo una curva de carga versus desplazamiento para cada probeta de acero HY80 y HLES80, com

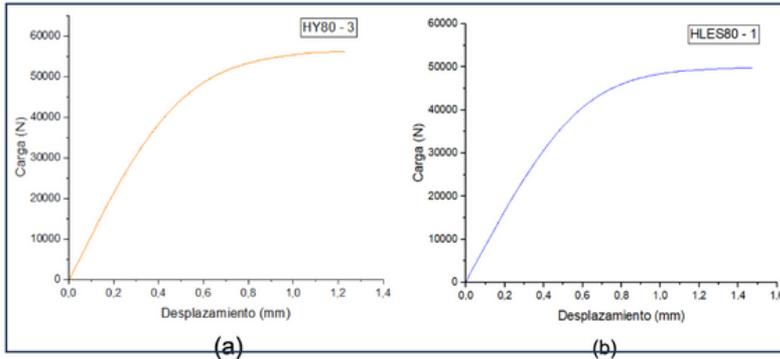


Figura 14

Curva de Carga versus Desplazamiento para aceros (a) HY80 y (b) HLES80

Las probetas de HY80 no lograron ser llevadas a la carga máxima en la máquina de tracción utilizada, por lo que se llevó a cabo una proyección no lineal de la porción plástica de las curvas de carga versus desplazamiento obtenidas. Con esto, se determinó una carga máxima de 56 [kN]. El HLES80 tuvo una carga máxima de 51,2 [kN].

Las curvas presentadas fueron el inicio del procedimiento para calcular la integral J, que depende las siguientes expresiones:

- $J = J_{el} + J_{pl}$ (4)

- $J_{el} = \frac{K^2(1-\nu^2)}{E}$ (5)

- $J_{pl} = \frac{\eta A_{pl}}{B_N b_0}$ (6)

Una vez fracturadas las probetas, se llevó a cabo el procedimiento de medición de avance de grieta estable Δa , utilizando el software "Image Pro-Plus". Δa corresponde a la diferencia entre a_f y a_0 , calculados con la siguiente expresión y con el procedimiento que se muestra en la figura 16:

$$\bullet \quad a_{0/f} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_1 + a_9}{2} + \frac{\sum_{i=2}^8 a_i}{7} \right) \quad (7)$$

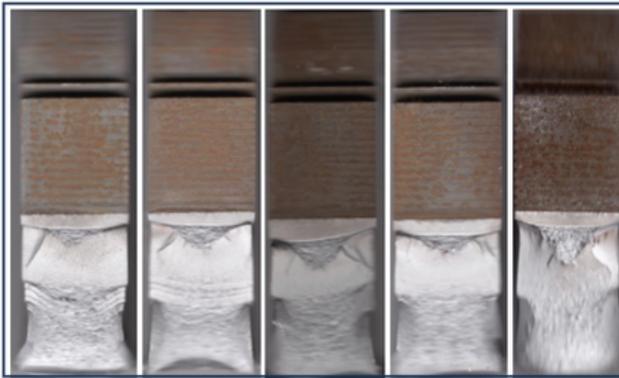


Figura 15
Superficies de fractura acero HLES80

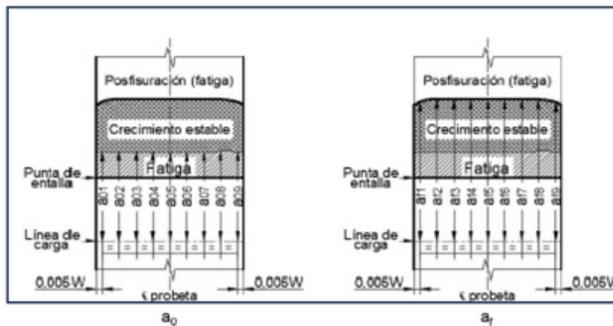


Figura 16
Medición de a_f y a_0

Fuente: Pastén, L. (2023). Efecto del carbono sobre la tenacidad a la fractura en aceros TWIP/TRIP Fe-20%Mn

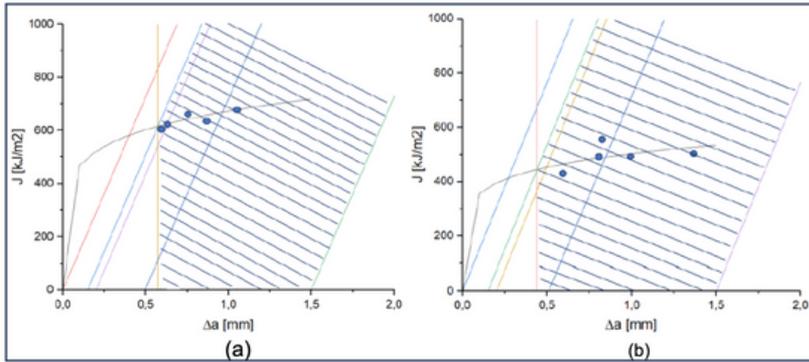


Figura 17
Curva de resistencia (a) HY80 y (b) HLES80

De las curvas se obtuvieron los valores de J_q y Δa_q , en la intersección de la ecuación (8) con la paralela de 0,2 [mm]. J_q se ingresó en las ecuaciones (9) y (10), para obtener un valor candidato a JIC.

$$\bullet \Delta a_i = \frac{J_q}{2\sigma_y} + 0,2 \quad (9)$$

$$\bullet J_{q(i+1)} = C_1 * \Delta a_i^{C_2} \quad (10)$$

De lo anterior, se pudo concluir que J_q era válido como JIC, pues se cumplieron las tres condiciones dispuestas en la norma.

RELACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS CLÁSICAS CON TENACIDAD A LA FRACTURA

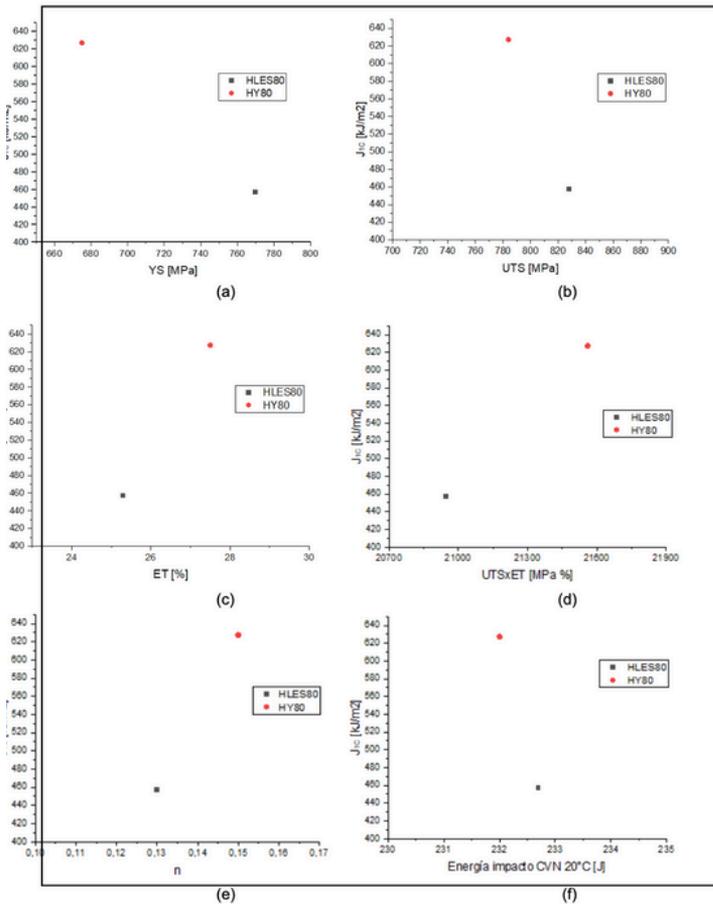


Figura 18

Relaciones entre (a) J_{1C} vs YS, (b) J_{1C} vs UTS, (c) J_{1C} vs ET, (d) J_{1C} vs UTSxET, (e) J_{1C} vs n, (f) J_{1C} vs impacto CVN a 20°C, para aceros HY80 y HLES80.



CONCLUSIONES

Los aceros HY80 y HLES80 poseen microestructuras similares, lo cual se debe al tratamiento térmico de temple y revenido al cual son sometidos durante sus procesos de fabricación, junto con sus similitudes en cuanto a composiciones químicas. El estudio de la microestructura de un acero permite suponer el tipo de comportamiento mecánico que este tendrá ante tracción, impacto y fractura.

El carbono es un elemento endurecedor; pero al compararse dos aceros con diferencias mínimas en este aspecto, no necesariamente el que posea mayor porcentaje será el más resistente. Los aceros estudiados poseían una diferencia de 0,005% de carbono, en favor del HY80, no obstante, el HLES80 demostró ser más resistente.

Ambos aceros resultaron ser sumamente tenaces, lo cual no permitió evidenciar la transición a un comportamiento frágil ante impacto, por lo que se concluye que dicha transición se encuentra a temperaturas más bajas que las ensayadas.

Es válido efectuar una progresión no lineal del último tramo de curva de carga versus desplazamiento en los ensayos de fractura, para obtener el valor de la tenacidad a la fractura. Esto quedó demostrado gracias a que los valores finales se condijeron con el comportamiento observado durante los ensayos de fractura en ambos aceros.

La tenacidad a la fractura es una propiedad mecánica independiente, lo que quedó demostrado en el hecho de que el acero HY80 obtuvo valores superiores al HLES80, habiendo sido este último superior en tracción e impacto.



AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la Dirección de Programas, Investigación y Desarrollo de la Armada, por el constante apoyo en beneficio de la correcta ejecución de esta investigación y la profundidad de sus resultados, a través del Programa de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

Agradezco a la Universidad de Santiago de Chile, por los apoyos brindados en cuanto a la utilización de equipamiento y la flexibilidad horaria para poder llevar a cabo la investigación en sus dependencias.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ritter, J. C., & Baldwin, N. J. (1988). Properties of HY-100 steel for naval construction. Materials Research Lab.
- [2] Industeel (2005). Steel grade for submarine. Industeel Arcelor Group.
- [3] Patino, H., & Rosero, B. (2016). Tratamiento térmico de temple, influencia del medio de enfriamiento. Ciencia e Ingeniería, 8(1), 52-58.
- [4] Yu Lajtin, M. (1977). Metalografía y tratamiento térmico de los metales
- [5] Loyola, J., Vargas, R., (2021). Obtención, estudio y caracterización de un acero con comportamiento TRIP de matriz ferrita-bainítica (TBF) con 0,2%C
- [6] Ashby, M. F., & Jones, D. R. (1986). Engineering Materials 2 (with corrections edition).
- [7] Han, H. N., Lee, C. G., Oh, C. S., Lee, T. H., & Kim, S. J. (2004). A model for deformation behavior and mechanically induced martensitic transformation of metastable austenitic steel. Acta Materialia, 52(17), 5203-5214.
- [8] Naval Sea Systems Command (2012), Base materials for critical applications.
- [9] Da Silva, L.A. (2017). Estudo da caracterização do consumível nacional na soldagem do aço 80 hles pelo processo de eletrodo revestido na construção de submarinos. Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste
- [10] ASTM E8/E8M-16a, (2010). Standard test methods for tension testing of metallic materials.
- [11] ASTM E23-12c, (2012). "Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials."
- [12] ASTM, "ASTM E1820, (2013). Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness."
- [13] Pastén, L. (2023). Efecto del carbono sobre la tenacidad a la fractura en aceros TWIP/TRIP Fe-20%Mn



“Empleo del helicóptero HH-50, para el cumplimiento de operaciones aéreas antárticas de la Armada de Chile”

T2° Sra. Catalina Galleguillos Cacciuttolo

cgcacciuttolo@gmail.com

RESUMEN

Chile ha estado presente en la Antártica desde 1906, y es signatario del Tratado Antártico desde 1959. Las Fuerzas Armadas, deben contribuir con la protección del territorio, búsqueda y rescate, apoyo logístico y fomento de la investigación científica en dicho territorio, por lo que cada año se realizan comisiones antárticas, que son apoyadas por los helicópteros UH-05 "Bölkow", quienes ya cumplen más de 30 años al servicio de la Institución. Por lo que, surge la necesidad de una nueva aeronave que cumpla esta tarea. En la Directiva de Operaciones de la Aviación Naval N° 115, establece que el helicóptero que opere en la Antártica no debe ser monomotor. Dicha prohibición se adoptó con la visión de un helicóptero monomotor como el UH-57 "Jet Ranger", que fue reemplazado por el HH-50 en 2020, quien es superior en capacidades y tecnología, por ende es necesario evaluar si el helicóptero HH-50 puede realizar de manera segura las operaciones aéreas. Palabras clave: Monomotor, HH-50, Antártica, Operaciones Aéreas.

ABSTRAC

Chile has been present in Antarctica since 1906 and has been a signatory to the Antarctic Treaty since 1959. The Armed Forces are required to contribute to the protection of the territory, search and rescue operations, logistical support, and the promotion of scientific research in the region. Annual Antarctic missions are conducted with the support of UH-05 "Bölkow" helicopters, which have been in service for over 30 years. Consequently, there is a need for a new aircraft to fulfill these tasks. According to Naval Aviation Operations Directive No. 115, the helicopter operating in Antarctica must not be single-engine. This prohibition was established based on the perception of single-engine helicopters like the UH-57 "Jet Ranger," replaced by the HH-50 in 2020, which boasts superior capabilities and technology. Therefore, it is necessary to assess whether the HH-50 helicopter can safely perform aerial operations.

Key words: Single-engine, HH-50, Antarctica, Aerial Operations.



INTRODUCCIÓN

Chile ha mantenido presencia en la Antártica desde su primera expedición en 1906, evolucionando hacia ser signatario del Tratado Antártico en 1959 y, consecuentemente, convertirse en Miembro Consultivo del Sistema del Tratado Antártico. El Libro de Defensa Nacional establece la obligación de las Fuerzas Armadas (FF.AA.) de utilizar sus capacidades operativas para alcanzar los objetivos definidos por la Política Antártica Nacional (PAN) establecida en 1983. Estos objetivos incluyen la salvaguardia de los derechos soberanos de Chile sobre el Territorio Antártico, la realización de tareas de protección de la vida humana, búsqueda y rescate terrestre, marítimo y aéreo, apoyo logístico y fortalecimiento de la conectividad entre Chile Continental y el Continente Antártico. Además, se destaca la contribución a la investigación científica en la región a través del Instituto Antártico Chileno.

Para cumplir con estos objetivos, la Armada de Chile lleva a cabo misiones antárticas periódicas utilizando helicópteros de la Aviación Naval, específicamente el UH-05 "Bölkow", para transporte de pasajeros y carga, reabastecimiento de bases nacionales, reconocimiento y exploración. A pesar de su papel crucial en campañas antárticas durante más de 30 años, la flota de UH-05 está programada para su retiro gradual a partir de 2024, lo que implica la necesidad de introducir una nueva aeronave.

Sin embargo, cualquier aeronave de ala rotatoria que la reemplace debe cumplir con las pautas establecidas en la Directiva de Operaciones de la Aviación Naval N°115, que, debido a las duras condiciones climáticas en el sur de Chile y la Antártica, prohíbe las operaciones de helicópteros monomotores en la región antártica.

Esta prohibición se originó durante el uso del helicóptero monomotor UH-57 "Jet Ranger" por parte de la Aviación Naval en campañas antárticas, posteriormente reemplazado por el HH-50 en 2020 a través del Proyecto "Gaviota". El HH-50, con capacidades, tecnología y seguridad mejoradas, se utiliza actualmente en la Antártica, el Ártico y la región del Everest por empresas civiles. Sin embargo, aún no existe un estudio institucional que justifique la prohibición de operar tales helicópteros en la Antártica.



Considerando estos aspectos, se aconseja realizar un estudio para evaluar si las capacidades operativas de los helicópteros monomotores HH-50 de la Aviación Naval pueden llevar a cabo de manera segura las operaciones aéreas requeridas en campañas antárticas. Los resultados de este estudio identificarán criterios operativos para el desempeño seguro del helicóptero HH-50 en misiones antárticas, estableciendo así un espectro de alternativas para satisfacer los requisitos operativos en la Antártica.

REVISIÓN DE BIOGRAFIA

La Comisión Antártica de la Armada de Chile (COMANTAR) lleva a cabo anualmente la operación desde la inauguración de la Base Naval Antártica "Capitán Arturo Prat" en 1947. Esta comisión, que se extiende de noviembre a marzo, se adapta a factores meteorológicos, como temperatura y luz diurna, para garantizar el acceso seguro de las unidades navales a la Antártica. Su misión principal es satisfacer necesidades logísticas de Operadores Antárticos Nacionales e Internacionales, facilitando el transporte estratégico de personal, material y apoyo a la ciencia.

La COMANTAR sigue la Directiva de la Comandancia en Jefe de la Armada ORD N°3610/4033 VRS, 2022, que establece responsabilidades y objetivos anuales, supervisada por el Estado Mayor General de la Armada (EMGA). En ella se establecen las siguientes tareas:

- La apertura de bases estacionales, lo cual conlleva el traslado de personal y suministros esenciales, seguido por el reabastecimiento de suministros y la gestión de residuos.
- La Patrulla Antártica Naval Combinada (PANC), que corresponde a una operación conjunta con Argentina para patrullar la región antártica, realizar control y vigilancia, y brindar asistencia a bases antárticas.
- Inspecciones a buques, cartografía, toma de muestras científicas y apoyo logístico.
- Mantenimiento y fiscalización de la señalización marítima para garantizar el cumplimiento de regulaciones.
- Apoyo a la comunidad científica, a través del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) y la participación en la Comisión para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR), contribuyendo al monitoreo y estudio de los ecosistemas antárticos y la conservación de recursos marinos vivos.



La dirección operativa de la COMANTAR recae en la Comandancia en Jefe de la Tercera Zona Naval, asignada con los recursos necesarios para su ejecución. Actualmente, cuenta con la participación de diversas unidades navales, destacando el OPV "Marinero Fuentealba", el ATF "Galvarino" de la Tercera Zona Naval, el AP "Aguiles" de la Primera Zona Naval y el ATF "Janequeo" del Comando Anfibio y Transportes Navales.

Para satisfacer los requisitos operativos y logísticos de los buques AP "Aguiles" y OPV "Marinero Fuentealba", se asignan dos helicópteros UH-05, con 100 horas de vuelo disponibles para desarrollar las siguientes tareas:

- Transporte de personal, especialmente para llegar a áreas remotas o de difícil acceso, facilitando el traslado de científicos, personal de mantenimiento de señalización marítima, inspectores antárticos y autoridades a ubicaciones específicas.
- Evacuaciones aeromédicas, que cuales son críticas dada la naturaleza remota y la limitada infraestructura médica en la Antártica, permitiendo el rápido transporte de personas enfermas o heridas a centros de atención médica.
- Operaciones SAR en condiciones climáticas extremas, con el objetivo de realizar rescates exitosos.
- Guía exploratorio, para recopilar información sobre la presencia de hielo en la ruta de navegación de los buques, brindando una ventaja estratégica al Comandante para tomar decisiones informadas.



La elección de las aeronaves para desarrollar las tareas mencionadas anteriormente, es definida por la Comandancia en Jefe de la Aviación Naval, quien designa aeronaves del Escuadrón de Helicópteros de Propósitos Generales HU-1 debido a que este escuadrón tiene los siguientes roles relacionados con la COMANTAR:

Roles principales:

- Búsqueda y salvamento de vidas humanas en el mar (SAR).
- Policía marítima.
- Transporte y enlace.

Roles secundarios:

- Operaciones helitransportadas.
- Aeroevacuación médica.
- Control de tráfico marítimo.
- Apoyo a la señalización marítima.
- Apoyo al combate de la contaminación acuática.

Como se puede apreciar, mencionados roles están directamente relacionados con las operaciones aéreas antárticas que se desarrollan durante la COMANTAR.

Los helicópteros de propósitos generales son:

- UH-05 "Bolków".
- HH-65 "Dauphin".
- HH-50 "H-125".

De los cuales, los únicos monomotores son los helicópteros HH-50, lo cual obliga a que los helicópteros que operen en la antártica sean los UH-05 o los HH-65.

Por otro lado, la DIROPAV N°106, define y autoriza los tipos de operación de las Aeronaves de la Aviación Naval, en donde establece los siguientes radios de acción para cada uno de estos helicópteros:

- HH-50:

Norte de Puerto Montt 15 Mn de costa y/o Unidad Naval.

Sur de Puerto Montt 5 Mn de costa y/o Unidad Naval, en caso de contar con medio de rescate en alerta, se amplía a 10 Mn.

- UH-05: hasta 20 Mn, si cuenta con radar meteorológico, hasta 50 Mn.
- HH-65: sólo limitado por su propia autonomía.

Por esto, se privilegia que los helicópteros HH-65, se encuentren en Zonas Navales, ya que así se cuenta con una capacidad de rescate SAR aéreo superior, a que estuvieran otras aeronaves en su lugar.



La dirección operativa de la COMANTAR recae en la Comandancia en Jefe de la Tercera Zona Naval, asignada con los recursos necesarios para su ejecución. Actualmente, cuenta con la participación de diversas unidades navales, destacando el OPV "Marinero Fuentealba", el ATF "Galvarino" de la Tercera Zona Naval, el AP "Aguiles" de la Primera Zona Naval y el ATF "Janequeo" del Comando Anfibio y Transportes Navales.

Para satisfacer los requisitos operativos y logísticos de los buques AP "Aguiles" y OPV "Marinero Fuentealba", se asignan dos helicópteros UH-05, con 100 horas de vuelo disponibles para desarrollar las siguientes tareas:

- Transporte de personal, especialmente para llegar a áreas remotas o de difícil acceso, facilitando el traslado de científicos, personal de mantenimiento de señalización marítima, inspectores antárticos y autoridades a ubicaciones específicas.
- Evacuaciones aeromédicas, que cuales son críticas dada la naturaleza remota y la limitada infraestructura médica en la Antártica, permitiendo el rápido transporte de personas enfermas o heridas a centros de atención médica.
- Operaciones SAR en condiciones climáticas extremas, con el objetivo de realizar rescates exitosos.
- Guía exploratorio, para recopilar información sobre la presencia de hielo en la ruta de navegación de los buques, brindando una ventaja estratégica al Comandante para tomar decisiones informadas.

Considerando lo anterior, la distribución actual es la siguiente:

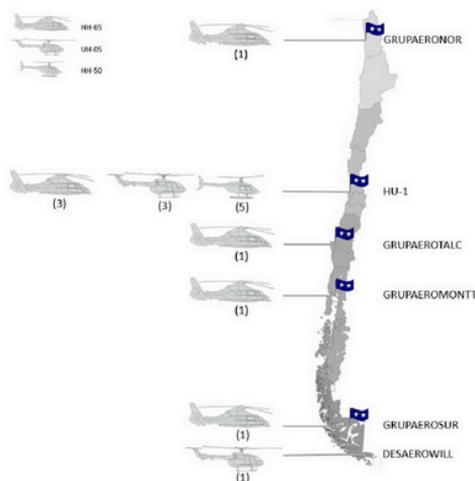


Figura 1: Distribución de Helicópteros de Propósitos Generales.



Se puede concluir, por ende, que la destinación de un helicóptero HH-65 a la COMANTAR, resultaría en una disminución de la capacidad de respuesta SAR aérea de las Zonas Navales.

Sin embargo, las limitaciones establecidas en la DIROPAV N°106, también son basadas en la condición de monomotor del helicóptero HH-50, y en la baja potencia disponible de los helicópteros UH-05. Por lo que, a continuación se analizará la fiabilidad y capacidades del helicóptero HH-50 en las operaciones aéreas antárticas.

METEOROLOGÍA

Para determinar las capacidades y fiabilidad del helicóptero HH-50, se realizó una entrevista semi-estructurada con un muestreo no probabilístico, en donde se privilegia el conocimiento del entrevistado, más que la cantidad de ellos. Dicha entrevista tuvo como objetivo determinar, las características y capacidades que considera el panel de expertos, que debe tener un helicóptero para operar en la Antártica, para posteriormente hacer un análisis documental sobre mencionados conceptos claves. El método para obtener esos conceptos de las entrevistas, es a través del método de Herrera A. (1998), el cual otorga una confiabilidad a cada concepto, basado en la repetición de este por los entrevistados.

RESULTADOS

De lo anterior, se desprende que para operar en la antártica un helicóptero debe contar con una capacidad de carga considerable, ya que las tareas más comunes a realizar son transporte de carga y de personal. En donde, se determinó la capacidad de carga de los Helicópteros de Propósitos Generales, basados en su cálculo de peso y la balance, considerando que cada helicóptero estará equipado con sistema de flotación, tripulación mínima y autonomía para 1 hora de vuelo, obteniendo lo siguiente:



La dirección operativa de la COMANTAR recae en la Comandancia en Jefe de la Tercera Zona Naval, asignada con los recursos necesarios para su ejecución. Actualmente, cuenta con la participación de diversas unidades navales, destacando el OPV "Marinero Fuentealba", el ATF "Galvarino" de la Tercera Zona Naval, el AP "Aguiles" de la Primera Zona Naval y el ATF "Janequeo" del Comando Anfibio y Transportes Navales.

Para satisfacer los requisitos operativos y logísticos de los buques AP "Aguiles" y OPV "Marinero Fuentealba", se asignan dos helicópteros UH-05, con 100 horas de vuelo disponibles para desarrollar las siguientes tareas:

- Transporte de personal, especialmente para llegar a áreas remotas o de difícil acceso, facilitando el traslado de científicos, personal de mantenimiento de señalización marítima, inspectores antárticos y autoridades a ubicaciones específicas.
- Evacuaciones aeromédicas, que cuales son críticas dada la naturaleza remota y la limitada infraestructura médica en la Antártica, permitiendo el rápido transporte de personas enfermas o heridas a centros de atención médica.
- Operaciones SAR en condiciones climáticas extremas, con el objetivo de realizar rescates exitosos.
- Guía exploratorio, para recopilar información sobre la presencia de hielo en la ruta de navegación de los buques, brindando una ventaja estratégica al Comandante para tomar decisiones informadas.

CAPACIDAD DE CARGA	UH-05	HH-65: Fi/N2/N3	HH-50
Carga interna	366 Kg	702 Kg / 759 Kg / 816 Kg	463 Kg
Carga externa	366 Kg	702 Kg / 759 Kg / 816 Kg	893 Kg

Figura 2: Capacidad de Carga



Como se ve reflejado, el helicóptero HH-65 y HH-50, poseen una capacidad de carga superior al helicóptero UH-05, siendo capaz de transportar casi el doble de carga externa. Sin embargo, en cuando a carga interna, el HH-65 es el helicóptero con mayor capacidad, lo cual se podría traducir en una mayor cantidad de pasajeros.

Por otro lado, el tren de aterrizaje tipo Skid Fijo (patines), fue mencionado por los expertos como una característica necesaria para operar en la antártica. Esto debido a la capacidad del helicóptero de posarse en lugares irregulares, y a su vez, la capacidad de desembarcar carga y personal sin la necesidad de posarse, sino apoyando un solo patín, lo cual es utilizado principalmente en embarco y desembarco de personal científico, y en el mantenimiento de la señalización marítima, ya que suele encontrarse en lugares poco accesibles. Este tipo de tren de aterrizaje lo tienen los helicópteros HH-50 y UH-05, sin embargo, el helicóptero HH-65 posee ruedas retráctiles dificultando las maniobras antes mencionadas.

Además, los expertos consideraron que es fundamental que el helicóptero este dotado de radar meteorológico, objeto poder prever condiciones climáticas adversas. Y cuente con equipamiento antihielo en caso de verse inmerso en condiciones de formación de hielo. Los helicópteros UH-05 y algunos HH-65, cuentan con radar meteorológico, sin embargo, el helicóptero HH-50 no tiene, lo cual constituye una desventaja a la hora de prever dichas condiciones. En cuanto al equipamiento antihielo, los tres modelos cuentan con una resistencia eléctrica en el tubo pitot que evita que este se congele.

Finalmente, el panel de expertos determino, que para que un helicóptero opere en la antártica, debe ser bimotor, debido a la probabilidad de ocurrencia de la falla de uno de estos motores. En caso que eso ocurra, la aeronave bimotor debería ser capaz de continuar su vuelo, a diferencia de la monomotor de que debe aterrizar por medio de una autorotación a la superficie. Como se mencionó, el helicóptero HH-50 es el único helicóptero monomotor de los helicópteros de propósitos generales, por lo que esto también constituye una desventaja frente a sus pares.

DESARROLLO

De los resultados obtenidos se puede concluir que constituye una ventaja para el helicóptero HH-50 su gran capacidad de carga externa, ya que permite un desarrollo de las operaciones aéreas en un menor tiempo, y eso implica un menor tiempo de exposición al riesgo inherente de la operación, además permite aprovechar de mejor manera las escasas ventanas meteorológicas que permiten las operaciones aéreas en la antártica, haciendo mas eficientes los trabajos a desarrollar, y finalmente disminuyendo el tiempo disminuye su consumo, sumado a que el helicóptero HH-50, es aquel con menor consumo y que desarrollaría las tareas en un menor tiempo, aprovechando así de mejor manera los recursos. Por otro lado, la versatilidad del tren de aterrizaje le permite acceder a lugares mas confinados y que no cuenten con una superficie regular, esto amplia el espectro de operaciones a desarrollar por el helicóptero.

Con respecto a las desventajas, la carencia de radar meteorológico se traduce en una falta de información meteorológica actualizada, dejándolo susceptible a condiciones climáticas adversas como precipitaciones, nieve y nubosidad. Sin embargo, una colaboración entre Avionic Services, junto con Bendix/King, líder en diseño de aviónica, llevó a la integración con éxito del radar RDR 2000/2060, en helicópteros AS350 en 2017, y actualmente se encuentra disponible en el mercado. Proporciona una imagen vertical, que permite identificar el alcance del fenómeno, logra identificar la dirección del movimiento, la rapidez de su formación, entre otros.



Figura 3: RDR 2000/2060.



Por lo que dicha desventaja podría ser solventada, con la adquisición de dicho radar y su instalación en los helicópteros HH-50.

Finalmente, en cuando a la condición de monomotor se considera una desventaja debido a la probabilidad de falla de su turbina (Ariel 2D), por lo que, se analizó el índice de confiabilidad Informe de Progreso de Turbinas Ariel 2 del año 2017:

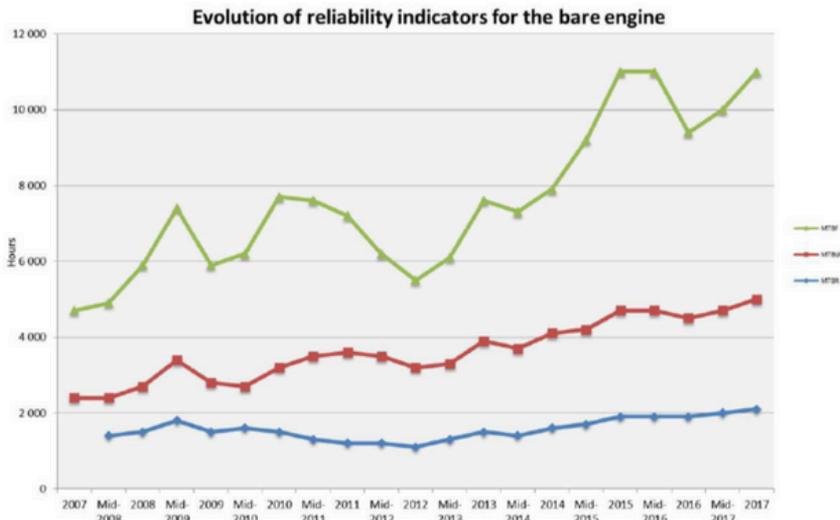


Figura 4: Índice de confiabilidad turbinas Ariel 2.

Para analizar el gráfico anterior, es necesario definir:

- El tiempo entre fallas (MTBF) es la frecuencia promedio de la ocurrencia de una falla en un sistema, componente o dispositivo, a mayor tiempo, se infiere que más confiable es el sistema, ya que puede operar por más tiempo sin experimentar fallas.
- El tiempo entre retiros no programados (MTBUR) corresponde a la frecuencia promedio en que la turbina, en este caso, debe ser removida por una falla de un sistema, componente o dispositivo para reparación o mantenimiento.
- El tiempo entre reemplazo (MTBR), corresponde al tiempo promedio que transcurre en el que se debe reemplazar un componente, ya sea por mantenimiento o falla, este indicador es muy utilizado para planificar el mantenimiento correctivo de la turbina.



Una vez definido lo anterior, del gráfico se puede desprender lo siguiente: El MTBF de las turbinas Arriel 2D se estima en alrededor de 11,000 horas de vuelo. En otras palabras, según los datos proporcionados por Safran Helicopters, se espera que transcurran unas 11,000 horas de vuelo antes de que se presente una falla en algún componente de esta turbina.

Actualmente, de acuerdo con la información recopilada en Siglan, los helicópteros HH-50 de la Aviación Naval han acumulado un promedio de 400 horas de vuelo. Cabe destacar que el N-21, el primer helicóptero adquirido, registra la mayor cantidad de horas de vuelo, alcanzando las 722.4 horas desde su primer vuelo el 24 de diciembre de 2020. Esto da como resultado un promedio anual de vuelo de 265.6 horas.

Basándonos en estos datos, se puede deducir que el MTBF, traducido a años, sugiere que todavía quedan alrededor de 38 años y 8 meses antes de que se alcancen las horas de vuelo en las que sería esperable que ocurra alguna falla en un componente de la turbina.

Por otro lado, el MTBUR se sitúa alrededor de las 5,000 horas de vuelo. En consecuencia, utilizando la misma información previamente mencionada, se puede deducir que quedan alrededor de 16 años de operación para la aeronave N-21 antes de que sea necesario realizar un mantenimiento no programado en su turbina debido a alguna eventual falla.

Para concluir, el MTBR se calcula en alrededor de 2,000 horas de vuelo, lo que implica que faltan unos 4 años y 9 meses antes de que sea necesario llevar a cabo el reemplazo de algún componente en la turbina. Este reemplazo puede ser realizado como parte de actividades de mantenimiento planificadas.

Objeto complementar lo anterior, se realizó una investigación sobre los accidentes que han involucrado al helicóptero HH-50. Se analizó, la data perteneciente al Ministerio de Transporte de Estados Unidos (DOT), quien creó una entidad especializada en la investigación de accidentes de transporte del país, abarcando medios aéreos y terrestres, es llamada Junta Nacional de Seguridad de Transporte (NTSB) la cual contiene la información de todos los accidentes e incidentes de aviación ocurridos en EE.UU. desde 1962 hasta el presente, considerando a su vez que Estados Unidos cuenta con más del 40% de la flota de turbinas Arriel 2.



De la información anterior, se encontraron 13 accidentes que involucran una falla de turbina de un helicóptero AS350 de cualquier variante, de ellas 7 fueron por error en su mantenimiento, 5 por errores de operación por parte del piloto y 1 por causa aún desconocida, en la cual el apagón de la turbina fue causado por corte en el paso de combustible, el helicóptero en cuestión corresponde a un AS350 B2 equipado con una turbina Arriel 1D1, por lo que, no existen accidentes por falla de turbina en turbinas Arriel 2, que no sean por error del operador y/o mantenedor.

Finalmente, para evaluar la factibilidad de la operación de este helicóptero en la Antártica, se recopiló información sobre los operadores de estos helicópteros que llevan a cabo vuelos en entornos caracterizados por climas fríos y condiciones meteorológicas extremas, similares a las que se encuentran en la Antártica o que operen directamente en el continente Antártico. Encontrando los siguientes operadores civiles:

- Canadian Helicopters.
- Ultimate Heli.
- Southern Lakes Helicopters.
- Dap Airline.
- Air Center Helicopters.
- HELIPOLAND.

Según la información recabada, estos operadores realizan operaciones aéreas en temperaturas de -40°C y hasta altitudes de 13.500 pies, sin inconvenientes en su operación, ni con suplementos adicionales, por lo que su factibilidad de operación ha sido demostrada anteriormente por ellos.



CRITERIO DE OPERACIONES

Para determinar los criterios de operación bajo los cuales el helicóptero HH-50 puede operar en la Antártica, se consideró lo expuesto anteriormente, en donde se determinó la probabilidad de ocurrencia de una falla de la turbina Arriel 2D es baja, basado en los índices de confiabilidad de la turbina y la nula existencia de accidentes o incidentes provocados por la falla de ésta, en más del 40% de su flota.

Por lo anterior, de acuerdo a la Directiva Subsidiaria de Manejo de Riesgo Operacional emitida por el Comando de Operaciones Navales (COMOPER) su probabilidad de ocurrencia corresponde a una categoría D, de acuerdo a las siguientes definiciones:

Probabilidad de ocurrencia:

- SUBCATEGORÍA A: Inmediata o dentro de un periodo corto de tiempo.
- SUBCATEGORÍA B: Probable o durante la operación.
- SUBCATEGORÍA C: Posible, es razonable esperarlo.
- SUBCATEGORÍA D: Improbable, no es probable que ocurra.

En relación a la severidad potencial de una eventual falla de motor, como se mencionó anteriormente, se desencadenaría en una maniobra de autorrotación obligando a llevar a cabo un amarizaje o aterrizaje de emergencia, lo cual podría resultar en daños al helicóptero y/o muerte de sus tripulantes por la exposición a las condiciones meteorológicas, por lo que, de acuerdo a la misma directiva antes mencionada, la severidad se clasificaría en Categoría I, de acuerdo a las siguientes definiciones:

Severidad de las consecuencias:

- CATEGORÍA I: Muerte o pérdida de recursos graves.
- CATEGORÍA II: Heridas graves o pérdidas significativas.
- CATEGORÍA III: Lesiones menores, daños menores.
- CATEGORÍA IV: Mínima a la seguridad o salud.

De lo anterior, resulta un código de evaluación de riesgo moderado, en conformidad con la matriz de riesgo operacional que sigue:



		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
SEVERIDAD	I	1	1	2	3
	II	1	2	3	4
	III	2	3	4	5
	IV	3	4	5	5

Figura 5: Matriz de Riesgo Operacional.

- Dicho código de riesgo, está enmarcado dentro del rango de seguridad operacional, establecido por el COMOPER a todas las Unidades y Medios bajo su mando.
- Y las medidas de mitigación asociadas a reducir la severidad del riesgo, se definirán considerando lo siguiente:
- -El helicóptero HH-50 está equipado con un sistema de flotación que aseguraría que la aeronave y su tripulación se mantengan sobre el agua. Sin embargo, en un escenario adverso en el que la maniobra de amarizaje no sea ejecutada adecuadamente o surjan inconvenientes con el sistema de flotación, existe la posibilidad de que la tripulación termine en el agua. En tales circunstancias, el tiempo de reacción y las acciones a seguir son cruciales debido al bajo tiempo de supervivencia ante la exposición a aguas de dichas temperaturas. Para determinar lo anterior, se utilizará lo establecido en la Directiva de la Comandancia de la Aviación Naval Seguridad Operacional (DIRSEGAV) N° 823, adjunta en el Anexo A, la cual establece medidas para efectuar la planificación de operaciones aéreas sobre mar considerando la temperatura superficial del mar. En ella se indica que la menor temperatura promedio, del agua superficial de la Antártica (Base Prat) durante los meses de diciembre a marzo, la menor es de 1,1°C, que en concordancia con los gráficos N°1 y N°2, corresponde a un tiempo de supervivencia de menos de 45 minutos sin traje antiexposición y de 2 horas 30 minutos con traje antiexposición aproximadamente.



- En caso de un amarizaje de emergencia en una COMANTAR, un posible medio de rescate disponible para asistir a la tripulación podría ser otra aeronave en vuelo. Si esta aeronave se desplaza a una velocidad de 100 nudos (KT), sería capaz de cubrir una distancia de 50 millas náuticas (MN) en un período de 30 minutos, lo que permitiría llegar a la tripulación sin trajes antiexposición antes de que su tiempo de supervivencia se agote. Además, podría recorrer una distancia de 225 MN en 2 horas y 15 minutos, en el caso de que la tripulación esté equipada con trajes antiexposición.
- En el escenario en el que no se disponga de otra aeronave para el rescate, una embarcación de salvamento podría ser una alternativa. Sin embargo, es importante destacar que estas embarcaciones suelen tener limitaciones de velocidad, con velocidades que normalmente rondan los 30 KT. Sin embargo, por motivos de seguridad en presencia de hielo, estas embarcaciones suelen mantener velocidades de no más de 15 KT. Por lo tanto, en un lapso de 30 minutos, sería capaz de recorrer una distancia de aproximadamente 7.5 MN, mientras que en 2 horas y 15 minutos podría cubrir una distancia de 33 MN.
-
- Considerando lo anterior se proponen los siguientes criterios operativos para la operación del helicóptero HH-50 en operaciones antárticas:
-
- a. Modificar la DIROPAV N°115 Y N°106, eliminando la prohibición para un helicóptero monomotor en la Antártica.
- b. Autorizar la operación antártica del helicóptero HH-50 bajo el siguiente radio de acción:

TRAJE ANTIEXPOSICION	MEDIO DE RESCATE	
	EMBARCACIÓN	HELICÓPTERO
SÍ	20 MN	20 MN
NO	05 MN	15 MN

Figura 6: Radio de Acción HH-50.



CONCLUSIONES

- 1.El manual de operación del helicóptero HH-50 no prohíbe su despliegue en climas adversos como la Antártica. Las características distintivas del HH-50, como su capacidad de carga eficiente y su diseño de tren de aterrizaje con patines, lo hacen adaptable y eficaz en diversas condiciones operativas. Operadores civiles han demostrado su capacidad para enfrentar temperaturas extremas y altitudes elevadas en la Antártica, respaldando su idoneidad en entornos desafiantes.
- 2.La turbina Arriel 2D del HH-50 ha demostrado una alta fiabilidad, con registros de fallas previsibles en condiciones de uso prolongado. El monitoreo constante a través del sistema, que junto con la falta de registros de fallas mecánicas, respalda su confiabilidad en operaciones extensas.
- 3.La carencia de radar en el HH-50 no impide su operación en la Antártica, aunque limita las operaciones a más de 20 millas náuticas si el radar no está operativo. Se proponen alternativas viables para obtener información meteorológica en el HH-50 y mitigar esta desventaja.
- 4.La operación del HH-50 en la Antártica se sitúa dentro del rango de Seguridad Operativa, con un riesgo moderado. Las medidas de mitigación incluyen la implementación de un radio de acción para la pronta asistencia y la preparación de medios aéreos y de superficie para responder a emergencias, reduciendo la severidad del riesgo.

1. Airbus Helicopter (2020). Flight Manual: AS350 B3e.
2. AIRBUS (2021). Options Catalogue.
3. Comandancia de Aviación Naval (2021). Ficha Logística UH-05.
4. Comandancia de Aviación Naval (2021). Ficha Logística HH-65.
5. Comandancia de Aviación Naval (2021). Ficha Logística H-125.
6. Comandancia en Jefe de la Armada (2022). Directiva de la Comandancia en Jefe de la Armada ORD. N° 3610/4033 VRS.
7. Comandancia de la Aviación Naval (2016). Directiva de Operaciones N°110.
8. Comandancia de la Aviación Naval (2018). Directiva de Seguridad Operacional N°823.
9. Comandancia de la Aviación Naval (2022). Directiva de Operaciones N°106.
10. Comandancia de la Aviación Naval (2022). Directiva de Operaciones N°115.
11. Consejo de Política Antártica (2021). Plan Estratégico Antártico 2021-2025.
12. EASA (2021). Type-certificate data sheet.
13. Escuadrón de Helicópteros de Propósitos Generales (2022). Manual de Empleo Operativo Aeronave UH-05.
14. Escuadrón de Helicópteros de Propósitos Generales (2022). Manual de Empleo Operativo Aeronave HH-65.
15. Escuadrón de Helicópteros de Propósitos Generales (2022). Manual de Empleo Operativo Aeronave HH-50.
16. Grupo Aeronaval Sur "Punta Arenas" (2023). Informe de Experiencias: "Operación de helicóptero HH-65 en Territorio Chileno antártico".
17. Hernández Sampieri (2003). Libro de Metodología de la Investigación.
18. Ministerio de Defensa Nacional (2017). Libro de la Defensa Nacional 2017.
19. SAFRAN (s/f). Arriel 2D, The modern workhorse N°1 on it's markets.
20. SAFRAN (2018). Progress Report: Arriel 2&2+.
21. 56° Consejo de Política Antártica (2021). Política Antártica Nacional 2021.





Uso de ROV sumergibles en la salmonicultura para disminuir accidentes de buzos profesionales

T2° LT Srta. *Javiera Serrano Rodríguez*1

javieraserrano.r@gmail.com

RESUMEN

La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante registra un alto número de accidentes de buzos profesionales; la documentación estudiada señala que las principales causas de estos accidentes se deben al no cumplimiento de las normativas de seguridad vigentes, principalmente relacionado al desconocimiento de los riesgos asociados al buceo y las malas prácticas laborales del sector. En ese contexto, y dada la necesidad de aumentar la seguridad y eficiencia de las operaciones dentro de la salmonicultura, se implementa el uso de ROV sumergibles de forma complementaria y suplementaria a las tareas del buzo profesional. Actualmente un ROV es capaz de realizar trabajos similares a las de un buzo profesional, con la ventaja de alcanzar mayores profundidades y tiempos de inmersión; en consecuencia, se reduce la exposición del buzo, disminuyendo así la probabilidad de ocurrencia de los accidentes.

Palabras Clave: ROV Sumergible – Buzo Profesional – Salmonicultura – Accidente.

ABSTRACT

The General Directorate of the Maritime Territory and Merchant Marine registers a high number of accidents involving professional divers; The documentation studied indicates that the main causes of these accidents are due to non-compliance with current safety regulations, mainly related to ignorance of the risks associated with diving and poor labor practices in the sector. In this context, and given the need to increase the safety and efficiency of operations within salmon farming, the use of submersible ROVs is implemented in a complementary and supplementary way to the tasks of the professional diver. Currently, an ROV is capable of performing jobs similar to those of a professional diver, with the advantage of reaching greater depths and immersion times; consequently, the diver's exposure is reduced, thus reducing the probability of accidents occurring.

Keywords: Submersible ROV – Professional Diver- Salmon Farming – Accident.

Licenciada en Ciencias Navales.

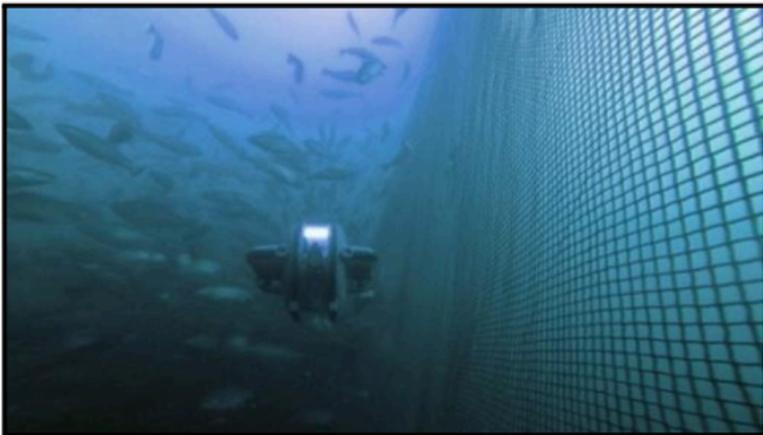


Imagen: ROV en Salmonicultura.

Fuente: [deeptrekker.com](https://www.deeptrekker.com)



INTRODUCCIÓN

La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar) registra un alto número de accidentes de buceo². Estos registros, que abarcan data desde el año 2004 a la fecha, señalan accidentes generales de buceo tanto de buzos profesionales como deportivos, pero también, detallan aquellos accidentes ocurridos específicamente dentro de la salmonicultura. Esta distinción se explica dado que cerca del 88%³ de las solicitudes de faenas de buceo que recibe anualmente la Autoridad Marítima son para trabajos en salmonicultura. Además, por la importancia de la industria salmoneera para la economía del país: "Chile es el segundo productor de salmónidos en el mundo después de Noruega, concentrado el 28% de la producción mundial" (Consejo del Salmón, 2020), además de ser uno de sus principales productos de exportación. En ese contexto, y ante la necesidad de aumentar la seguridad y eficiencia de las operaciones dentro de la salmonicultura, surge la utilización de ROV sumergibles como una atractiva alternativa para la industria del salmón. Lo cierto es que ya desde el año 2017 aproximadamente, la salmonicultura chilena está gozando de los beneficios de la robótica submarina para sus distintas faenas. (Aqua, 2017; Aqua, 2020) El análisis sobre la implementación actual de ROV sumergibles dentro de la salmonicultura, y su efecto en la disminución de los accidentes de los buzos profesionales, que se desarrollará a lo largo del presente ensayo, se llevó a cabo gracias a la recolección de datos mediante una entrevista, cuyo análisis se efectuó con la técnica F.O.D.A.



DESARROLLO

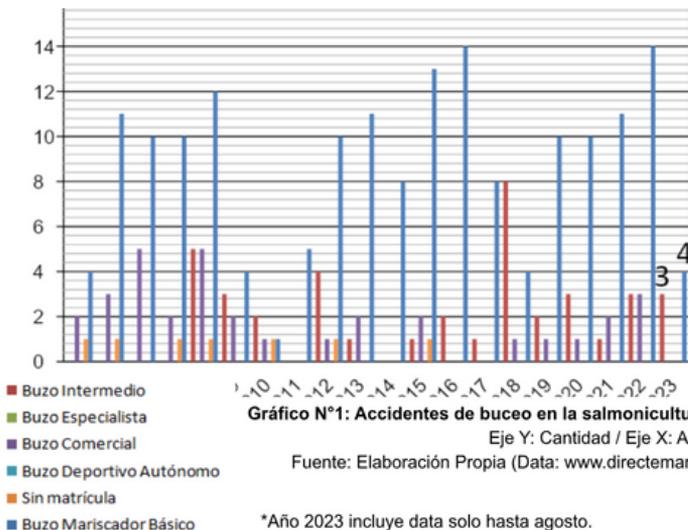
Accidentabilidad de buzos profesionales en la salmonicultura.

El registro de los accidentes de buceo publicado por la Directemar en su sitio web, llamado estadística de accidentes de buceo profesional 2023, interesantemente detalla específicamente aquellos accidentes de buceo ocurridos dentro de la salmonicultura, agrupados por gravedad (leve, grave o muerte) y por matrícula.

El Gráfico N°1 señala los accidentes de buceo en salmonicultura agrupados por matrícula, donde se observa que desde el año 2004 a la fecha han ocurrido 253 accidentes, sin observarse una clara tendencia a la baja o alza. También se observa que quienes presentan mayor accidentabilidad son el buzo mariscador básico, seguido del buzo mariscador intermedio, quienes en base a sus potestades definidas en la Circular D.G.T.M. y M. M. ORD A-42/002 de fecha 02 de junio de 2006, son quienes poseen mayores restricciones de profundidad de inmersión, debido a que requieren menos exigencias teóricas y prácticas en la obtención de su matrícula.

“Estadística de accidentes de buceo profesional 2023” de la Directemar.

3. El año 2022 la Autoridad Marítima recibió 34.069 solicitudes para faenas de buceo, de las cuales 30.533 fueron ligadas a la salmonicultura. (Dpto. de Buceo y Deportes Náuticos de la Dirinmar)





Principales causas de los accidentes de buzos profesionales.

Para determinar las principales causas de los accidentes se analizó 5 investigaciones que abordan las prácticas de los buzos profesionales en la salmonicultura, identificando aquellos riesgos relacionados o que más se repetían. El detalle de las investigaciones estudiadas es el siguiente: *estudio observacional de buzos dedicados a la acuicultura, de los años 2014 a 2019*, publicado el año 2022 por la SUSESO; *estudio observacional de buzos dedicados a la acuicultura, del año 2018*, publicado el año 2022 por la SUSESO; *análisis de accidentabilidad en buceo y resultados del servicio para solicitudes de faenas de buceo online*, informe técnico publicado el año 2021 por el CF LT (R) Sr. Sebastián Herrera K.; *Osteonecrosis Disbárica: la silenciosa enfermedad que corroe los huesos de los buzos salmoneros al sur de Chile*, reportaje publicado el año 2023 por el medio de prensa Ladera Sur; y finalmente, *Tragedia bajo el agua: los buzos que mueren y se accidentan trabajando para la Industria Salmonera*, reportaje publicado el año 2023 por el medio de prensa Ladera Sur.

Al comparar las 5 investigaciones mencionadas, cuyo análisis detallado se desarrolló en el trabajo de titulación citado de la misma autora, se obtiene que las principales causas de los accidentes de buzos profesionales en la salmonicultura se deben: al desconocimiento de los riesgos asociados al buceo y al poco autocuidado por parte del buzo; a que no se respetan los límites de profundidad reglamentarios; a las enfermedades preexistentes y malos hábitos del buzo; a los riesgos asociados al *buceo yo-yo*; a las irregularidades del sector y malas prácticas de los empleadores; y a la débil fiscalización.

Es relevante destacar que, en base al párrafo precedente, se explica porqué los buzos mariscadores básicos y buzos mariscadores intermedios son quienes más se accidentan: porque son quienes cuentan con menor preparación, quedando vulnerables a la realización de malas prácticas en el buceo.

Las causas identificadas implican que las medidas que a futuro se establezcan no deben enfocarse en la creación de normativa más rigurosa, porque la vigente no se está respetando; en ese contexto, como una alternativa para hacer las faenas de buceo más seguras, surge la utilización de robótica submarina.



Imagen: Buzo en reparación de red lobera.
Fuente: youtube.com (comirov)

En la imagen se observa un buzo en reparación de red lobera. Es importante mantener la vigilancia permanente de las redes pecera y lobera, no solo ante roturas por el ataque de animales en busca de alimento, sino también para mantener su limpieza, y por ende, la correcta circulación del agua y oxigenación. Actualmente los buzos profesionales en la salmonicultura realizan tareas de: faenas de fondeo de muertos; faenas en instalación, movimiento, limpieza y reparación de redes peceras y loberas; retiro de mortalidad de peces, y reparación de tensores; sin perjuicio de otras operaciones propias del proceso de engorda del salmón que puedan ser requeridas.

Análisis de la implementación de ROV sumergibles en la salmonicultura y su efecto en la disminución de accidentes de buzos profesionales.

Antes de comenzar el análisis, lo primero es precisar qué es un ROV sumergible y qué tareas realizan en la industria del salmón:

ROV proviene de su sigla en inglés Remotely Operated Vehicle, que en español se traduce como Vehículo Operado Remotamente, es decir, aquellos robots operados por un humano sin estar físicamente dentro de él. Existen diversos modelos con diferentes tecnologías y capacidades conforme a la tarea para la cual fueron diseñados; como diferentes resistencias, duración de batería, profundidades máximas, peso, sistemas de propulsión, largo del cable, capacidad y rotación de la cámara, sensores, entre otras características. Algunos de ellos necesitan ser utilizados desde la superficie con un cable conector, otros pueden ser operados a distancia (Aqua, 2017; Deep Trekker, s.f.). Incluso hay diseños de ROV con sistemas de pilotaje automático autopropulsados, para condiciones ambientales muy adversas, áreas obstruidas donde el umbilical pueda quedar atrapado o para inspecciones de largo alcance. (ECA Group, s.f.)



búsqueda y rescate; asistencia a submarinos en peligro; recuperación de *cajas negras*; monitoreo de cables submarinos; reconocimiento de aguas profundas; protección portuaria; en apoyo a labores policiales como en recolección de evidencias y/o de cuerpos; inspección de cascos; inspección de plataformas; recuperación de restos náuticos u objetos en general; investigación científica; vigilancia; asistencia a buzos; y trabajos de acuicultura. (Deep Trekker, s.f; ECA Group, s.f.)

Para ser un operador de ROV sumergible, quienes son llamados *pilotos de ROV*, existen diversos centros de capacitación, algunos de ellos son AEROSUB, AUSO CAPACITACIONES, TRI-CHILE e INNOROV, donde se imparte, además del curso mismo como piloto ROV, cursos técnicos para mantenimiento y otros para operaciones específicas, como por ejemplo, curso para inspecciones a líneas de fondeo. En general, actualmente en Chile no hay mayores limitaciones para convertirse en piloto ROV en cuanto a educación previa, aunque se debe considerar que idealmente el piloto debe ser capaz de interpretar los datos que está recibiendo, y entender el trabajo que está realizando. Además, se debe considerar que se trabajará normalmente en un ambiente que requiere de un buen estado físico para enfrentarse a las exigencias del trabajo marítimo en general, donde habitualmente se opera sobre una embarcación, expuesto por horas al frío o calor intenso.

En Chile existen diversas empresas que fabrican, reparan y/o importan ROV desde el extranjero, tales como AQUAROV, TEKSUB, ROVCHILE, NEXSUB, ROVSERVICE, OCEANROV, ROBOTICSCHILE, PATAGONIAROV, TECNOROV, entre otros; también existen empresas extranjeras con sedes en Chile, como NIDROBOTICS, OCEIN y DEEP TREKKER.

Específicamente en la industria del salmón, las tareas que realizan los ROV sumergibles se resumen en: inspección, limpieza y reparación de redes de cultivo, remoción de mortalidad de peces, inspección de líneas de fondeo, fertilización y oxigenación, vigilancia, recuperación de datos ambientales, y medición del tamaño de los peces. (Aqua, 2017, Aqua, 2020; Aquafeed, 2020; Deep Trekker, s.f.).

La forma en que trabajan los operadores de ROV sumergibles es similar al sistema de contratación de un buzo profesional. Ellos pertenecen a servicios externos subcontratados por los centros de cultivo para sus diferentes faenas, de la misma forma en que se subcontrata a las empresas que prestan servicios de buceo, y otras actividades subcontratadas como transporte, vigilancia, etc., sin perjuicio de los trabajadores internos propios que pueden tener contratados cada empresa principal.

Con respecto a la regulación de ROV sumergibles, tanto en su uso general como en su uso específico en salmonicultura, es importante precisar que en Chile no se aprecia normativa vigente en la materia.

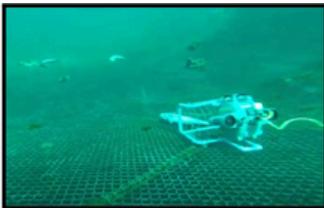


Imagen: ROV en remoción de mortalidad.
Fuente: Gutiérrez, C.



Imagen: ROV en reparación de red con técnica de parche.
Fuente: salmonexpert.cl



Imagen: ROV en reparación de red con técnica de mosquetones.
Fuente: technorov.cl



Para analizar la implementación de ROV sumergibles en la salmonicultura se utilizó la técnica de análisis F.O.D.A. en base a una entrevista de 7 preguntas realizada a 10 expertos (detalle en anexo A) en las áreas de buceo profesional, salmonicultura y/o ROV sumergibles. Además, se complementó la información recopilada con la utilización de dos reportajes del medio de prensa técnico Aqua: Salmonicultura chilena ya está gozando los beneficios de los robots submarinos, publicado el año 2017 y Tecnología especializada: La irrupción de los ROVs en los cultivos de salmón, publicado el año 2020, respectivamente referenciados.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

1. ¿En qué grado o nivel de implementación, estima Ud., se encuentra actualmente el uso de ROV sumergibles en la Industria del Salmón?
2. ¿Cree Ud. que el uso de ROV sumergibles ayuda a mejorar la seguridad de las faenas de buceo, y por lo tanto, a la disminución de los accidentes de buzos profesionales en la salmonicultura?
3. ¿En qué nivel, estima Ud., actualmente el uso de ROV sumergibles ha reemplazado la labor del buzo profesional?
4. ¿Cree Ud. que a futuro los ROV sumergibles podrán reemplazar completamente al ser humano, para trabajos que actualmente debe realizar un buzo profesional?
5. ¿Podría Ud. señalar debilidades y/o efectos secundarios negativos, actuales y futuros, que implica la implementación de ROV sumergibles para la Industria Salmonera? Tanto en aspectos operacionales, sociales, económicos, medio ambientales, entre otros que estime pertinentes.
6. ¿Podría Ud. señalar fortalezas y/o efectos secundarios positivos, actuales y futuros, que implica la implementación de ROV sumergibles para la Industria Salmonera? Tanto en aspectos operacionales, sociales, económicos, medio ambientales, entre otros que estime pertinentes.
7. ¿Cree Ud. que sería recomendable normar y disponer el uso obligatorio de ROV sumergibles para apoyar las faenas de buceo en la salmonicultura?



Las respuestas de los expertos se resumen en lo siguiente:

1. Los expertos coinciden en que el grado de implementación está en un nivel medio; en algunas áreas de trabajo bajo el 50%, o en porcentajes muy bajos; y en otras, los ROV ya son mayormente utilizados. Sin embargo, mayoritariamente coinciden en una implementación media con tendencia a la demanda y crecimiento.

2. Los 10 expertos de forma unánime dieron una respuesta afirmativa. El argumento que utilizaron 9 de los 10 expertos, fue que los accidentes disminuyen porque disminuyen las faenas con buzos sumergidos. Solo uno de los expertos argumentó que la seguridad mejora por la labor preventiva que realiza el ROV antes de la inmersión del buzo, es decir, aludiendo al trabajo complementado y no por reemplazo.

3. En términos generales, y al símil que la pregunta 1, los expertos coinciden en un nivel medio (en torno al 50%-40%; solo un experto señaló un 80%); sin embargo, argumentan que existen tareas como la vigilancia o trabajos a mayores profundidades, donde los ROV son mayormente utilizados; pero para trabajos minuciosos o extracción masiva de mortalidad, es requerida la labor del buzo necesariamente.

4. Si bien las respuestas a esta pregunta fueron variadas, todos coincidieron en un aumento de la utilización de ROV a futuro. Luego, en términos generales, se obtuvo lo siguiente: 03 expertos expresaron que sí, argumentando que podrían los ROV en un futuro reemplazar completamente a los buzos, cuando existan mayores tecnologías; mientras que 07 expertos expresaron que no, argumentando que si bien lograrán un reemplazo en un alto porcentaje (80-90%), nunca se logrará un reemplazo total.



5. A pesar de la variabilidad de respuestas en esta pregunta, hubo coincidencias y nula oposición de ideas. Por lo anterior, se presenta un resumen de las principales observaciones negativas mencionadas por los expertos: -Alto costo de reparación de equipos ROV ante falla. -Costos de aprendizaje y adaptación a las nuevas tecnologías; que se reducirán a futuro. -Lentitud en algunos procesos, que mejorará con el desarrollo de la tecnología. -El valor de los equipos, que hace que su implementación sea más lenta. -Disminución de empleabilidad de buzos. -El uso de ROV podrá implicar la diseminación de organismos no deseados de un centro a otro; que podría disminuirse utilizando el mismo ROV en un mismo centro, o desinfectándolo. -Profesionalización de operadores ROV; falta de pilotos expertos y responsables. -La funcionalidad de un ROV aún no alcanza el nivel de detalle, precisión y agilidad de un humano. Algunos expertos argumentaron que un ROV podrá reemplazar a un buzo para tareas simples; luego el buzo seguirá realizando tareas que requieren mayor precisión. Esto podrá implicar que ahora se requieran buzos mejor especializados.

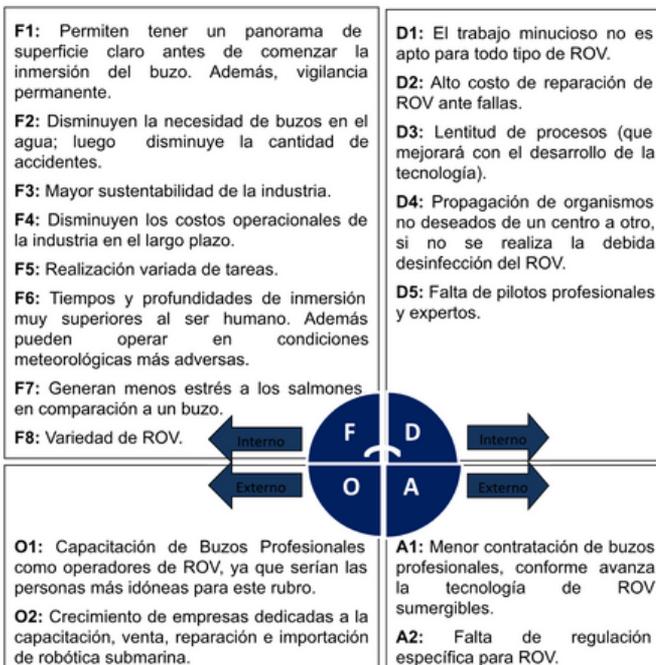
6. Al igual que la pregunta anterior, hubo respuestas variadas pero coincidentes entre los expertos. Por lo tanto, se presenta un resumen de las principales observaciones positivas mencionadas por los expertos: - Reducción de faenas de buceo; por lo tanto, disminución de accidentes. -Un ROV puede operar en condiciones meteorológicas más adversas, en comparación a un buzo. -Un ROV alcanza mayor profundidad; mayor tiempo de inmersión y lugares más remotos. -Si bien hay mayor costo de inversión inicial, a largo plazo existirá menor costo operacional. Además, a futuro el mercado será más competitivo, luego habrá disminución de precios. - Eficacia y Eficiencia. -La contratación de un *team* de buceo es más costosa que un piloto ROV para esa misma tarea. Sin embargo, el sueldo de un operador ROV es superior al de un buzo; luego los buzos se cambian de rubro. -Variedad de ROV en cuanto a precio y capacidades. -Control positivo asociado al monitoreo permanente. -Sustentabilidad. -Menor estrés en los peces. -Conversión de buzos en operadores ROV. Un experto plantea que no deberían existir problemas de desempleo, porque paralelamente en la actualidad menos jóvenes quieren desempeñarse como buzos.



7. Respecto a normar el uso de ROV: 03 expertos que respondieron negativamente, argumentan, entre otras cosas, que: la tecnología de los ROV aún se debe desarrollar más para crear una normativa de sus operaciones; mientras que otro experto estima que al no ser un elemento de riesgo no debería ser normado. Los otros 07 expertos que respondieron positivamente a la disposición de normativa, argumentan que: las faenas serían más seguras porque aseguraría operadores de ROV profesionales; que podría regular el eventual desempleo de buzos en la industria; que limitaría el cómo deben operar, considerando que actualmente no existe regulación; y porque evitan la exposición del buzo o porque apoyan sus labores haciéndolas más seguras, siempre y cuando el ROV sea operado adecuadamente para no convertirse en un peligro.

Respecto a la disposición de uso obligatorio de ROV durante las faenas de buceo: un experto argumentó que su uso solo debe ser *recomendado* y no obligatorio; mientras que otro experto asegura que aún los ROV no entregan la confianza necesaria para encomendar tareas importantes.

Las respuestas completas de cada experto se encuentran en el trabajo de titulación citado de la misma autora.





A continuación se definen algunas estrategias de Crecimiento (FO), Defensivas (FA), Adaptativas (DO) y de Supervivencia (DA), propios de un análisis F.O.D.A., respecto a la implementación de ROV sumergibles:

<p>F2-O1: La disminución de la necesidad de buzos profesionales en el agua los llevará a reinventarse en otras ocupaciones. Su experiencia en los centros de cultivo los convierten en las personas más idóneas y atractivas para capacitarse como pilotos ROV, y posteriormente operar en las faenas subacuáticas propias de la salmonicultura.</p>	<p>F6-A2: La capacidad de operación en condiciones meteorológicas más adversas de un ROV, expone también a su operador. Este riesgo se intensifica si no hay la debida regulación</p>
<p>D1-O1: Habrán menos buzos operando, pero deberán ser los más especializados para suplir las tareas minuciosas que un ROV no puede realizar.</p>	<p>D1-A1: Una debilidad se enfrenta contra una amenaza: todavía los ROV no suplen completamente al ser humano, y probablemente los ROV no lleguen a reemplazarlos por completo.</p> <p>D5D4-A2: La falta de regulación de ROV sumergibles intensifica algunas debilidades. El desarrollo de normativa podrá ayudar a profesionalizar a los operadores de ROV y al mismo tiempo, evitar posibles daños al medio ambiente. Además, considerando que O2 intensifica esta estrategia.</p>





CONCLUSIONES

La utilización de robótica submarina en la salmonicultura surge ante la búsqueda de soluciones más efectivas para aumentar las medidas de seguridad y la eficiencia de las operaciones.

La implementación de ROV sumergibles en la salmonicultura conlleva mayoritariamente fortalezas, entre ellas: la **disminución de los accidentes de buzos profesionales. La razón se debe a que se reduce la cantidad de buzos necesarios para las operaciones subacuáticas.** En ese sentido, el reemplazo de buzos por parte de los ROV, aunque será cada vez mayor gracias al desarrollo de las tecnologías, estos no llegarán a reemplazar por completo al ser humano. Actualmente la implementación de ROV sumergibles en Chile aún se encuentra en un grado medio; donde algunas tareas pueden ser realizadas únicamente por un ROV, mientras que otras deben ser desarrolladas únicamente por un buzo, pudiendo ser complementadas con el trabajo de un ROV, como es el caso de la labor preventiva a través del panorama de superficie que un ROV puede proporcionar.

Finalmente, considerando la gran variedad de escenarios en que actualmente se desenvuelve un ROV sumergible, y que se incrementará con el desarrollo de la tecnología, se presentan las siguientes recomendaciones:

- i) Regulación para el uso de ROV sumergibles: se recomienda crear regulaciones respecto a la operación de ROV y a la capacitación de sus pilotos, en el sentido de velar por la seguridad de las operaciones que se desarrollen en el mar, y velar por la preservación del medio ambiente acuático.
- ii) Regulación para el uso de ROV sumergibles específicamente en la salmonicultura, como medida de seguridad durante las faenas de buceo.



BIBLIOGRAFÍA

Aqua. (2017). *“Salmonicultura chilena ya está gozando los beneficios de los robots submarinos.”* Enlace: <https://www.aqua.cl/2017/11/28/salmonicultura-chilena-ya-esta-gozando-los-beneficios-los-robots-submarinos/#>

Aqua. (2020). *“Tecnología especializada: La irrupción de los ROVs en los cultivos de salmón.”* Enlace: <https://www.aqua.cl/informes-tecnicos/tecnologia-especializada-la-irrupcion-de-los-rovs-en-los-cultivos-de-salmon/>

Aquafeed. (2020). *Cómo los ROV están transformando la Acuicultura.* Enlace: <https://Aquafeed.co/entrada/como-los-rov-estan-transformando-la-acuicultura-21966>

Comirov. (2021). *Buzo costurando rotura en red lobera.* Youtube. Enlace: <https://www.youtube.com/@comirov8212>

Consejo del Salmón, 2020. *Principales datos de la Industria.* Enlace: <https://www.consejodelsalmon.cl/informacion-de-la-industria/principales-datos-de-la-industria/>

Deep Trekker. (s.f.) *ROVs para inspecciones de redes, parcheo, empuje de material inerte y selección del sitio.* Enlace: <https://www.deeptrekker.com/cl/industries/Aquaculture>

Deep Trekker. (s.f.) *Optimización de la seguridad ambiental en granjas de engorda con ROV.* Enlace: <https://www.deeptrekker.com/cl/news/seguridad-ambiental-en-granjas-de-engorda-con-rov>

Deep Treeker. (s.f.) *Underwater ROV.* Enlace: <https://www.deeptrekker.com/products/underwater-rov>

Deep Treeker. (s.f.) *Submersible robots for your industry.* Enlace: <https://www.deeptrekker.com/industries>

Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. *Estadísticas de Accidentes de Buceo Profesional 2023.* Enlace: https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20210129/20210129113312/accidentes_11b.pdf

ECA Group. (s.f.) *Soluciones ROV.* Enlace: <https://www.ecagroup.com/en/find-your-eca-solutions/rov?page=1>

Gutierrez, C. (2015). *Extracción de mortalidad con ROV.* Enlace: https://www.youtube.com/watch?v=L7v2_VExZcM&t=34s



Herrera Kasic, Sebastián. CF LT. Informe Técnico N°1/2022, *Análisis de Accidentabilidad en Buceo y Resultados del Servicio para Solicitudes de Faenas de Buceo Online, del año 2021.*

Ladera Sur. (2023). *Osteonecrosis Disbárica: la silenciosa enfermedad que corroe los huesos de los buzos salmoneros al sur de Chile.* Enlace: <https://laderasur.com/articulo/osteonecrosis-disbarica-la-silenciosa-enfermedad-que-corroe-los-huesos-de-los-buzos-salmoneros-al-sur-de-chile/>

Ladera Sur. (2023). *Tragedia bajo al agua: los buzos que mueren y se accidentan trabajando para la Industria Salmonera.* Enlace: <https://laderasur.com/articulo/dormir-con-los-peces-los-buzos-que-mueren-y-se-accidentan-trabajando-para-la-industria-salmonera/>

Salmon Expert. (2023). *Patagonia ROV aspira a sumar más magallánicos a su equipo a esa región.* Enlace: <https://www.salmonexpert.cl/magallanes-robotica-rov/patagonia-rov-aspira-a-sumar-mas-magallanicos-a-su-equipo-en-esa-region/1486959>

Serrano Rodríguez, J. T2 LT. (2023). *Uso de rovs sumergibles en la salmonicultura para disminuir la accidentabilidad de buzos profesionales.* Trabajo de titulación. Academia Politécnica Naval.

Superintendencia de Seguridad Social. (2020). *Estudio Observacional de Buzos dedicados a la Acuicultura, 2014 - 2019.* Enlace: https://www.suseso.cl/607/articles-586071_archivo_01.pdf

Superintendencia de Seguridad Social. (2020). *Estudio Observacional de Buzos dedicados a la Acuicultura, 2018.* Enlace: <https://www.suseso.cl/607/w3-article-586070.html>

Tecnorov. (2022) *Reparadora de Redes Loberas para Fifish.* Enlace: <https://tecnorov.cl/reparadora-de-redes-loberas-fifish/>



ANEXO A

EXPERTOS
Externos
<u>José Loyola Soto</u> -Profesión: Administrador Marítimo. -Cargo Actual: Jefe de Operaciones Submarinas en Salmones Blumar .
<u>Daniel Ceballos Vega</u> -Profesión: Ingeniero Industrial. -Cargo Actual: Subgerente de Operaciones en MOWI Chile .
<u>Claudio Delgado D.</u> -Profesión: Biólogo Marino. -Cargo Actual: Jefe de Cetro en Marinefarm S.A.
<u>Robinson Aquevedo Vega</u> -Profesión: Técnico Nivel Superior en Prevención de Riesgos. -Cargo Actual: Jefe de Inspecciones Submarinas y Salvataje en Trabajos Marítimos Oxxean S.A. Chile.
<u>Carlos Vargas Covarrubias</u> -Profesión: Ingeniero Logístico. -Cargo Actual: Gerente Corporativo en Trabajos Marítimos Oxxean S.A. Chile.
<u>Guido Fuentes Menece</u> -Profesión: Ingeniero Civil Industrial. -Cargo Actual: Gerente de Operaciones de Trabajos Marítimos Oxxean S.A. Chile.
Internos
<u>Capitán de Navío LT Sr. Patricio Torres Peñafiel</u> -Profesión: Oficial de Marina, Ingeniero en Administración Marítima. -Cargo Actual: Gobernador Marítimo de San Antonio.
<u>Capitán de Fragata LT (R) Sr. Sebastián Herrera Kasic.</u> -Profesión: Oficial de Marina, Ingeniero en Administración Marítima y Magíster en Gestión de Recursos Acuáticos. -Cargo Actual: Planificación y Asuntos Internacionales en Dirinmar y Consultor Externo para la FAO. -Ex Jefe del Dpto. de Buceo y Deportes Náuticos de la Dirinmar.
<u>Capitán de Fragata LT (R) Sr. Alejandro Niklitschek Maurin.</u> -Profesión: Oficial de Marina, Ingeniero en Administración Marítima. -Cargo Actual: Asesor de Buceo Profesional en Dirinmar. -Buzo de Salvataje y Buzo Comercial.
<u>Sra. María Olga Paredes Prieto.</u>



Desarrollo Tecnológico y Competitividad en Chile
T2° AB Sr. José María Sobrevilla Rojas
Jose.msobrevillar@gmail.com

RESUMEN

Este artículo examina el desarrollo tecnológico en Chile y su impacto en la competitividad nacional. Destaca la transformación de Chile en un centro significativo de innovación y desarrollo tecnológico en América Latina, impulsado por inversiones sustanciales de gigantes tecnológicos globales. A pesar de poseer la banda ancha fija más rápida del mundo y liderar en el Índice de Valor Económico Digital en Latinoamérica, Chile enfrenta desafíos en la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D), manteniéndose por debajo del promedio de los países de la OCDE. El artículo también resalta el incremento en la inversión de I+D por parte del sector privado y las instituciones de educación superior, aunque subraya la necesidad de un compromiso más fuerte del sector público. Además, se discuten las políticas actuales de I+D en Chile y se proponen estrategias para mejorar la colaboración entre universidades y el sector empresarial, así como para asegurar que la tecnología beneficie a toda la población, fortaleciendo la competitividad y el desarrollo sostenible del país.

Palabras Clave: Desarrollo Tecnológico, Competitividad, Chile, Innovación, Política de I+D.



ABSTRACT

This article explores technological development in Chile and its impact on national competitiveness. It highlights Chile's transformation into a significant hub of innovation and technological development in Latin America, driven by substantial investments from global tech giants. Despite having the world's fastest fixed broadband and leading in the Digital Economic Value Index in Latin America, Chile faces challenges in Research and Development (R&D) investment, remaining below the OECD average. The paper also points out the increase in R&D investment from the private sector and higher education institutions, though emphasizing the need for stronger public sector commitment. Furthermore, current R&D policies in Chile are discussed, and strategies are proposed to enhance collaboration between universities and the business sector, as well as to ensure that technology benefits the entire population, thereby strengthening the country's competitiveness and sustainable development.

Key Words: Technological Development, Competitiveness, Chile, Innovation, R&D Policy.



INTRODUCCIÓN

El panorama actual del desarrollo tecnológico en Chile presenta una realidad compleja y dinámica, marcada tanto por logros significativos como por desafíos persistentes. Este artículo se propone analizar en profundidad el estado actual y el impacto del desarrollo tecnológico en la competitividad de Chile, enfocándose en el papel de la inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) y las políticas actuales que marcan el rumbo en este ámbito.

En los últimos años, Chile ha emergido como un prominente centro de innovación y desarrollo tecnológico en América Latina, atrayendo inversiones significativas de gigantes tecnológicos globales y posicionándose como un hub digital clave en la región. Estas inversiones han generado un impulso notable en la infraestructura tecnológica y en la economía digital del país. Sin embargo, a pesar de los avances en conectividad y digitalización, Chile enfrenta desafíos críticos en la inversión en I+D+i, con un porcentaje del PIB destinado a estos fines que permanece por debajo del promedio de los países de la OCDE.

Este artículo no solo revisará el estado actual del I+D en Chile y realizará una comparación con otros países de la región, sino que también examinará cómo el desarrollo tecnológico influye en la competitividad del país. Se destacarán casos de éxito y se discutirán los desafíos existentes, incluyendo la necesidad de una mayor colaboración entre el sector académico y el empresarial, y la importancia de políticas de I+D que fomenten la inclusión y el acceso equitativo a la tecnología en toda la sociedad.



A través de este análisis, se busca ofrecer una visión integral de cómo el desarrollo tecnológico y las políticas de innovación pueden potenciar el crecimiento y la competitividad de Chile, no solo manteniendo su posición como líder en Latinoamérica, sino también estableciéndolo como un referente de desarrollo tecnológico a nivel global. El artículo tiene como objetivo final proponer estrategias y recomendaciones que contribuyan a la superación de los retos actuales y al aprovechamiento de las oportunidades que la tecnología ofrece para el desarrollo sostenible y equitativo del país. Este artículo revisará el estado actual del I+D en Chile y realizará una comparación con otros países de la región, examinando cómo el desarrollo tecnológico influye en la competitividad del país. Planteando los desafíos existentes, incluyendo la necesidad de una mayor colaboración entre el sector académico y el empresarial, y la importancia de políticas de I+D que fomenten la inclusión y el acceso equitativo a la tecnología en toda la sociedad. A través de este análisis, se busca ofrecer una visión de cómo el desarrollo tecnológico y las políticas de innovación pueden potenciar el crecimiento y la competitividad de Chile, no solo manteniendo su posición como líder en Latinoamérica, sino también estableciéndolo como un referente de desarrollo tecnológico a nivel global.



Desarrollo Tecnológico en Chile

Estado Actual del I+D

Chile ha emergido como un centro de innovación y desarrollo tecnológico en América Latina. Empresas tecnológicas globales como Google, Amazon, Starlink, Microsoft, Huawei, y Oracle han realizado inversiones significativas, transformando al país en un hub digital clave en la región (Reuters, 2021). Estas inversiones han sido un motor para el progreso tecnológico y han contribuido a la creación de una infraestructura robusta que favorece el desarrollo digital y la conectividad. De hecho, según el Speedtest Global Index (2022), Chile posee la banda ancha fija más rápida del mundo, con una velocidad promedio de descarga de 213,73 Mbps, superando incluso al promedio de países de la OCDE y a Estados Unidos.

El compromiso del país con la digitalización y la conectividad se refleja en su posición líder en el Índice de Valor Económico Digital en Latinoamérica, según un estudio de Accenture Research y Oxford Economics (2020). Esto se atribuye a su alto nivel de adopción de tecnologías digitales y a la disponibilidad de talento digital. Estas inversiones no solo han mejorado la infraestructura tecnológica del país, sino que también han estimulado la economía digital, representando el 22,2% del PIB de Chile, equivalente a aproximadamente USD 55 mil millones.

Sin embargo, a pesar de estos avances, Chile aún enfrenta desafíos significativos en términos de inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). El país actualmente invierte solo el 0,39% de su PIB en I+D+i, una cifra que está muy por debajo del promedio de los países de la OCDE (OCDE, 2021). Esta brecha en la inversión en I+D destaca la necesidad de un mayor compromiso del sector público y privado para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico.



Comparación Internacional

En comparación con otros países latinoamericanos, Chile se destaca por su fuerte infraestructura tecnológica y su rápida adopción de tecnologías digitales. Por ejemplo, la inversión de Starlink en Chile para su primera incursión de internet satelital en Latinoamérica marca un hito en términos de conectividad para áreas remotas, algo que otros países de la región aún están explorando (Elon Musk, 2021). Además, el anuncio de Amazon de expandir su presencia en Chile, con una inversión estimada de más de USD 200 millones en un data center, demuestra la confianza de los gigantes tecnológicos en el mercado chileno (Amazon Web Services, 2021).

En términos de adopción tecnológica y conectividad, Chile lidera la región. El país ha implementado una infraestructura de fibra óptica superior a la media de la OCDE y ha logrado un despliegue de banda ancha que ha revolucionado la accesibilidad digital. Esto contrasta con la realidad en muchos otros países latinoamericanos, donde la infraestructura de banda ancha y el acceso a tecnologías digitales avanzadas aún están en desarrollo. Además, la rápida adaptación de Chile a un modelo económico digital, como lo indica el Digital Readiness Index (2020), lo coloca en una posición ventajosa frente a otros países de la región. Mientras que muchas naciones latinoamericanas aún están trabajando para mejorar su infraestructura digital y su talento en tecnologías de la información, Chile ya está cosechando los beneficios de su temprana adopción de estas tecnologías.



Casos de Éxito y Desafíos

A pesar de estos avances, Chile enfrenta desafíos significativos en su camino hacia una mayor competitividad tecnológica. Uno de los principales retos es la baja inversión estatal en I+D, que ha disminuido en los últimos años. Según el ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Flavio Salazar, la caída en la inversión estatal en I+D es una situación preocupante que el gobierno espera revertir en los próximos años (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2020).

Además, hay una pequeña disminución en el número de personas dedicadas a I+D, aunque se ha observado un aumento en el personal con doctorado, especialmente entre las mujeres. Esto sugiere un enfoque creciente en la calidad y especialización de los investigadores en Chile.

Otro desafío es la necesidad de promover una mayor colaboración entre el mundo universitario y empresarial. La subsecretaria de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Carolina Gainza, ha señalado la importancia de cambiar la percepción cultural de la investigación como una inversión y no un gasto. Esto implica una estrategia a largo plazo que integre el impulso inicial del Estado para fomentar la inversión privada en I+D (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2020).

En cuanto a los casos de éxito, el uso de tecnologías como la Inteligencia Artificial, Big Data, Cloud Computing y la Realidad Aumentada está transformando los sectores de operaciones, producción, seguridad y comunicación en Chile. Estas tecnologías han permitido a las empresas chilenas mejorar sus procesos internos, aumentar la productividad y reducir costos, lo que ha contribuido a una mayor competitividad en el mercado global.

En resumen, el desarrollo tecnológico en Chile ha tenido un impacto positivo en la competitividad del país, pero aún enfrenta desafíos significativos en términos de inversión en I+D y colaboración entre el sector académico y empresarial. La superación de estos desafíos será clave para mantener y mejorar la posición competitiva de Chile en el futuro.



Políticas de Innovación y Tecnología

Políticas Actuales

Las políticas actuales de I+D en Chile están enfocadas en superar los desafíos de un ecosistema que, a pesar de mostrar buenos índices de productividad y calidad en investigación, se caracteriza por ser pequeño, fragmentado, y centralizado, con una orientación estratégica deficiente. La reciente institucionalidad del país tiene la tarea de coordinar este ecosistema y vincularlo más estrechamente con la ciudadanía y el sector productivo (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2020).

La visión del Ministerio es que la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación son agentes transformadores claves para un desarrollo sostenible e integral. Para materializar esta visión, se han establecido cinco principios transversales: excelencia y capacidad de adaptación, asociatividad, apertura y transparencia, diversidad y compromiso ético. Entre las iniciativas actuales, se destaca el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef), creado en 1991, con el objetivo de aumentar la competitividad de la economía nacional y mejorar la calidad de vida de los chilenos a través de la vinculación entre instituciones de investigación, empresas y otras entidades (Awad, 2018). Por otro lado, el programa IDeA busca apoyar financieramente proyectos de investigación científica y tecnológica con potencial impacto económico y social.

Propuestas para Mejorar la Competitividad

Para mejorar la política de I+D y aumentar la competitividad, es necesario adoptar un enfoque más integrador y colaborativo. En primer lugar, se debe fortalecer la inversión pública en I+D. Aunque se ha observado un aumento en la inversión privada, el apoyo estatal sigue siendo crucial para generar confianza en el ecosistema de I+D y definir áreas prioritarias de desarrollo. Se propone que el gobierno se comprometa a incrementar la inversión en ciencia y tecnología, apuntando a alcanzar al menos el 0,7% del PIB hacia el final de su período. Además, es vital incentivar la inversión privada en I+D, lo cual se podría lograr a través de beneficios tributarios y otros incentivos para las empresas que inviertan en investigación e innovación.



Otra propuesta es mejorar la formación y distribución de los recursos para la investigación. Esto implica no solo aumentar el presupuesto, sino también asegurar una distribución más equitativa de los fondos entre las diversas instituciones de educación superior y centros de investigación en Chile, tanto públicos como privados (Suazo, 2020).

Además, se debe fomentar una mayor colaboración entre universidades, empresas, y el sector público. Esto incluye la creación de plataformas de cooperación y redes de transferencia de conocimiento que faciliten el flujo de ideas y tecnologías desde las universidades hasta el mercado (Gainza, 2020).

Finalmente, la internacionalización de la ciencia y la tecnología chilena es un aspecto clave para mejorar la competitividad. Esto implica no solo promover la colaboración internacional en proyectos de investigación, manteniendo el posicionamiento de Chile como un líder en innovación y desarrollo tecnológico Latinoamérica, sino que también posicionar a nuestro país como un referente del desarrollo tecnológico a nivel global.



CONCLUSIÓN

A pesar de los avances significativos y la presencia de importantes inversiones globales que posicionan a Chile como un centro de innovación y desarrollo tecnológico en América Latina, persisten desafíos críticos que requieren atención y acción estratégica.

El mantenimiento de la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) en un modesto 0,34% del PIB, y la caída en la inversión estatal en I+D, resalta la necesidad urgente de un mayor compromiso tanto del sector público como del privado. El incremento observado en la inversión por parte de las empresas y las instituciones de educación superior es alentador y señala un cambio gradual hacia una mayor participación del sector privado en la financiación de la I+D en Chile. Sin embargo, para alcanzar y superar el promedio de los países de la OCDE, se requiere un esfuerzo conjunto y coordinado entre el gobierno, el sector privado y las universidades.

La colaboración entre universidades y el sector empresarial emerge como un componente esencial para potenciar el desarrollo y la competitividad del país. La creación de nexos y plataformas de cooperación entre estos actores facilitará la transferencia de conocimiento y tecnología, asegurando que la investigación y el desarrollo no solo generen conocimiento, sino que también se traduzcan en aplicaciones prácticas y soluciones innovadoras que beneficien a la sociedad y la economía en su conjunto.



Además, es vital que la tecnología y sus beneficios alcancen a toda la población chilena. Si bien Chile es reconocido como el hub tecnológico de Latinoamérica, es crucial que los avances tecnológicos y la prosperidad que generan no se limiten a un sector de la sociedad, sino que se distribuyan de manera equitativa en todo el país. Esto requiere políticas y estrategias inclusivas que aseguren el acceso y la participación de todas las regiones y comunidades en los beneficios del desarrollo tecnológico.

El futuro tecnológico y competitivo de Chile depende de la colaboración efectiva entre el gobierno, el sector privado y las universidades, así como de la implementación de políticas inclusivas que aseguren que los beneficios del desarrollo tecnológico sean compartidos por toda la sociedad. La inversión en I+D, la colaboración intersectorial y la inclusión son claves para no solo mantener el posicionamiento de Chile como líder en innovación y desarrollo tecnológico en Latinoamérica, sino para establecer al país como un referente global en estos campos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Carrillo, A. (2022, agosto 25). Chile se posiciona como hub tecnológico por excelencia de Latinoamérica. Diario Sustentable.

<https://www.dariosustentable.com/2022/08/chile-se-posiciona-como-hub-tecnologico-por-excelencia-de-latinoamerica/>

Chile comienza a revertir baja inversión en ciencia y tecnología. (2023, enero 3). América Latina y El Caribe.

<https://www.scidev.net/america-latina/news/chile-comienza-a-revertir-baja-inversion-en-ciencia-y-tecnologia/>

Chile, M. de R. E. (s/f). Agregado de Industria y Tecnología llega a Berlín para promover diplomacia tecnológica y de conocimiento entre Chile y Europa. Chile en el Exterior. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://www.chile.gob.cl/alemania/noticias/agregado-de-industria-y-tecnologia-llega-a-berlin-para-promover>

Financiero, D. (2016, febrero 3). Cómo la tecnología impulsa la innovación y moldea el Chile de hoy. Diario Financiero. <https://www.df.cl/opinion/columnistas/como-la-tecnologia-impulsa-la-innovacion-y-moldea-el-chile-de-hoy>

IMPACTO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA FUERZA LABORAL DEL COMERCIO. (s/f). Fch.cl. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/04/estudiocomerciovf_abril-2020-1.pdf

MinCiencia. (s/f). MinCiencia. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://www.minciencia.gob.cl/>

el 20 de octubre de 2023, de <https://www.speedtest.net/global-index>



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Motif. (s/f). SEP Chile - Sistema de Empresas. Sepchile.cl. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://www.sepchile.cl/2021/11/15/transformacion-digital-en-el-sector-publico-chileno-como-vamos/>

Una nueva estrategia de innovación para Chile y su posicionamiento internacional - Learn Chile. (2020, septiembre 7). Learn Chile - Study in Chile. <https://www.learnchile.cl/una-nueva-estrategia-de-innovacion-para-chile-y-su-posicionamiento-internacional/>

(S/f-a). Gob.cl. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de <https://investchile.gob.cl/wp-content/uploads/2021/08/serviciosglobales-ebookinvestchile-esp.pdf>

(S/f-b). Bcentral.cl. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de https://www.bcentral.cl/documents/33528/133326/bcch_archivo_139462_es.pdf/cc606e71-d7fd-4cc5-6980-b94665bed58e?t=1655149225347

IESE. (2013, marzo 20). Las nuevas tecnologías y su impacto en la competitividad empresarial. IESE. <https://www.iese.edu/es/noticias/las-nuevas-tecnologias-y-su-impacto-en-la-competitividad-empresarial/>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2020). Encuesta sobre gasto y personal en Investigación y Desarrollo. Recuperado de <https://observa.minciencia.gob.cl>
Speedtest global index. (s/f). Speedtest Global Index. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de <https://www.speedtest.net/global-index>





APN

ARMADA DE CHILE