

UN ROMPEHIELOS PARA CHILE

Zapata Machmar Jorge Eduardo

Astilleros y Maestranzas de la Armada, Asmar Talcahuano-Chile
jzapatam@asmar.cl

RESUMEN

Desde el 2018, en ASMAR - Talcahuano se construye el primer buque Rompehielos, denominado “Proyecto Antártica I”, el que tendrá la capacidad de romper una capa de hielo de hasta un metro de espesor con 20 cm de nieve en su superficie, con una velocidad de 3KN, permitiendo al mundo científico y Gobierno de Chile, realizar múltiples tareas tales como Investigación Oceanográfica e Hidrografía, satisfacer necesidades logísticas de las Bases Chilenas como extranjeras y funciones de búsqueda y rescate en la ANTARTICA (SAR). La construcción del buque rompehielos es el resultado de un codiseño entre VARD MARINE, la Dirección de Programas de Investigación y Desarrollo de la Armada de Chile y ASMAR. La nave actualmente en construcción presenta un avance global aproximado de un 65 %. Albergará a 86 tripulantes y 34 científicos con una autonomía de 60 días. Su entrega está considerada para el segundo semestre del año 2024.

El presente documento muestra las capacidades y características del Proyecto, además de las distintas etapas realizadas para implementar y llevar a cabo su construcción.

Palabras clave: buque Rompehielos, codiseño, capacidades, características

1- INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de reemplazar el Buque Antártico AP “Viel”, después de 50 años en servicio, el Gobierno y la Armada de Chile decidieron su renovación con un nuevo Buque Antártico que cumpla con las normas medio ambientales vigentes y que cuente con capacidades Científicas, Logísticas, Búsqueda y Rescate (SAR).



Objeto desarrollar la idea y definición de las RAN. Se efectuó un estudio de escenario operacional y levantamiento de requerimientos de grupos de interés (INACH, Ejército, Fuerza Aérea y Armada de Chile).

Producto de lo anterior, se obtiene la Especificación Técnica y plano de arreglo general de diseño conceptual.

Licitado internacionalmente el Desarrollo de la Ingeniería básica del Proyecto, se adjudica a la empresa VARD Marine Canadá.

Definido el Proyecto y dada la envergadura de este, se definen las necesidades de efectuar inversiones para modernizar el Astillero en Infraestructura junto con capacitar al personal tanto para las nuevas inversiones como para satisfacer los requerimientos técnicos del Proyecto.

Con la Ingeniería básica desarrollada, se establece precio definitivo y plazo de construcción, junto con identificar los riesgos técnicos del Proyecto.

De acuerdo con las nuevas capacidades del Astillero, se define y desarrolla la Estrategia Constructiva, Plan logístico y Plan de Ingeniería de detalle convergiendo estos en el Plan de Construcción del Proyecto, integrando las actividades de Logística, Ingeniería y Producción dentro del Costo, Plazo y Calidad exigidos.

De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y Materiales, van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal.

El avance al 30 de septiembre se proyecta entorno a un 65% y se espera entregar el Proyecto en agosto del año 2024 objeto efectuar el entrenamiento de la dotación, para efectuar su primera campaña a la Antártica a fines del año 2024.

Con este nuevo Buque se espera cubrir el 100% del territorio antártico chileno, y operar sin restricciones en la Antártica hasta por 8 meses del año, exceptuando los meses de invierno.



Cumpliendo toda la normativa medio ambiental vigente, incluido el código Polar y disponer abordo con la tecnología de última de generación como Buque científico e investigación.

2- MATERIALES Y METODOS

Definida la zona de Operación del Buque en el extremo Sur de Chile, con base en la ciudad de Punta Arenas, aumentando la capacidad para cubrir al 100% el territorio Antártico de Chile y operando el doble de tiempo por año.

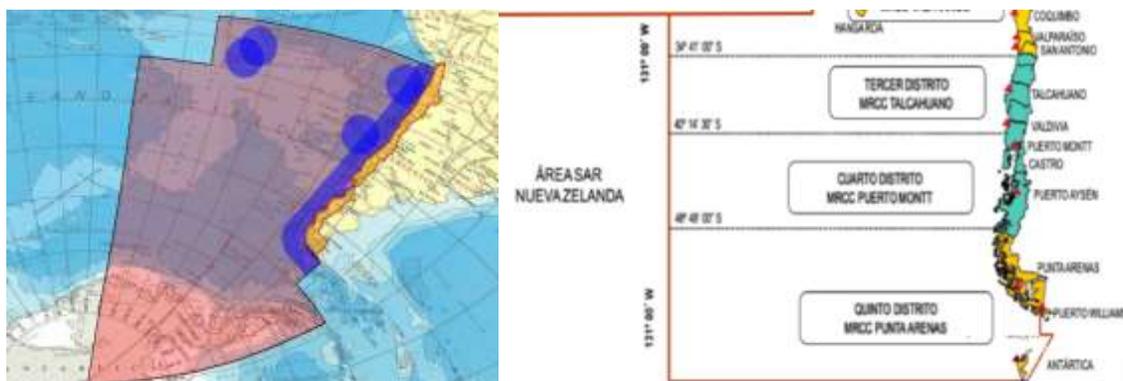
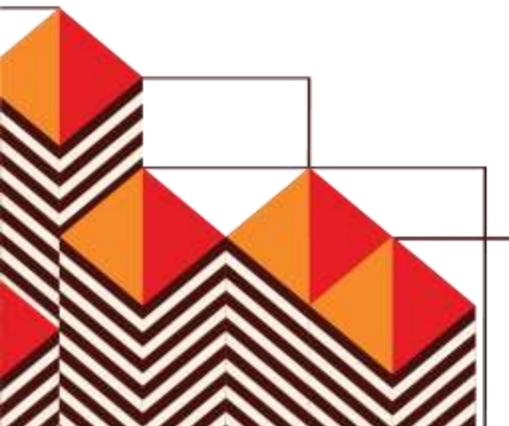


Fig 1: Área SAR de responsabilidad nacional de Chile

A continuación en Tabla 1, se resume y detalla la cronología en el tiempo para el desarrollo de la Ingeniería Básica del Proyecto hasta definido el Producto Buque. Lo cual permite establecer las nuevas necesidades de Infraestructura y/o capacitación técnica del Astillero, junto a definir el Plazo de Construcción y Costo asociado, para luego en base esta acordar el Contrato de Construcción de la Nave.

Tabla 1: Cronología Desarrollo del Proceso de Ingeniería Básica



FECHA	ACTIVIDADES RELEVANTES	METODOS/COMENTARIOS
ene-12	Identificación de la Idea y Definición de RAN para presentar el Perfil	Estudio Escenario Operacional
		Requerimientos Operacionales iniciales, levantamientos requerimientos entre grupos de Interés:
		Instituto Antártico Chileno Ejercito Fuerza Aerea Armada Estudio de Mercado Requerimientos de Alto Nivel
mar-14	Se eleva el Perfil al Ministerio de Defensa	
2014-2015	Desarrollo Diseño Conceptual	Especificación Técnica Diseño Conceptual.
		Arreglo General Diseño Conceptual.
2014-2015	Validación de Requerimientos de Alto Nivel	Operadores Antárticos
		Intendencia Región de Magallanes
		Estado Mayor Conjunto
mar-15	Se Firma el Contrato por el Desarrollo de la Ingeniería Básica entre la Armada y ASMAR.	Se da inició al proceso de selección del Diseñador
oct-15	Se selecciona a la Empresa Vard Marine para desarrollar la Ingeniería Básica	
ene-16	Se firma el Contrato por el Desarrollo de la Ingeniería Básica (IB) entre ASMAR y VARD	Kick Of Meeting Mar-2016
		1ra Reunión Revisión Dic-2016
		2da Reunión Revisión Mar-2017
		3ra Reunión Revisión Jun 2017
		Reunión de Cierre Sep 2017
oct-17	Se entrega la Ingeniería Básica a la Armada	
nov-17	Se Firma el Contrato de Construcción entre la Armada y ASMAR.	Se define el Precio, plazo, flujos de pago, etc
dic-17	Se Produce la Entrada en Vigencia del Contrato de Construcción.	



3- RESULTADOS

3.1 Descripción del Proyecto: El resultado del proceso de Ingeniería Básica es un Buque de última generación, amigable con el medio ambiente en todos sus ámbitos de operación, cumpliendo toda la normativa y regulaciones internacionales vigentes.

Características Principales:

- Buque POLAR PC5, Diseñado, construido bajo la supervisión y certificación de la Casa clasificadora: Lloyd's Register, con notación de Clase LR Σ 100A1, Research / Supply Ship, Ice Class, *IWS, Σ LMC, UMS, DP (AM), PC5
- Winterización H(-30), D(-30), IBS
- Eslora : 111 mts.
- Manga : 21 mts.
- Calado : 7.2 mts.
- Desplazamiento : 10.500 toneladas
- Dotación : 120 personas (86 tripulantes y 34 científicos)
- Autonomía: 60 días sin reabastecerse.
- Propulsión Diesel-Eléctrica:
- Potencia Generación : 11.58 MW
- Potencia Propulsora : 9 MW
- Velocidad máxima : 15 Kn
- Velocidad en hielo : 3 Kn c/ hielo de espesor de 1 metro.
- Cumple todas las regulaciones internacionales vigentes, tales como: SOLAS, MARPOL, CÓDIGO POLAR (vigente desde 01/01/2017).

Roles de Operación:

“EL PROYECTO ANTARTICA I” es un Buque para el Estado de Chile, operado por la Armada, cuyos Roles son:



DESAMPARADOS No.201, MUELLE "JUAN MANUEL DÍAZ",
HABANA VIEJA, LA HABANA, CUBA.
Telef: (53) 7861 0920
ipin@enet.cu

- Investigación Científica: Este es el rol principal y viene a satisfacer las necesidades del mundo científico nacional e Instituto Chileno Antártico.

Este Buque está equipado con tecnología de punta, para efectuar investigación oceanográfica e hidrográfica de alto nivel (Fig 2), estudio de biomasa y fauna marina, con una cubierta completa para el desarrollo de ciencia a bordo con una capacidad de acomodar a 34 científicos. Laboratorios y salas especiales tales como: Laboratorio húmedo de pesca, laboratorio húmedo de uso general, laboratorio químico; sala de operación de sensores acústicos; frigoríficos de temperaturas regulables.

Pescantes, Grúas y winches científicos para toma de muestras.

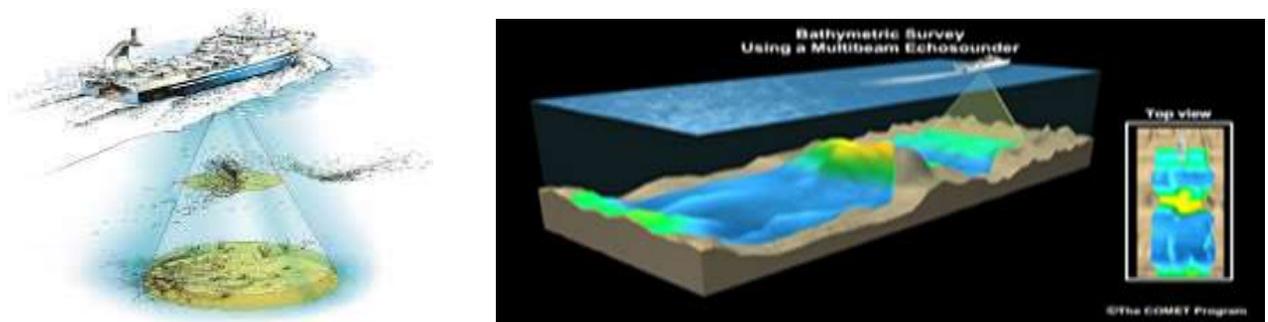


Fig: 2 : Sensores acústicos y perfilador de fondo Marino

Sensores acústicos, tales como Ecosonda EM124 multihaz de alta y media profundidad hasta 11000 metros y un barrido de 32000 metros; ecosonda científica monohaz de alta precisión EK80; ecosonda monohaz para grandes profundidades EA640; perfiladores de fondo marino SBP29 con penetración hasta 200 metros en sedimento blando; perfilador de velocidad del sonido hasta 1000 metros MinosX; sonares de rebusca omnidireccional de largo y corto alcance para biomasa SX90 y SC90 respectivamente; subsistemas de posicionamiento acústico de alta precisión HIPAP502 entre otros equipamientos.

- **Logística:** Misiones de apoyo logístico a bases Antárticas tanto nacionales como extranjeras, para ello dispone de los espacios y equipos para transporte y manejo de 19 contenedores de 20 pies

para carga general, donde 5 de ellos se pueden habilitar para carga refrigerada inclusive, 400 m³ de carga paletizada a granel, 400 m³ de combustible, 300 tambores de 200 lt de Jet A1, consta de una barca autopropulsada para descarga de contenedores a tierra, además de Grúa por ambas bandas de 20 toneladas, área de cubierta para carga, 2 botes de trabajo, etc.

- **Búsqueda y Rescate (SAR):** Cuenta con el Equipamiento de Hospital, 2 Botes de rescate y salvataje y 2 Helicópteros Medianos Super Puma.

Preparación del astillero para la construcción

En base a la Ingeniería Básica del Proyecto, se establecen las necesidades de Infraestructura, dotaciones y capacitación del personal del Astillero para materializar la Obra.

- **Capacidades e Infraestructura Astillero previas a la Construcción del Rompehielos.**

La infraestructura Astillero estaba diseñada para producir Bloques de hasta 50 Toneladas y tamaño de buques del orden de las 2.500 Toneladas de TRG. Este proyecto requería producir bloques de hasta 150 toneladas y un total de 10.000 TRG., lo cual se grafica/resume en la figura 3:

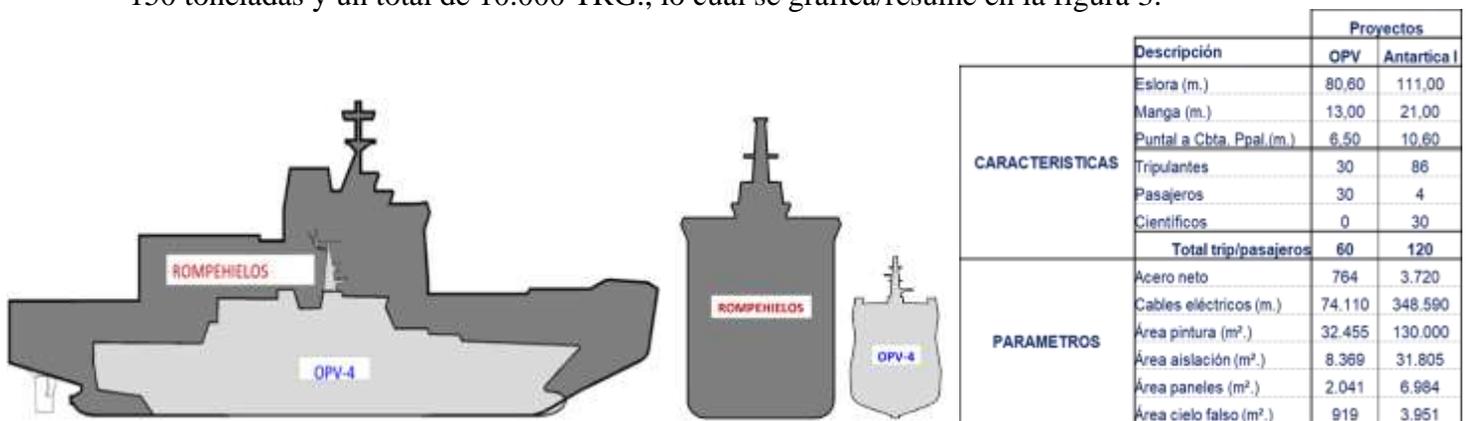


Fig 3: Buque OPV vs ANTARTICA 1

En resumen, se incrementaron las capacidades del Astillero e Infraestructura se puede apreciar en Figura 4 para Producir Bloques de hasta 150 Toneladas.





Fig 4: Diversas Inversiones en Infraestructura Astillero por 21.5 MUSD

- **Capacitación y entrenamiento del personal.**

Capacitación y entrenamiento en Nuevas tecnologías requeridas por el Proyecto.

- WPS (Welding procedure Steel)
- Homologación de Soldadores
- Nuevos Equipos y Sistemas, tales como Acústica, ICS, IBS, Ballast Water, Winterización, etc.
- Nuevas Normativas aplicable al Buque, código Polar
- Regulación de Clase L.R.S.

Nuevo Equipamiento Infraestructura

En total, se capacitaron 300 funcionarios Nacionalmente y 34 Funcionarios en el extranjero.

Construcción del proyecto

De acuerdo con las nuevas capacidades del Astillero, se define y desarrolla la Estrategia Constructiva, Plan logístico y Plan de Ingeniería de detalle convergiendo estos en el Plan de Construcción integral del Proyecto, con el objetivo que la Logística, Ingeniería y Producción se enmarquen en el Costo, Plazo y Calidad exigidos. De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y

Materiales. Van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal.



Fig.5: Layout Proyecto ANTARTICA 1 en Grada Lanzamiento

- **Definición de Zonas para desarrollo de Ingeniería de Producción.** El Proyecto de acuerdo a sus especificaciones técnicas y definición de espacios, se definió quebrar en 9 Zonas. Objeto efectuar el desarrollo de Ingeniería de Producción e Integración en distintos tiempos por cada una de las zonas, en sintonía con la Planificación global de la Construcción.

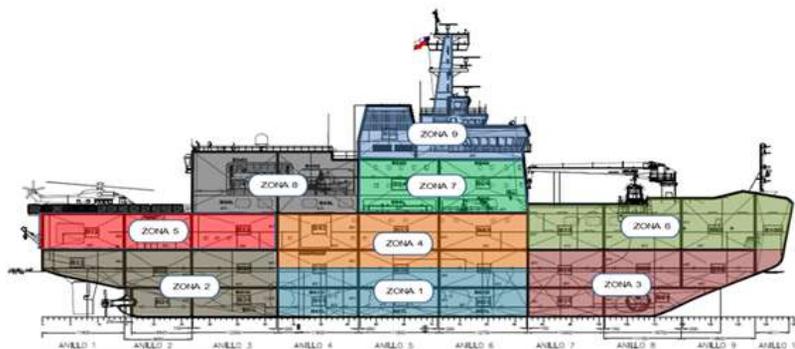


Fig.6: Zonificación del Proyecto ANTARTICA 1

- **Definición y secuencia de Armado de Bloques para desarrollo de Ingeniería de Producción.** Definidas las 9 zonas para el Desarrollo de Ingeniería de Producción, estas se dividen en Bloques, secuencia de corte, fabricación y montaje. Siendo estos los subproductos de cómo emitir la información técnica a Producción para el resto de las especialidades de Outfitting. (Trabajos de



instalación de bandejas de cables, suportaciones, cañerías, equipos menores, trabajos de pintado, etc.)

SECUENCIA DE EMISION Y ARMADO DE BLOQUES

ITEM	BLOQUE	ITEM	BLOQUE	ITEM	BLOQUE
1	B61L	11	B53	23	B82
	B61U	12	B32	24	B44L
2	B51L	13	B63		B44U
	B51U	14	B43	25	B64L
3	B41L	15	B22		B64U
	B41U	16	B73	26	B83
4	B71	17	B33	27	B55
5	B31L	18	B11	28	B92
	B31U	19	B23	29	B34L
6	B52	20	B12		B34U
7	B62	21	B61	30	B93
8	B42	22	B54L	31	B65
			B54U	32	B100
9	B21			33	B66
10	B72				

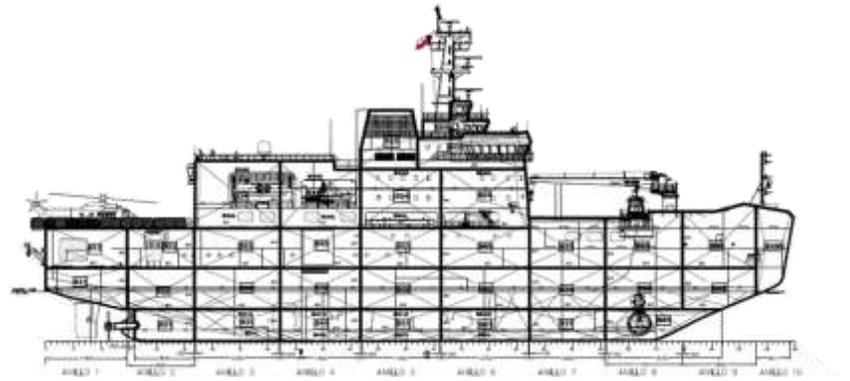


Fig.7: Bloques del Proyecto ANTARTICA 1

- **Definición de Planificación e Hitos principales del Proyecto.** En base a la Zonificación y Bloqueo, se establece la Planificación global del Proyecto, donde convergen las actividades de Ingeniería, Logística y Producción, siendo este un proceso iterativo y permanente durante el desarrollo del Proyecto, manteniendo el objetivo de Integrar e incorporar trabajos de Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, estableciéndose así los Hitos principales del Proyecto.
- **Definición de Estrategia Logística en línea a planificación y estrategia constructiva.** En base a la planificación del Proyecto, se enmarca el Plan Logístico, el cual incluye los compromisos de entrega de Información técnica de los proveedores para el desarrollo e integración de la Ingeniería de Producción.



Tabla 2: Secuencia Proceso Logístico

- **Definición de Estrategia Constructiva y proceso de Construcción.** La Estrategia Constructiva establece la forma de construir con el propósito de vestir al máximo los Bloques en términos de Outfitting previo al Montaje definitivo en Grada. De esta forma tanto el Plan logístico como el Plan de Ingeniería de Producción convergen en el Plan de Construcción integral del Proyecto. De esta manera, tanto la adquisición del Equipamiento, Componentes y Materiales. Van en sintonía con el Plan de Construcción, integrando el Equipamiento y Outfitting desde el stage de Armado de Bloques, minimizando los trabajos sobre cabeza, rutas de ingreso, interferencias y seguridad del personal. Definido el Subproducto Bloque, la Ingeniería de Producción se desarrolla en forma virtual integrada para todas las especialidades como evidencia Fig 8 (Estructura, Mecánica, Electricidad y Acomodaciones). Concluido este proceso, recién ahí se emiten los documentos a Producción para materializar los trabajos interdisciplinarios.

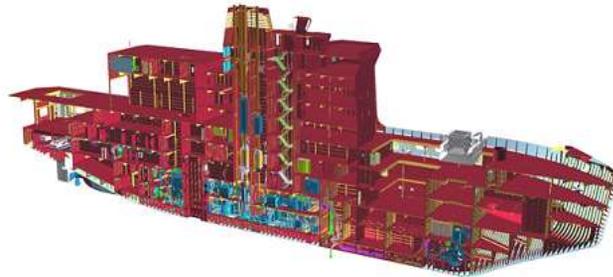


Fig. 8 Modelo Virtual Integrado con desarrollo de Ingeniería de Detalle.

Figura 9, representa los distintos stage's definidos para el efectuar el proceso de Outfitting (Trabajos cañerías, misceláneos estructurales, equipos menores, bases, instalar pasadas de mamparos/cubiertas, preparación de superficie y pinturas, canalizaciones eléctricas, etc).

E1: Concluido el proceso de entrega estructural del Bloque tanto al Cliente como la Clase, se inician trabajos de Outfitting incorporando estructuras menores y trabajos sobre cabeza (Bloques invertidos).

E2: Llevado Bloque a Pre-grada de lanzamiento; se efectúa el volteo del Bloque y da continuidad a trabajos de Outfitting .



E3: Reubicado en pre-grada, se mantiene continuidad de trabajos de Outfitting e incorporan Equipos menores además de trabajos de pintura.

E4: Preparación del Bloque para montaje definitivo y continuidad a trabajos de Outfitting y pintura.

E5: Montaje de Bloque en Grada de lanzamiento de acuerdo a secuencia de Montaje de Bloques.

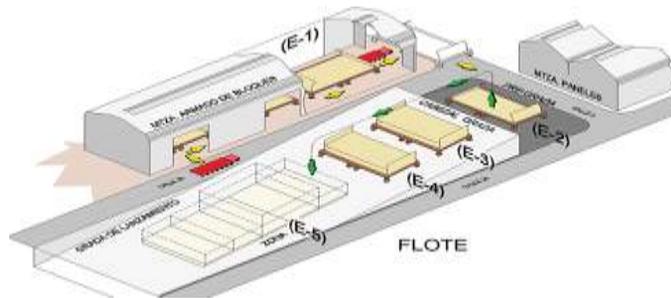


Fig. 9 : Stage definidos por Astillero para Outfitting en proceso de Bloques

4- DISCUSIÓN

- **Estado de avance actual:** Se realiza en forma mensual, para todos los procesos y subprocesos del Proyecto y obedece a un polinomio de curvas de avance desarrollado y depurado en el tiempo por el propio Astillero en base a las Construcciones anteriores. De esta forma al 31-05-2022 el avance global es de un 62.23 %.

Procesos Principales	Avance Proyectado	Avance Real
Ingeniería	97.80	96.80
Abastecimiento	88.55	88.55
Estructura	97.90	97.84
Outfitting	51.19	48.33
Pruebas	0	0
Total Proyecto	64.09	62.23



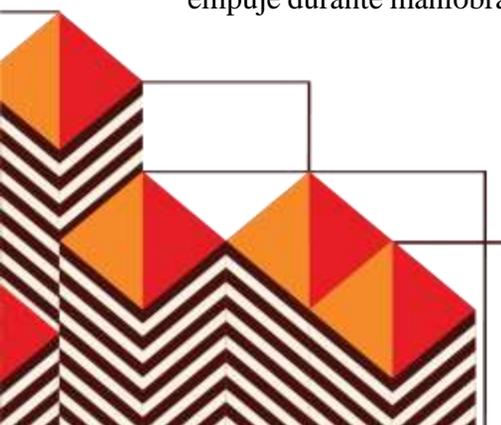
Fig 10: Resumen control avance

• **Próximo Hitos relevante del Proyecto:**

- Proceso de Terminación Outfitting a flote.
- Montaje y alineamiento de Generadores Principales
- Lanzamiento.
- Proceso de alineamiento a flote de sistema Propulsor
- Periodo de Dique para instalación de transductores del casco, sonares, Hipap.
- Proceso de Pruebas de Muelle y Mar y entrega.

Se estable PIP del Proyecto, donde se identifican todas las pruebas de Muelle y Mar, incluido detalle de protocolos asociados, participación de técnicos de fábrica y responsabilidades de distintas Inspectorías externas (CLASE, ITO, BANDERA).

• **Estudio de Lanzamiento.** De acuerdo al avance previsto a la fecha del Lanzamiento del Buque, se establecen las condiciones de peso estimado para el cálculo de este, junto a establecer el control de pesos abordo y sus hitos objeto enmarcarse en este. Junto a lo anterior se define el diseño de estanques de boyantes en popa y alargar quilla en proa como se aprecia en Fig 11, objeto mejorar la fuerza de empuje durante maniobra de lanzamiento y reducir las fuerzas de quebranto a la que se verá sometido.



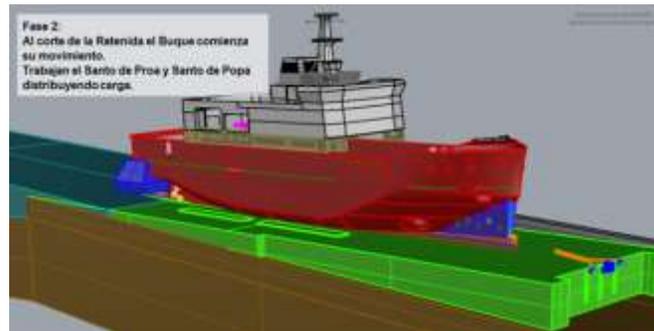


Fig.11: Buque en grada previo al Lanzamiento.

5- CONCLUSIONES

De acuerdo al avance actual del Proyecto, las principales experiencias se resumen en:

La columna vertebral del Negocio de Construcción Naval es el proceso de INGENIERIA, siendo los procesos de LOGISTICA Y PRODUCCION absolutamente dependientes y en gran parte consecuencia de ésta. Establecer formalmente los canales de COMUNICACIÓN contractualmente tanto con el cliente como con los proveedores principales, ya que estos son un dato de entrada fundamental para el proceso de Ingeniería e integración de sistemas. Necesidad de establecer una planificación integrada y permanente de los distintos procesos del Proyecto: INGENIERIA-LOGISTICA-PRODUCCION. CONTROL DEL PROYECTO E INFORMES DE GESTION: Disponer las instancias de control del Proyecto tanto en COSTOS, PLAZOS y CALIDAD en forma periódica y permanente objeto permitir la toma de decisiones y/o medidas de mitigación oportunas. La evaluación de los riesgos del proyecto es fundamental en la determinación de las fortalezas y debilidades, objeto definir dónde concentrar el esfuerzo tanto en infraestructura como en capacitación. Capacidad de ADAPTARSE A LOS CAMBIOS Y FLEXIBILIDAD, es fundamental para adecuarse a las contingencias tanto nacionales como extranjeras, ejemplo claro de lo anterior fueron los efectos de la Pandemia. Las nuevas Capacidades en Infraestructura y experiencia del Astillero, le permite abordar proyectos de mayor envergadura y complejidad, enfocados en mantener un proceso de Construcción Naval continua para satisfacer las necesidades de la Armada de Chile, enfocados en sus unidades auxiliares en el

corto plazo, como lo son el Proyecto Escotillón, consistente en la Construcción de 2 Unidades multipropósito de 110 metros de eslora y 21 de manga.

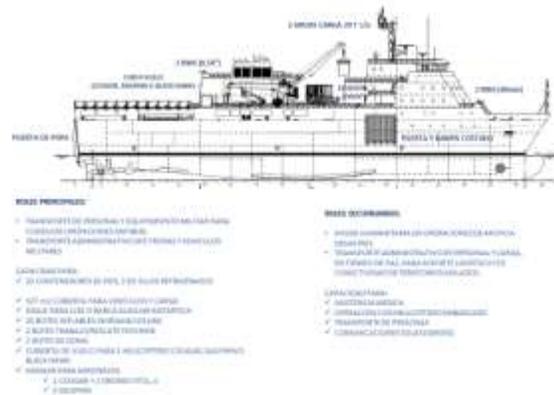


Fig. 12. Proyecto ESCOTILLON

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Circular OMI “Area SRA” del 2005 D.S. 1.190 de 1976
2. Normas y Regulaciones para la Clasificación de Buques Lloyd’s Register de Enero 2016, con las siguientes notaciones de clase: LR + 100 A1, Búsqueda/suministro buque, Clase Hielo, *IWS, + LMC, UMS, DP (AM), PC 5.
3. Convención Internacional para Control y Manejo de Agua Lastre y Sedimentos del buque (BWM) 2004 e IMO MEPC163 (56) Guía para intercambio de agua lastre en el Área de Tratado Antártico.
4. Guía IMO en Diseño y Construcción de entrada de mar bajo condiciones de hielo cubierto de nieve. MSC/Circ. 504.
5. IMO “Código Internacional para Operación de Buques en Aguas Polares (Código Polar)”, 2017.
6. Protocolo en Protección Medio Ambiental al tratado Antártico (1991).

